



Dekker Groep

# Bijlagenrapport

Aquathermie uit diepe plassen

Dekker Groep  
Nienke Braas & Carmen Hazeu  
10-6-2020

Bijlagenrapport  
Aquathermie uit diepe plassen

Status: Definitief  
Plaats en datum: 10 juni 2020, IJzendoorn

Opdrachtgever: Dekker Groep  
Waalbanddijk 1, IJzendoorn

Auteurs: Nienke Braas  
Carmen J.M. Hazeu

Contactgegevens: E: [nienkebraas@hotmail.com](mailto:nienkebraas@hotmail.com) & [N.Braas@dekkergroep.nl](mailto:N.Braas@dekkergroep.nl)  
T: +31 638113491

E: [carmen.hazeu@hvhl.nl](mailto:carmen.hazeu@hvhl.nl) & [C.Hazeu@dekkergroep.nl](mailto:C.Hazeu@dekkergroep.nl)  
T: +31 683544110

Interne begeleider: Gert Jan van der Veen  
Docent Landschapsecologie, Hogeschool Van Hall Larenstein

Externe begeleiders: Paul Hospers & Pieter Mantel  
Dekker Groep

*Afbeeldingen gebruikt in dit rapport voor de titelpagina en inhoudsopgave zijn afkomstig van Dekker en eigen gemaakte foto's (Dekker Groep, sd; Hazeu, 2020).*



## Inhoud

|              |                                                         |    |
|--------------|---------------------------------------------------------|----|
| Bijlage I    | Reflectie.....                                          | 4  |
| I.1          | Reflectie Nienke Braas.....                             | 4  |
| I.2          | Reflectie Carmen Hazeu .....                            | 5  |
| Bijlage II   | Techniekbeschrijving .....                              | 6  |
| II.1         | Winningstechnieken.....                                 | 6  |
| II.2         | Warmtenetten.....                                       | 8  |
| II.3         | Opslagtechnieken .....                                  | 9  |
| Bijlage III  | Warmtebalans & potentiële energieberekeningen .....     | 13 |
| III.1        | Warmtebalans .....                                      | 13 |
| III.2        | Vergelijking diepe plassen .....                        | 15 |
| III.3        | Berekening winbare energiecapaciteit.....               | 16 |
| Bijlage IV   | Temperatuur oppervlaktewater .....                      | 18 |
| Bijlage V    | Bepaling waterstanden.....                              | 20 |
| Bijlage VI   | Investeringskosten .....                                | 22 |
| Bijlage VII  | Onderhoudskosten .....                                  | 24 |
| Bijlage VIII | Subsidies.....                                          | 26 |
| Bijlage IX   | Wettelijke kaders en vergunningen .....                 | 27 |
| Bijlage X    | Figuren en kaarten eindontwerp.....                     | 29 |
| Bijlage XI   | Exceltabellen warmte en koude volumes .....             | 37 |
| Bijlage XII  | Afstand & dichtheid afnemers.....                       | 39 |
| Bijlage XIII | Mogelijkheid WKO-installatie.....                       | 48 |
| Bijlage XIV  | Pilot Willemspolder fase 1.....                         | 59 |
| XIV.1        | Energiepotentieel .....                                 | 60 |
| XIV.2        | Hydrologische en ecologische invloeden en gevolgen..... | 62 |
| XIV.3        | Vraag en financiën.....                                 | 64 |
| Bijlage XV   | Pilot Bomhofspas.....                                   | 70 |
| XV.1         | Energiepotentieel .....                                 | 71 |
| XV.2         | Hydrologische en ecologische invloeden en gevolgen..... | 73 |
| XV.3         | Vraag en financiën.....                                 | 76 |
| Bijlage XVI  | Toestemmingsformulieren geïnterviewde(n) .....          | 81 |
| XVI.1        | Toestemmingsformulier Arne Wijnia .....                 | 81 |
| XVI.2        | Toestemmingsformulier Frank Niewold.....                | 82 |
| XVI.3        | Toestemmingsformulier Bob Bloemers.....                 | 83 |
| XVI.4        | Toestemmingsformulier Raymond van Bulderen .....        | 84 |

|               |                                                     |    |
|---------------|-----------------------------------------------------|----|
| XVI.5         | Toestemmingsformulier Timo Veen.....                | 85 |
| XVI.6         | Toestemmingsformulier Ivo Pothof .....              | 86 |
| XVI.7         | Toestemmingsformulier Tim Idema .....               | 87 |
| XVI.8         | Toestemmingsformulier Ilse Sijtsema .....           | 88 |
| Bijlage XVII  | Toestemmingsformulieren interviewers.....           | 89 |
| XVII.1        | Toestemmingsformulier Nienke Braas.....             | 89 |
| XVII.2        | Toestemmingsformulier Carmen Hazeu.....             | 90 |
| Bijlage XVIII | Uitwerking gesprekken.....                          | 91 |
| XVIII.1       | Uitwerking gesprek Blauwvinger Energie Zwolle ..... | 91 |
| XVIII.2       | Uitwerking gesprek financieel hoofdstuk.....        | 93 |
| XVIII.3       | Uitwerking gesprek Gemeente Neder-Betuwe .....      | 94 |
| Bibliografie  | .....                                               | 96 |



## Bijlage I Reflectie

---

### I.1 Reflectie Nienke Braas

Deze reflectie is gericht op twee onderdelen van het afstuderen; mijn persoonlijke ontwikkeling & samenwerken en op de uitvoering van het onderzoek.

#### **Persoonlijke ontwikkeling & samenwerking**

Aan het begin van het afstuderen heb ik met Carmen mijn leerdoelen en verwachtingen besproken. Ik wilde me hierbij vooral richten op minder individueel werken en minder snel zelf het voortouw nemen, door meer samen te bespreken. Dit zijn twee dingen die ik heel veel heb gedaan bij de voorgaande stage, maar die er in mijn ervaring ook voor kunnen zorgen dat de samenwerking stroef verloopt. Carmen heeft in deze periode ook haar leerdoelen voorgelegd en gericht op deze leerdoelen hebben we een aantal algemene taken in het afstuderen verdeeld.

Naar mijn idee heb ik zeker beter leren samenwerken deze periode, doordat we in de eerste zes weken minstens drie dagen op kantoor waren bij Dekker en hier iedere keer een momentje namen om de voortgang en knelpunten te bespreken. Ik merkte hierbij ook meteen dat ik het erg prettig vind om mijn knelpunten met iemand anders te bespreken, omdat we dan samen sneller naar een oplossing kunnen werken.

Sinds de Coronacrisis zijn we beide slechts om de week één dag op kantoor. Dit was in het begin een extra uitdaging voor de samenwerking, maar werd al snel omgevormd naar een dagelijks MSTeams gesprek waardoor we toch veel contact hielden. Doordat ik thuis moest werken kwam wel de extra uitdaging van motivatie-gebrek. Door het vele contact hielden we elkaar echter goed gemotiveerd en ook de positieve feedback van onze begeleiders van Dekker vond ik hierin erg prettig. De presentaties en vergaderingen met het team van Landschapsontwikkeling hielden me goed op de hoogte van de rest van het bedrijf en gaven een mooie mogelijkheid voor tussenresultaten als een stok achter de deur.

Over het algemeen heb ik het gevoel dat ik een mooie persoonlijke ontwikkeling heb doorgemaakt door makkelijker te kunnen samenwerken, terwijl ik toch voldoende individuele tijd heb om mijn eigen taken uit te werken.

#### **Uitvoering van het onderzoek**

Het onderzoek zelf was in het begin erg onzeker. Het onderwerp was ons deels onbekend waardoor ik veel moeite had met de eerste stukken lezen, de nieuwe informatie was erg overweldigend. De tip van onze begeleider Paul was om meteen te gaan schrijven, zodat je het zelf ook beter onthoudt en alvast een soort richting van je onderzoek hebt. Dit heeft mij veel geholpen, terwijl ik bij voorgaande onderzoeken juist vaak later begon met typen. Dit wil ik zeker meenemen naar latere onderzoeken.

De interviews gehouden in het onderzoek hadden we in het begin zeer goed voorbereidt, waardoor ik daar met veel vertrouwen aan begon. De informatie en het enthousiasme van andere specialisten en betrokkenen was goed voor de richting van het onderzoek en gaf een duidelijk beeld van waar de nadruk van het onderzoek moest komen te liggen. Verder gaf het ook een beeld van de grote onzekerheden van het onderzoek, aangezien er nog weinig onderzoek is gedaan naar de effecten van TEO-systemen. Hierdoor wist ik dat veel aannames moesten worden gemaakt, waardoor goed literatuuronderzoek nog belangrijker werd.

Ik vond de toespitsing van het onderzoek op de hoofdvraag en het afwegingskader het moeilijkst. Door de beperking van het aantal woorden moest deze toespitsing gebeuren, terwijl het rapport ook begrijpelijk moet blijven voor lezers die geen verstand hebben van een TEO-systeem. Dit heb ik samen

met Carmen opgelost door eerst alles op te schrijven dat we nodig vonden en hier vervolgens steeds een filtering over heen te leggen welke onderdelen essentieel zijn voor beantwoording van de hoofd- en deelvragen. Dit is zeker iets dat ik ook bij andere onderzoeken wil toepassen.

## I.2 Reflectie Carmen Hazeu

### **Persoonlijke ontwikkeling & samenwerking**

De samenwerking tijdens de afstudeerperiode is goed en soepel verlopen. In het begin hadden we samen onze leerdoelen en verwachting besproken. Daarnaast hadden we duidelijk afgesproken wie waar verantwoordelijk was, waardoor daar geen misverstanden over ontstonden. Doordat we gaandeweg de andere taken met betrekking tot informatie verzamelen en rapportage schrijven hebben verdeeld was de planning wat flexibeler met als een taak iets langer duurde. Dit was voor mijn in het begin soms wel wennen, omdat ik erg gewend ben om alles uit te plannen. Door de afstudeerperiode heen heb ik gemerkt dat als iets anders liep dan gepland dat dit hier veel flexibeler mee ben omgegaan dan voor het afstuderen.

Ondanks dat we elkaar veel minder in persoon hebben gezien, doordat we voornamelijk thuis hebben gewerkt is de communicatie tussen ons goed verlopen. Nagenoeg elke dag hebben we even met elkaar gebeld via MS Teams om de gang van zaken te bespreken. Hierdoor waren we allebei goed op de hoogte van hoe ver de andere was met een bepaalde taak. Het enige nadeel van het thuiswerken was dat de kleine dingen, zoals even overleggen hoe je iets opschrijft of de ander een bepaald begrip al eerder heeft gebruikt, minder aanbod kwamen.

Over het algemeen is de samenwerking tijdens het afstuderen goed verlopen. Daarnaast heb ik het gevoel dat ik een mooi persoonlijke ontwikkeling heb doorgemaakt door te zien hoe het is om bij een Nederlands bedrijf te werken. Tijdens mijn stage heb ik dit niet kunnen ervaren, omdat ik toen in het buitenland zat. Verder heb ik verschillende dingen geleerd over communicatie naar andere toe, door het vele contact dat we hebben met mensen uit het werkveld. Daarnaast heb ik voor mijzelf beter in beeld gekregen hoe ik mijn werk over een dag moet verdelen om de meeste effectiviteit eruit te halen.

### **Uitvoering van het onderzoek**

Het onderzoek is goed verlopen met maar een aantal kleine obstakels. In het begin was het onderzoek voor mij wat onzeker, doordat het toch iets anders is dan we bij LWM gewend zijn. Hierdoor heb ik in de eerste weken veel geleerd wat soms overweldigend was. Daarnaast hadden we in de eerste een duidelijk projectplan met een goede planning samengesteld, waarin ook rekening werd gehouden met inlezen over het onderwerp. Hierdoor hebben we geen vertraging opgelopen door het inlezen op het nieuwe onderwerp.

Later in het onderzoek bleek dat nog weinig onderzoeken waren uitgevoerd naar gerealiseerde TEO-projecten. Daarnaast was niet over elk onderwerp even veel te vinden, omdat TEO nog in de ontwikkeling is. Hierdoor is een groot deel van het onderzoek gebaseerd. Daarnaast konden we vanwege de coronacrisis geen TEO-projecten bezoeken. Voor een vervolgonderzoek zou onderzoek en monitoring bij gerealiseerde TEO-projecten waarde kunnen toevoegen aan ons onderzoek.

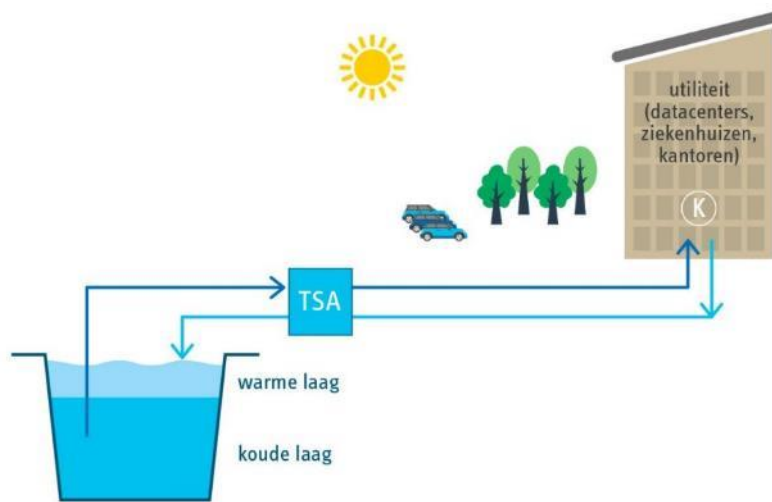
Het moeilijkst tijdens het onderzoek vond ik het kort en bondig opschrijven. Doordat het onderwerp op de rand van het LWM-gebied ligt was het soms moeilijk om de informatie bondig maar nog begrijpelijk op te schrijven. Dit heb ik met Nienke aangepakt door eerst alle informatie op te schrijven en vervolgens in tekorten naar de belangrijkste informatie die essentieel zijn voor de beantwoording van de onderzoeksvragen.

## Bijlage II Techniekbeschrijving

### II.1 Winingstechnieken

#### II.1.1 Directe winning zonder warmtepomp

Directe winning zonder warmtepomp kan alleen worden toegepast bij koudewinning. Bij warmtewinning uit oppervlaktewater moet de warmte nog opgewaardeerd worden om de benodigde temperatuur voor ruimteverwarming en verwarming van tapwater te behalen. Directe koudewinning kan toegepast worden bij diepe plassen. Plassen dieper dan 18 meter hebben een waterlaag die permanent een temperatuur heeft van 4-8°C. Hierdoor kan jaarrond koude worden geleverd (Gelderman & Scholten, 2017).



Figuur 1 Koude uit diepe plassen (TSA = warmtewisselaar) (ROM3D & Inenergie, sd)

Het koude water uit de diepe plas wordt opgepompt door middel van een pompinstallatie. Door middel van het gebruik van een warmtewisselaar wordt het koude onttrokken uit het water (figuur 1). Dit wordt vervolgens getransporteerd naar afnemers die het gebruiken om te koelen. De (opgewarmde) retourstroom wordt geloosd aan het oppervlak van de diepe plas (Kleiweg & De Co, 2018; Osté, Jaarsma, & Van Oosterhout, 2010).

#### II.1.2 Directe winning met warmtepomp

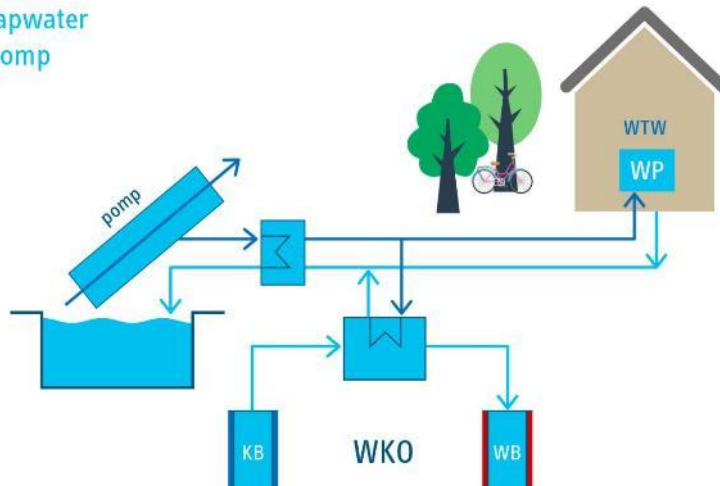
In de lente en herfst bezitten plassen voldoende warmte dat gewonnen kan worden. In vergelijking met winning van warmte in de zomer hoeft er in de lente en herfst geen opslag van warmte plaats te vinden, omdat tijdens deze seizoenen nog vraag is naar warmte. Wel moet de gewonnen warmte meer worden opgewaardeerd dan in de zomer, wat meer energie en geld kost. Echter, in de zomer kan ook directe warmtewinning plaatsvinden, omdat er warmte nodig is voor de verwarming van tapwater (Niewold, F., 2018).

#### II.1.3 Wining in combinatie met opslag

Tijdens de zomer en bij plassen die niet jaarrond koude kunnen leveren is een vorm van opslag nodig. In de zomer is er warmte beschikbaar, terwijl er nauwelijks vraag naar is. Hetzelfde geldt voor koude, maar wordt in tegenstelling tot warmte opgewekt in de winter en gebruikt in de zomer. Een vorm van seizoensopslag is nodig om de warmte of koude te kunnen gebruiken wanneer er vraag naar is.

Oppervlaktewater wordt door middel van een pompinstallatie bij een waterlichaam, een waterloop of plas, opgepompt (figuur 2). Afhankelijk van het seizoen wordt warmte of koude onttrokken uit het water middels een warmtewisselaar en afgestaan aan een vorm van opslag. Aan de hand van een warmtepomp wordt de temperatuur opgewaardeerd en middels een distributienet afgeleverd bij de gebruikers (ROM3D & Inenergie, sd).

KB=koudebron  
 WB=warmtebron  
 WTW=warmtapwater  
 WP=warmtepomp



Figuur 2 Warmtewinning uit oppervlaktewater met WKO (ROM3D & Inenergie, sd)

Wanneer gebruik wordt gemaakt van opslag, is een groot voordeel hiervan dat het warme water een hogere temperatuur heeft op het moment van winning, waardoor in de winter minder stroom nodig is voor het opwaarderen van de warmte. Daarnaast kan de warmte al (deels) worden opgewaardeerd in de zomer, wanneer meer duurzame stroom beschikbaar is dan in de winter. Hier tegenover staat dat voor opslag ruimte nodig is en eventueel warmteverlies kan optreden tijdens het transport van warmte uit de plas naar de opslag en vervolgens naar de afnemers (Bot, 2016; Wijnia & Schuitemaker, 2020).

#### II.1.4 Smart polder

Gemalen of stuwen kunnen interessante locaties zijn om TEO toe te passen. Er zijn al middelen aanwezig voor het verplaatsen van het oppervlaktewater, namelijk pompen en verval. Hierdoor is een pompinstallatie overbodig. Door de kunstwerken te voorzien van warmtewisselaars kan warmte of koude worden gewonnen uit het water. Het concept om warmte of koude te winnen middels een gemaal of stuw wordt ook wel Smart Polder genoemd (Gelderman & Scholten, 2017; Kleiweg & De Co, 2018).

Door de aanwezigheid van kunstwerken is er een scheiding tussen onttrekking en lozing, waardoor er geen thermische kortsluiting kan ontstaan. Dit is wanneer de temperatuur in de onttrekkingsbel toe of afneemt doordat er een wisselwerking optreedt tussen de onttrekkings- en lozingsbel. Dit kan een negatief effect hebben op het rendement door vermenging van koud en warm water (Gelderman & Scholten, 2017).

## II.2 Warmtenetten

In de onderstaande tekst worden drie soorten warmtenetten uitgelegd. Deze kunnen worden toegepast bij de winning van warmte-energie uit oppervlaktewater. Bij koudewinning voldoet een niet-geïsoleerde leiding.

### 1. Laagtemperatuur warmtenet (LT-warmtenet)

In een LT-warmtenet wordt de warmte uit de WKO, met een temperatuurniveau van circa 25°C, zonder opwaardering gedistribueerd aan de afnemers. Per afnemer is er een warmtepomp aanwezig om de warmte op te waarderen naar het gewenste temperatuurniveau (decentraal) (Kleiweg & De Co, 2018; Kruit, Schepers, Roosjen, & Boderie, 2018).

### 2. Middentemperatuur warmtenet (MT-warmtenet);

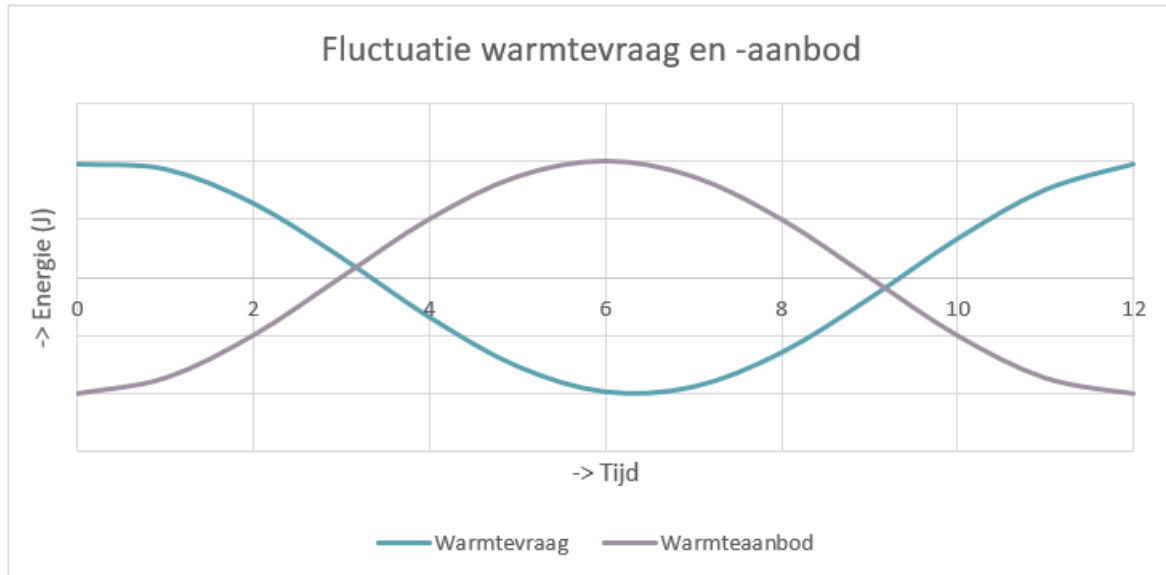
Een MT-warmtenet maakt gebruik van zowel een centrale als decentrale warmtepompen. Aan de hand van een centrale warmtepomp wordt de warmte opgewaardeerd naar een temperatuur van 40-50°C. Dit wordt vervolgens getransporteerd naar de afnemers. Deze warmte kan direct worden ingezet voor vloerverwarming. Voor warm tapwater is per afnemer een warmtepomp aanwezig om voor een verdere opwaardering naar 60°C of hoger (Kleiweg & De Co, 2018).

### 3. Hogetemperatuur warmtenet (HT-warmtenet);

Bij een HT-warmtenet werkt een warmtepomp de temperatuur op naar 70°C. Deze warmte wordt gedistribueerd naar de afnemers en kan direct gebruikt worden voor verwarming van de gebouwen en het produceren van warm tapwater. Het nadeel van dit warmtenet is dat de pompen minder efficiënt werken. Echter staat daar tegenover dat deze variant minder aanpassingen aan de woningen vraagt (Kleiweg & De Co, 2018; Kruit, Schepers, Roosjen, & Boderie, 2018).

### II.3 Opslagtechnieken

In de zomer is warmte beschikbaar, welke in de winter nodig is voor de verwarming van gebouwen. In de winter is juist kou beschikbaar, dat nodig is in de zomer om de gebouwde omgeving te koelen. Om de thermische energie op de juiste momenten beschikbaar te hebben en schommelingen in de koude en warmtevraag op te vangen, is een (tijdelijke) opslag van thermische energie nodig (Ecovat, 2017).



Figuur 3 Fluctuaties in warmtevraag (lange termijn in maanden) (TKI Urban Energy, sd)

In figuur 3 is vraag en aanbod van warmte gedurende de seizoenen weergegeven. Warmte-koudeopslag (WKO) op de lange termijn maakt het mogelijk om de zomerwarmte in te zetten voor de warmtebehoefte in de winter. In de verschillende methoden die beschikbaar zijn voor het opslaan van warmte en koude energie is een onderscheid te maken in open en gesloten systemen. Bij open systemen wordt direct gebruik gemaakt van grondwater, door dit water met een gewenste temperatuur te onttrekken en vervolgens weer injecteren in de bodem. Bij gesloten systemen wordt vaak gebruik gemaakt van een soort “thermoflessysteem” waarbij stoffen in een gesloten opslagtank de warmte of koude behouden. Kleine geïsoleerde opslagtanks zijn soms onder een woning te plaatsen. Grotere systemen, zoals Ecovat, zijn in staat een hele woonwijk te verwarmen.

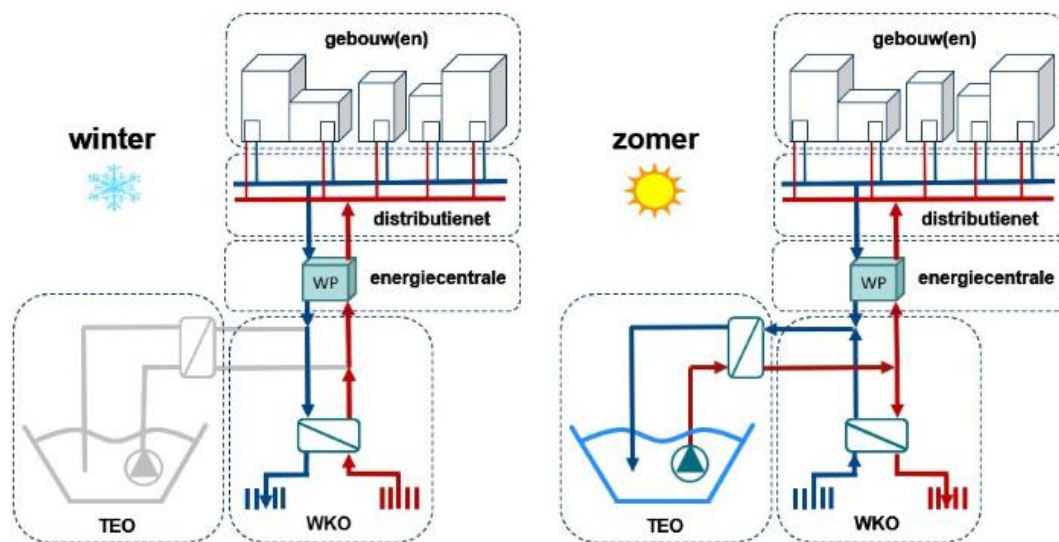
Hiervoor zijn verschillende methoden beschikbaar.

1. Warmte- en koudeopslag in de bodem/grondwater
2. Opslag in water
3. Opslag in chemie/zout

#### II.3.1 Warmte- en koudeopslag in grondwater

Warmte- en koudeopslag is een vorm van energieopslag in de bodem. Hierbij wordt grondwater in dieperliggende bodemlagen benut als energiebuffer. Tussen de pompen en de gebruikers van de koude en warmte-energie staat een warmtewisselaar en warmtepomp, afhankelijk van de gevraagde temperatuur. Van zowel open- als gesloten systemen zijn al duizenden in de praktijk toegepast, waarbij de ervaring is dat de WKO goed toepasbaar is in de Nederlandse ondergrond en weinig technische problemen ondervindt.

Een WKO kan zonder TEO functioneren, echter dienen de WKO's wettelijk in balans te zijn. Dit houdt in dat de warmteonttrekking en -input hetzelfde zijn in een jaar tijd. Vaak is deze balans er niet, omdat de warmte die uit een gebouw kan worden onttrokken niet gelijk is aan de koude in de winter. Door warmte of koude uit oppervlaktewater te gebruiken om de WKO in balans te brengen, zal de WKO beter functioneren en meer voldoen aan de warmtevraag op lange termijn (figuur 4). Verder zal warmte uit oppervlaktewater zorgen voor een verhoogde temperatuur in de WKO, wat de efficiëntie van warmtepompen vergroot.



Figuur 4 WKO in combinatie met TEO (Niewold, 2018)

Aan de ondergrond worden specifieke eisen gesteld, waardoor het WKO-systeem niet overal toepasbaar is. Zo mag de temperatuur van het grondwater niet hoger worden dan 25°C. Verder moet rekening worden gehouden met de grondwaterstroming, beperkte aquifer diktes, benodigde warmte voor de bebouwing. (Wikipedia, 2019) De overige eisen aan de ondergrond zijn;

- Dikte laag is afhankelijk van de vraag, minstens 3 meter;
- Diepte laag is 20 tot 120 meter;
- Bebouwing op de laag is wel mogelijk, mits zakkingsberekening uitgevoerd is.

Wanneer de WKO wordt toegepast moet vanuit het systeem en de omgeving rekening worden gehouden met (Bot, 2016; Provincie Drente, sd):

- Het systeem moet altijd in balans zijn, warmte en koude aanvoer door 0 punt gaan in het jaar, dus niet alleen warmteopslag mogelijk. Hierbij moet de vraag dus in balans zijn of de WKO worden aangevuld;
- Temperatuur van het grondwater mag niet hoger worden dan 25 °C bij opwarming vanuit de warmtewisselaar;
- Afstand tussen de bronnen minimaal 50 meter;
- Benodigde onttrekking voor (groepen van) woningen kan met 10 m<sup>3</sup>/h, zeer grote gebouwen en kassencomplexen tot 250 m<sup>3</sup>/h.

*Conclusie; WKO is zeer geschikt voor een samenwerking met TEO. In deze combinatie wordt het systeem ook op meerdere plekken in Nederland succesvol toegepast. Wanneer de bodem geschikt is,*

kan het systeem zowel onder gebouwen als in landelijke gebieden worden toegepast. WKO kan gedurende de hele zomer worden “opgeladen” met warmte voor de winter. Hierbij is het belangrijk om de warmtebalans in de bodem te behouden, door vraag en aanbod goed op elkaar af te stemmen.

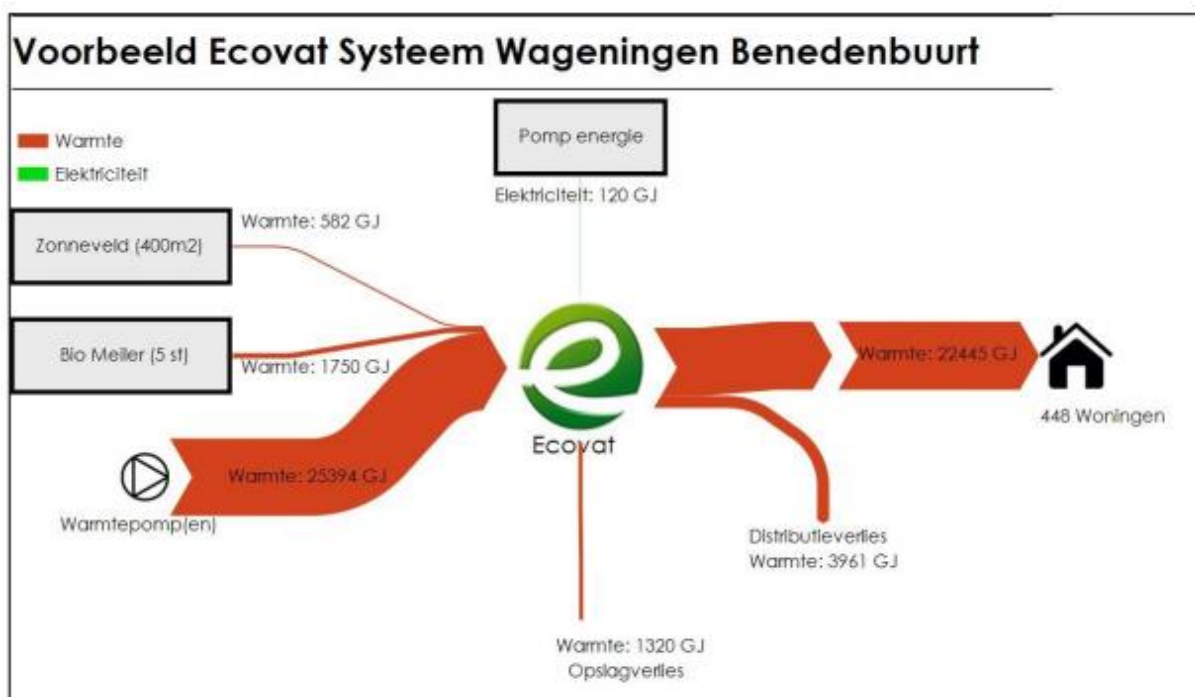
### II.3.2 Opslag in water

Water wordt op verschillende manieren toegepast om als warmteopslag te fungeren. Dit is een gesloten systeem waarbij een warmtewisselaar of warmtepomp een water/water overdracht maken van warmte opgeslagen in een vat of zak. De techniek wordt nog nauwelijks in de praktijk toegepast.

Een voorbeeld is Ecovat, dat een soort grote ondergrondse thermosfles voor de opslag van warmte voor woningen heeft ontwikkeld, die momenteel aan 200 woningen per vat warmte kan bieden. Het vat is gemaakt van beton en gerecycled glas als isolatiemateriaal. Water wordt in de zomer verwarmt tot 95 graden, wat in de winter gebruikt kan worden om woningen te verwarmen. Het opwarmen kan door elektrisch aangedreven warmtepompen of vlakke plaat zonnecollectoren in combinatie van een warmtewisselaar gebeuren (Ecovat, 2019; Ecovat, 2016). Voordeel hiervan is dat bij een elektriciteitsoverschot het slimme systeem zeer goedkoop warmte kan creëren (figuur 5). Systeemvoorwaarden;

- Na 6 maanden minder dan 10 procent verlies;
- Boven op systeem kan parkeerplaats of groenvoorziening, geen woningen;
- Grote variant is diameter 30 m en diepte 30 meter = 21200 m<sup>3</sup>.

*Conclusie; Ecovat is momenteel niet geschikt voor TEO, omdat TEO niet goed te sturen is op elektriciteitspieken. Het Ecovat systeem is gericht op het gebruik en opslaan van het overschot aan elektriciteit. In het geval van TEO is de aanvoer van warmte meer afhankelijk van de temperatuur van het water dan van de beschikking over elektriciteit. Wanneer deze twee samen komen en een overschot aan warmte en elektriciteit is, kan Ecovat als overschot opslag gebruikt worden. Hiernaast is het niet geschikt omdat de warmte vanuit TEO zeer veel moet worden opgewaardeerd, in vergelijking tot zonnecollectoren.*



Figuur 5 Voorbeeld Ecovatsysteem Wageningen (Ecovat, 2016)

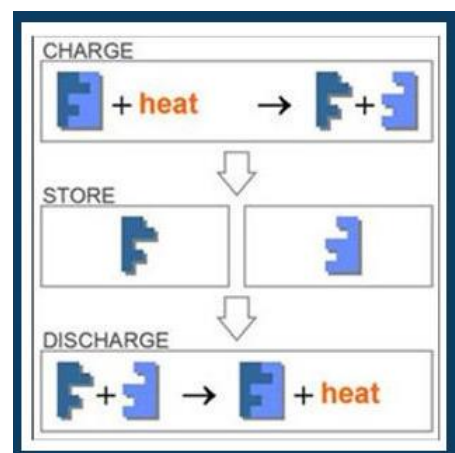
Een andere methode is de Ijsbuffer of Ijszak, waarbij gebruik wordt gemaakt van de faseovergang van water. Deze installatie kan in de grond of in de kruipruimte van woningen worden geplaatst en wordt nog niet voor hele wijken toegepast. Hierbij wordt vanaf het begin van de winter water in de ijsbuffer 'gecontroleerd' tot het vriespunt afgekoeld. Bij de overgang van koud water naar ijs wordt energie omgezet, de kristallisatiewarmte. Hoe deze energie wordt opgevangen is op het moment van onderzoeken niet bekend. Een groot voordeel van deze installatie is dat er geen invloed is op het grondwater, waardoor het op bijna alle plekken kan worden toegepast. Een nadeel is dat het systeem wordt ingezet voor individuele oplossingen en (nog) niet op grote schaal als opslag wordt ingezet. Voor de ijsbuffer wordt zowel warmte uit omgevingslucht, aardwarmte en zonne-energie onttrokken in de huidige toepassingen, waardoor het rendement verschilt (SolarEis, 2019; Knoppers, 2018).

Nadelen van warmteopslag in water is vaak het grote volume dat nodig is om te voorzien in de warmtevraag van (oudere)woningen. Verder wordt voor de opslag en latere onttrekking van warmte veel energie gebruikt door warmtepompen, zeker wanneer energie uit ijs wordt gewonnen. Verder wordt deze techniek nog nauwelijks in de praktijk toegepast en zijn er dus ook weinig praktijkervaringen mee.

*Conclusie; Ijsbuffer en Ijszak zijn niet geschikt voor TEO, omdat vanuit TEO gezocht wordt naar een groot centraal opslagsysteem dat bij voorkeur zo min mogelijk 'leefbare' ruimte gebruikt. Verder zijn er nog veel onzekerheden in het systeem, zoals de manier en efficiëntie waarop energie wordt opgevangen.*

### II.3.3 Opslag in chemie/zout

Thermochemische materialen (TCM) zijn in staat warmte op te nemen of af te geven als ze in contact komen met water (figuur 6). Zout kan hierbij tot tienmaal meer warmte opslaan dan water (De Ingenieur, 2019; TKI Urban Energy, sd). In het geval van energieopslag wordt dit proces gebruikt om op basis van het drogen en hydrateren van zouten een langdurige opslag van energie te creëren. Door speciale zouten te verhitten met warm water of elektriciteit worden watermoleculen van het zout gescheiden. Door het zout en water apart van elkaar te scheiden, in een vacuüm situatie, wordt het chemisch potentieel opgeslagen. Hierbij ontstaat een nagenoeg verliesvrije opslag, waarbij alleen energie nodig is voor het vacuüm. De techniek wordt nog nauwelijks toegepast en zit nog in de onderzoeksfase, waardoor geen praktijkervaringen bekend zijn.



Figuur 6 Opslag van warmte door splitsing van stoffen (De Beijer RTB B.V., sd)

Om uit deze situatie weer warmte te kunnen genereren, dient het vocht bij het zout gevoegd te worden. Bij de chemische verbinding die hierdoor optreedt tussen zout en water komt warmte-energie vrij. Deze warmte wordt afgevoerd en gebruikt om een gebouw te verwarmen (De Beijer RTB B.V., sd; Jeltjes, 2015). Vanuit de Technische Universiteit Eindhoven en TNO wordt momenteel verder onderzoek gedaan naar een gestabiliseerd zouthydraat voor woningen (Persteam TU/e, 2019). Hieruit is gebleken dat het beoogde materiaal minimaal 20 jaar mee gaat, bij maandelijkse op- en ontladen.

*Conclusie; De periode van warmte-opslag voor TEO zal niet langer zijn dan acht maanden, waardoor het voordeel van langdurige opslag van chemie niet nodig is. Verder is dit systeem momenteel nog erg kostbaar en zijn er geen praktijkervaringen van bekend. Dit maakt de opslag op dit moment minder geschikt voor een combinatie met TEO.*

## Bijlage III Warmtebalans & potentiële energieberekeningen

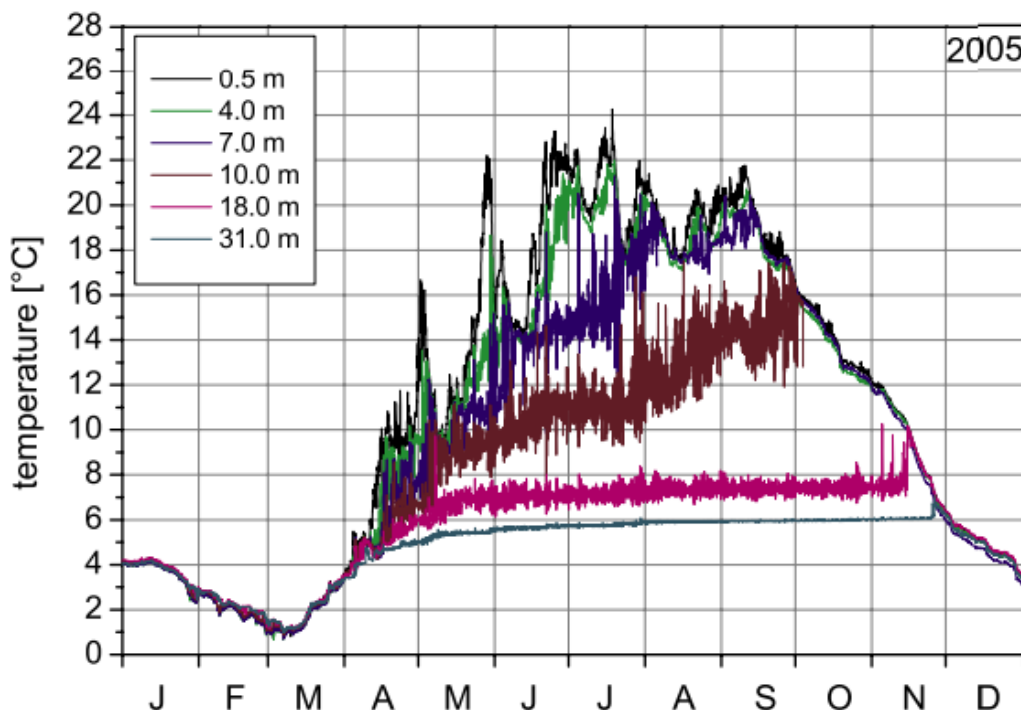
Voor de berekening van de warmtecapaciteit in oppervlaktewater zijn veel verschillende invloeden van toepassing. Voor de berekening moet rekening worden gehouden met de wet van energiebehoud. In eerste instantie de thermische eigenschappen van water;

Thermische eigenschappen water;

- 1 Cal = 4,19 Joule
- $1\text{m}^3 \cdot 1\text{C}$  komt overeen met 1164 Watt
- Soortelijke warmte water:  $4187\text{ J/kg}^\circ\text{C}$
- Smeltwarmte ijs:  $335,2\text{ kJ/kg}$
- Gemiddelde dichtheid vloeibaar water;  $998\text{ kg/m}^3$
- Verdampingswarmte water:  $2263\text{ kJ/kg}$  (bij  $100^\circ\text{C}$ );  $2465\text{ kJ/kg}$  (bij  $15^\circ\text{C}$ ).

### III.1 Warmtebalans

Naast de thermische eigenschappen, is het volume van het oppervlaktewater van belang. Het volume is direct gerelateerd aan de potentiële warmte winning. Voor diepe plassen is alleen de bovenste waterlaag, het epilimnion, te gebruiken voor warmtewinning. Deze laag gaat tot ongeveer 4 meter onder de waterspiegel, zie figuur 7. De temperatuur in deze laag zal bij aangetakte plassen vaak gelijk zijn aan het rivierwater, zie bijlage IV. Bij niet-aangetakte plassen zijn nadere berekeningen nodig.



Figuur 7 Temperatuur gemeten in een diep meer in noord-Duitsland (Boehrer & Schultze, 2008)

Qua invloeden van buitenaf zijn enerzijds de atmosferische invloeden en anderzijds de warmtelozingen en -onttrekkingen van invloed. Warmtelozingen en -onttrekkingen zijn alleen van toepassing wanneer deze in de plas plaatsvinden. Warmtelozingen en -onttrekkingen in de rivieren zijn al meegenomen in de metingen van de oppervlaktewatertemperatuur van de rivieren.

Atmosferische invloeden kunnen worden opgedeeld in verschillende meteorologische componenten (Boehrer & Schultze, 2008; IKS, 2012):

- **Instraling:** op te delen in een kortgolvlige en langgolvlige stralingsbalans waarbij binnenvallende (directe en diffuse) warmtestraling deels wordt opgenomen door het water en deels wordt teruggekaatst door het wateroppervlak.
- **Verdamping:** wanneer de dampdruk aan het wateroppervlak lager is dan de dampdruk in de luchtlaag erboven, vindt condensatie plaats. Dit is de component met de grootste invloed op afkoeling van het water.
- **Convectie:** directe overdracht van warmte tussen wateroppervlak en de lucht. Omvang is afhankelijk van het temperatuurverschil en de windsnelheid.

Voor berekening van de atmosferische invloeden kan gebruik worden gemaakt van het warmtebalansmodel op basis van E. Aparicio Medrano (Medrano, Wisse, & Uittenbogaard, 2009).

$$Q_{tot} = Q_{zon} + Q_{schaduw} - Q_{verd} - Q_{str} - Q_{bodem} + Q_{doorstroming} + Q_{teo}$$

*= De totale warmteflux van water*

Tabel 1 Betekenis onderdelen berekening atmosferische invloeden

| Symbool            | Betekenis                                                 | Eenheid             |
|--------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------|
| $Q_{tot}$          | De totale warmteflux van het water                        | (W/m <sup>2</sup> ) |
| $Q_{zon}$          | Warmteflux als gevolg van zonnestraling                   | (W/m <sup>2</sup> ) |
| $Q_{schaduw}$      | Warmteflux als gevolg van beschaduwing                    | (W/m <sup>2</sup> ) |
| $Q_{verd}$         | Warmteflux als gevolg van verdamping                      | (W/m <sup>2</sup> ) |
| $Q_{conv}$         | Warmteflux als gevolg van convectie tussen water en lucht | (W/m <sup>2</sup> ) |
| $Q_{str}$          | Warmteflux als gevolg van straling                        | (W/m <sup>2</sup> ) |
| $Q_{bodem}$        | Warmteflux tussen bodem en oppervlaktewater               | (W/m <sup>2</sup> ) |
| $Q_{doorstroming}$ | Warmteflux als gevolg van doorstroming                    | (W/m <sup>2</sup> ) |
| $Q_{teo}$          | Warmteflux als gevolg van TEO-installatie                 | (W/m <sup>2</sup> ) |

De warmtefluxen benoemd in tabel 1 bepalen de temperatuursverandering van het water. Theoretisch kan bij constante warmtefluxen de watertemperatuur een evenwichtstemperatuur bereiken. Echter doordat de warmtefluxen door de dag heen veranderen zal dit in de praktijk nooit worden bereikt. Wel kan een gemiddelde invloed van de warmteflux voor bepaalde periodes worden berekend.

Verandering van de (natuurlijke) watertemperatuur van het water als gevolg van  $Q_{tot}$  kan berekend worden met onderstaande vergelijking, zie tabel 2 voor de betekenis van de symbolen:

$$\Delta T = \frac{Q_{tot} * A_w}{I_w * \rho_w * c_w}$$

Tabel 2 Betekenis onderdelen berekening verandering watertemperatuur

| Symbool    | Betekenis                                                    | Eenheid           |
|------------|--------------------------------------------------------------|-------------------|
| $\Delta T$ | Temperatuurverandering als gevolg van de warmte uitwisseling | °C                |
| $Q_{tot}$  | Totale warmteflux van het water                              | W/m <sup>2</sup>  |
| $A_w$      | Oppervlakte van het water                                    | m <sup>2</sup>    |
| $I_w$      | Inhoud van het water                                         | m <sup>3</sup>    |
| $\rho_w$   | Dichtheid van het water                                      | Kg/m <sup>3</sup> |
| $c_w$      | Soortelijke warmte van het water                             | J/kg*°C           |

### III.2 Vergelijking diepe plassen

#### **Koudewinning**

Voor de vergelijking van de diepe plassen wordt in eerste instantie gekeken naar koudewinning. De hoeveelheid te winnen koude-energie is afhankelijk van de grootte van het hypolimnion. Eind zomer, wanneer het hypolimnion het kleinst is, kan de potentiële koude-energie berekend worden. Op deze koude laag zijn geen andere invloeden van toepassing door de stratificatie en isolerende werking van de bodem en kan er vanuit gegaan worden dat vanaf 18 m onder de waterspiegel het volledige volume kouder is dan 8 °C is. Het volume van het hypolimnion is hierdoor bepalend in de vergelijking van diepe plassen voor koude winning.

#### **Warmtewinning**

Op de energiewinning uit het epilimnion (oppervlaktewaterlaag) zijn veel verschillende invloeden op de watertemperatuur van toepassing. Alle plassen in Nederland vallen onder dezelfde klimaatverdeling volgens Köppen; het zeeklimaat (maritiem klimaat, Cfb), het gematigde zeeklimaat met het hele jaar neerslag (Klimaat Nederland, 2020). De diepe plassen in Duitsland en Frankrijk vallen onder hetzelfde klimaat als de diepe plassen in Nederland (Wikipedia, 2020). Hierom kunnen de atmosferische invloeden in de vergelijking als verwaarloosbaar worden gesteld. Hierdoor blijven  $Q_{\text{bodem}}$ ,  $Q_{\text{doorstroming}}$  en  $Q_{\text{teo}}$  over.

De warmteflux tussen bodem en oppervlaktewater is in de plassen in Nederland nagenoeg gelijk, door het relatief kleine verschil in diepte. Over de plassen in Frankrijk en Duitsland zijn geen gegevens beschikbaar (Geologie van Nederland, sd).  $Q_{\text{teo}}$  is momenteel nog niet van toepassing, aangezien in geen van de plassen een warmtelozing of -onttrekking plaats vindt.

Dit betekent dat volume van het oppervlaktewater en stroming overblijven in de vergelijking. De stroming is afhankelijk van de (hydrologische)locatie van de plas. Hierin kan een verschil worden gemaakt tussen aangetakte en niet-aangetakte plassen. Het volume is voornamelijk afhankelijk van het oppervlak, die per plas verschillend is.

### III.3 Berekening winbare energiec capaciteit

Onderstaande formules zijn afgeleid vanuit de berekeningen voor de warmtebalans en de berekeningen vanuit de Aquaviewer van Stowa (STOWA, 2020). Hierbij is rekening gehouden met de beperkt beschikbare openbare gegevens en het gebrek aan een model voor het oppervlaktewater en de atmosferische invloeden. Omdat de atmosferische invloeden niet specifiek per locatie beschikbaar zijn, is uitgegaan van een kengetal vanuit de Netwerk Aquathermie (Netwerk Aquathermie, sd) van 15 MJ/M<sup>2</sup>/dag. Dit getal is de energie waarmee het oppervlaktewater gedurende 100 dagen per jaar wordt opgewarmd, is dezelfde periode waarin warmtewinning plaatsvindt en het water een temperatuur van 15°C of hoger heeft. Hiermee kan de aanvulling van de warmte-energie in de plas worden berekend.

#### Koudewinning

De berekening voor koudewinning is afhankelijk van volume en warmteverschil, zie tabel 3 voor de betekenis van de symbolen:

$$V * \rho_w * c_w * \Delta T = \text{potentiele koude energie}$$

Tabel 3 Betekenis onderdelen berekening potentiële koude-energie

| Symbool        | Betekenis                                                    | Eenheid           |
|----------------|--------------------------------------------------------------|-------------------|
| V              | Volume van het water kouder dan 8°C                          | m <sup>3</sup>    |
| ΔT             | Temperatuurverandering als gevolg van de warmte uitwisseling | °C                |
| ρ <sub>w</sub> | Dichtheid van het water                                      | Kg/m <sup>3</sup> |
| c <sub>w</sub> | Soortelijke warmte van het water                             | J/kg*°C           |

Het is niet bekend wat de gevolgen zijn als het volledige volume gebruikt wordt. Mogelijk moet een deel van het koude volume in de plas gelaten worden, om de balans voor de stratificatie in stand te houden.

#### Warmtewinning

De periode van oogsten van warmte uit oppervlaktewater is ongeveer 90 tot 100 dagen per jaar (half mei – half september). In deze periode wordt tot maximaal 6°C aan warmte onttrokken, gelimiteerd door de invloed op de chemische en ecologische waterkwaliteit. Hierbij is verder een limitatie dat het oppervlaktewater niet minder dan 12°C mag worden.

Voor een aangetakte plas kan voor de winningsperiode als alternatief ook worden uitgegaan van de temperatuur van de grote rivieren, gemeten door Rijkswaterstaat, zie bijlage IV (CBS, PBL, RIVM, WUR, 2018).

Aanvulling van de warmte gebeurt voornamelijk door zonlicht. Als vuistregel wordt aangehouden dat er 15 MJ/m<sup>2</sup>/dag zonne-energie instraalt in de 100-dagen-periode dat geoogst wordt. Dit is voortgekomen uit de verschillende invloeden weergegeven in de Warmteflux, tabel 1. Hiermee kan de werkelijke afkoeling van de plas onder invloed van warmte-onttrekking worden berekend. Wanneer een plas een continue aan- en afvoer heeft van oppervlaktewater zal ook dit de potentiële warmte-energie verhogen.

Toevoer van warmte en de maximale afkoeling van 6 °C (ΔT) van het wateroppervlak vormen samen het totaal van de aanwezige warmte-energie. Dit staat gelijk aan de warmte-energie dat onttrokken kan worden.

$$E_{in} \geq E_{uit}$$

$$E \text{ in (stilstaand water)} = 15 \text{ MJ/m}^2/\text{dag} * A(\text{m}^2) * 100 \text{ dagen} + (V * \Delta T * \rho_w * c_w)$$

$$E_{uit} = Q * \rho_w * c_w * \Delta T = \text{potentiele warmte energie}$$

In tabel 4 staan de betekenis en bijbehorende eenheid van de symbolen uit de bovenstaande formules.

Tabel 4 Betekenis onderdelen berekening potentiële warmte-energie

| Symbool              | Betekenis                                                    | Eenheid           |
|----------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>V</b>             | Volume van het water kouder dan 8°C                          | m <sup>3</sup>    |
| <b>c</b>             | Temperatuurverandering als gevolg van de warmte uitwisseling | °C                |
| <b>ρ<sub>w</sub></b> | Dichtheid van het water                                      | Kg/m <sup>3</sup> |
| <b>c<sub>w</sub></b> | Soortelijke warmte van het water                             | J/kg*°C           |
| <b>A</b>             | Wateroppervlak                                               | m <sup>2</sup>    |
| <b>Q</b>             | Onttrekking oppervlaktewater voor energie                    | m <sup>3</sup>    |

### Vergelijking met STOWA-aquaviewer

Vanuit STOWA is een programma gemaakt om een eerste inzicht te geven in de technische potenties vanuit het oppervlaktewater om bebouwing te voorzien van warmte. Hierin is geen koude-energie meegenomen. In de Aquaviewer van STOWA is het potentieel uit de aangetakte plassen ongeveer een factor tien hoger dan uit bovenstaande berekening komt. Een reden hiervoor kan zijn dat STOWA uit is gegaan van stromend water, waarbij het warmte potentieel dus wordt aangevuld vanuit de Waal.

Verder is voor de aquaviewer gerekend met het nationaal watermodel, waarin watertemperatuur nauwkeuriger per waterlichaam berekend kan worden. Om de berekeningen voor beide plassen gelijk te houden en aangezien de huidige situatie niet representatief is voor de toekomstige situatie, is uitgegaan van de eigen berekeningen in plaats van de aquaviewer.

Wanneer de aquathermie viewer wordt omgerekend naar de nieuwe situatie van de Willemspolder, zal deze op ongeveer  $14,6 * 10^6$  GJ/jaar uit komen voor de Willemspolder. Dit is een factor 14 hoger dan de berekende hoeveelheid in paragraaf 6.1. Hierbij zal ook voornamelijk de instroming vanuit de Waal bepalend zijn (STOWA, 2020) (Syntraal & Deltares, sd)

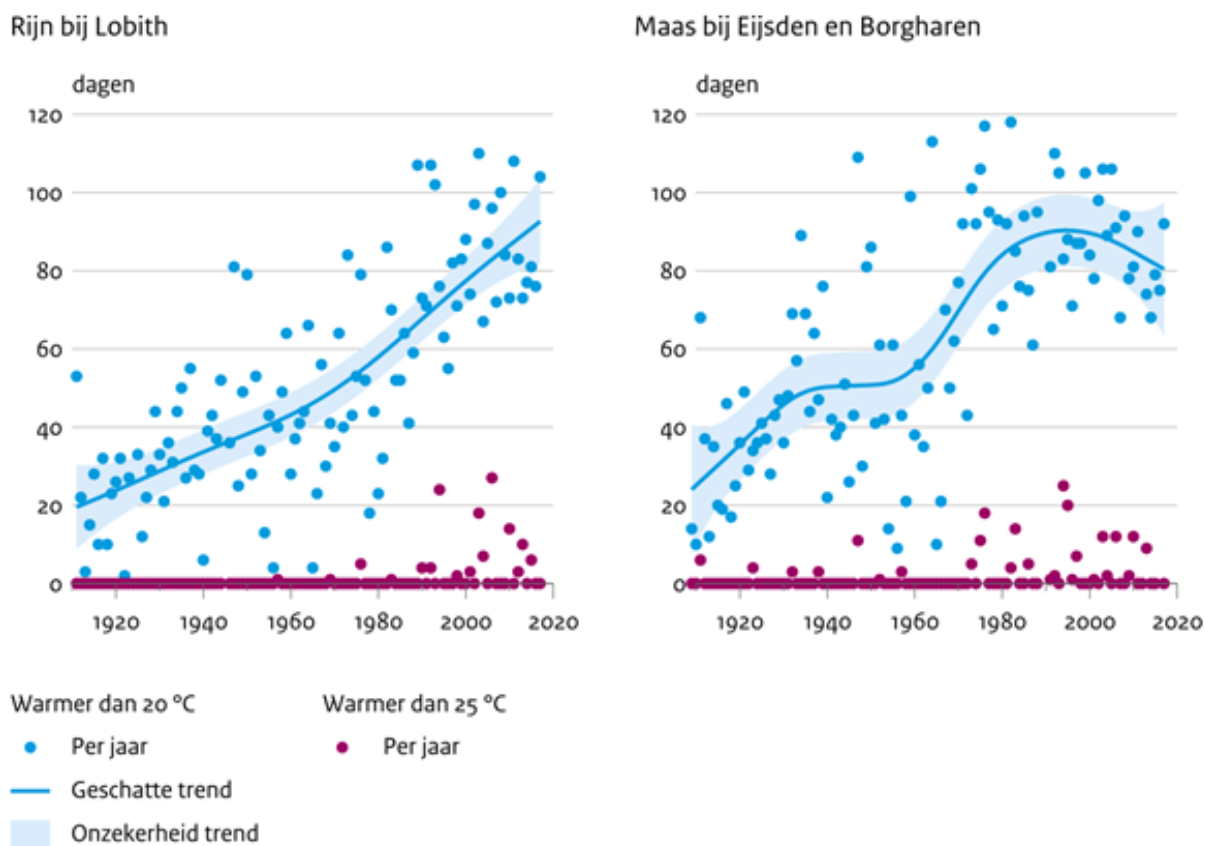
Voor stilstaande plassen is de waarde in de Aquaviewer juist lager dan de waarde berekend voor de Bomhofspas. Het lijkt alsof in deze berekening de toevoer van warmte vanuit de atmosfeer niet is meegenomen in de berekening. Verder is in deze berekening een  $\Delta T = 3$  genomen als maximum. Dit is gedaan omdat in de Aquaviewer voor een langere periode per jaar, zolang de temperatuur boven de 15°C uit komt, energie wordt gewonnen. Een groot deel van deze periode zal niet meer dan een  $\Delta T = 3$  kunnen worden onttrokken doordat het minimum van te temperatuur 12°C mag worden (Syntraal & Deltares, sd). Dit kan een deel van het verschil verklaren, maar dient nog nader onderzocht te worden.

## Bijlage IV Temperatuur oppervlaktewater

In de zomer is de watertemperatuur in de Rijn bij Lobith ongeveer 92 dagen per jaar hoger dan 20°C, bij de Maas is dit 80 dagen per jaar, zie figuur 8. In de winter is het aantal koude dagen (< 5°C) bij de Rijn afgenomen tot een gemiddelde van 21,52 dagen per jaar. Bij de Maas is deze trend 11,83 dagen per jaar, zie figuur 9 (CBS, PBL, RIVM, WUR, 2018).

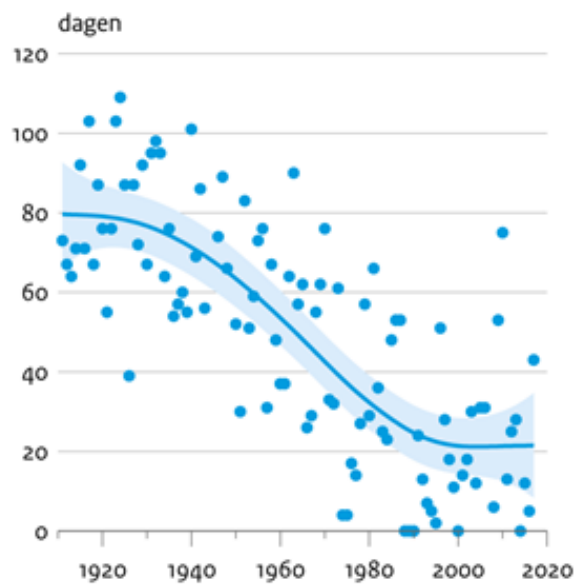
De gemiddelde trend geeft weer dat bij zowel de Rijn als de Maas sinds 1911 de gemiddelde temperatuur van het oppervlaktewater meer is toegenomen dan de gemiddelde luchttemperatuur. Sinds 2000 stabiliseert of daalt de watertemperatuur, waarschijnlijk door minder lozing van koelwater (CBS, PBL, RIVM, WUR, 2018).

Niet aangetakte diepe plassen of diepe plassen die binnendijs gesitueerd zijn, kunnen een ander temperatuursverloop hebben dan de Rijn en Maas, aangezien deze plassen (vaak) geen invloed hebben van smeltwater en lozing van koelwater.

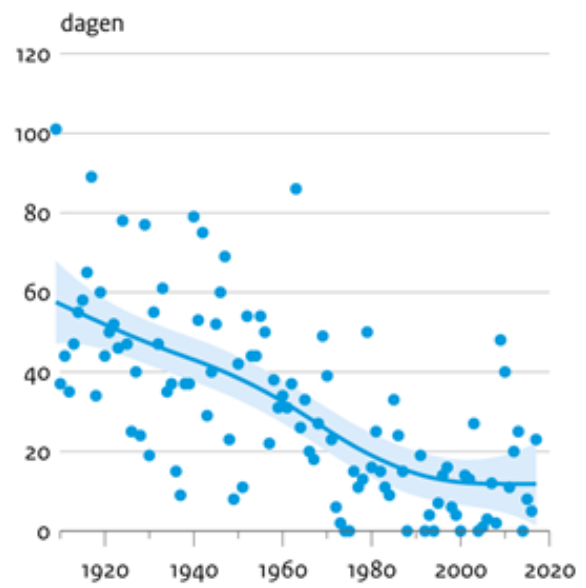


Figuur 8 Aantal dagen met hoge watertemperatuur Rijn en Maas (CBS, PBL, RIVM, WUR, 2018)

Rijn bij Lobith



Maas bij Eijsden en Borgharen



Kouder dan 5 °C

- Per jaar
- Geschatte trend
- Onzekerheid trend

Figuur 9 Aantal dagen met lage watertemperatuur (CBS, PBL, RIVM, WUR, 2018)

## Bijlage V Bepaling waterstanden

In deze bijlage wordt de werkwijze voor het maken van waterstandsgrafieken met daggemiddelden voor een zevental meetlocaties, beschreven.

Op Waterinfo van Rijkswaterstaat is voor negen buitendijkse plassen gekeken wat de dichtstbijzijnde meetlocatie voor waterhoogte is. In tabel 5 is per project de dichtstbijzijnde meetlocatie weergegeven (Rijkswaterstaat, 2020).

Tabel 5 Dichtstbijzijnde meetlocatie per project (Rijkswaterstaat, 2020)

| Project            | Dichtstbijzijnde meetlocatie |
|--------------------|------------------------------|
| Over de Maas       | Lith Dorp                    |
| Well Aijen         | Well Dorp                    |
| Randwijkse waarden | Driel beneden                |
| Tull en het Waal   | Hagenstein boven & beneden   |
| Willemspolder      | Dodewaard                    |
| Gouverneurspolder  | Dodewaard                    |
| Alem               | Lith Dorp                    |
| Lobberdense waard  | Pannerdense kop              |

Vervolgens zijn voor deze zeven meetlocaties de waterstandsdata aangevraagd voor 07-04-2015 t/m 07-04-2020 via Waterinfo en in Excel geïmporteerd. Er is gekozen voor vijf jaar aan data, omdat dan het gemiddeld goed weergegeven kan worden. In tegenstelling tot één jaar aan data wat erg kan verschillen van het gemiddelde, waardoor een verkleurd beeld kan worden gegeven.

In de aangevraagde data was de waterhoogte om de tien minuten gemeten (figuur 10, kolommen A t/m C), wat erg veel is om in één grafiek weer te geven. Daarnaast was per meetlocatie het aantal meting niet gelijk. Hierom is per locatie de data omgezet tot daggemiddelden. Dit is gedaan met de volgende Excel formules:

$= IF(A2 = A1, 0, A2)$

Versimpeld staat hier: als datum A2 = datum A1, = dan 0, ≠ dan datum A2.

$= IF(A2 = D2, AVERAGEIF(\$A\$2:\$A\$263376, D2, \$C\$2:\$C\$263376), "false")$

Versimpeld staat hier: als datum A2 = datum D2, = dan daggemiddelde, ≠ dan false.

In kolom D is de bovenste formule ingevoerd en in kolom E staat de onderste formule doorgetrokken voor alle rijen. Hierbij moet op gemerkt worden dat de onderdelen \$A\$2:\$A\$263376 en \$C\$2:\$C\$263376 afhankelijk zijn van het aantal rijen en dit per meetlocatie verschilt. Deze formules zorgen ervoor dat van alle metingen een gemiddelde per dag wordt gemaakt. Deze komt aan het begin van de dag te staan, dus om 00:00:00. Bij de rest van de tijdstippen komt 'false' te staan, zie figuur 10.

|    | A          | B        | C                     | D          | E                     |
|----|------------|----------|-----------------------|------------|-----------------------|
| 1  | Date       | Time     | Waterhoogte in cm NAP |            | Waterhoogte in cm NAP |
| 2  | 07/04/2015 | 00:00:00 | 141                   | 07/04/2015 | 131.9097222           |
| 3  | 07/04/2015 | 00:10:00 | 142                   | 00/01/1900 | false                 |
| 4  | 07/04/2015 | 00:20:00 | 142                   | 00/01/1900 | false                 |
| 5  | 07/04/2015 | 00:30:00 | 142                   | 00/01/1900 | false                 |
| 6  | 07/04/2015 | 00:40:00 | 142                   | 00/01/1900 | false                 |
| 7  | 07/04/2015 | 00:50:00 | 142                   | 00/01/1900 | false                 |
| 8  | 07/04/2015 | 01:00:00 | 143                   | 00/01/1900 | false                 |
| 9  | 07/04/2015 | 01:10:00 | 143                   | 00/01/1900 | false                 |
| 10 | 07/04/2015 | 01:20:00 | 143                   | 00/01/1900 | false                 |
| 11 | 07/04/2015 | 01:30:00 | 143                   | 00/01/1900 | false                 |

Figuur 10 Daggemiddelde van de waterhoogte per 10 minuten (Rijkswaterstaat, 2020)

Om de bovenstaande tabel tot een overzichtelijke te tabel te maken met alleen het daggemiddelde, wordt op kolom E de functie 'Filter' toegepast. Deze is in Excel te vinden onder 'Sort & Filter' op het tabblad 'Home'. Vervolgens is in het filter 'false' uitgevinkt, waardoor alleen nog het daggemiddelde worden weergegeven (figuur 11).

|      | A          | B        | C                     | D          | E                     |
|------|------------|----------|-----------------------|------------|-----------------------|
| 1    | Date       | Time     | Waterhoogte in cm NAP |            | Waterhoogte in cm NAP |
| 2    | 07/04/2015 | 00:00:00 | 141                   | 07/04/2015 | 131.9097222           |
| 146  | 08/04/2015 | 00:00:00 | 124                   | 08/04/2015 | 110.9652778           |
| 290  | 09/04/2015 | 00:00:00 | 100                   | 09/04/2015 | 100.2916667           |
| 434  | 10/04/2015 | 00:00:00 | 96                    | 10/04/2015 | 89.97916667           |
| 578  | 11/04/2015 | 00:00:00 | 87                    | 11/04/2015 | 92.63888889           |
| 722  | 12/04/2015 | 00:00:00 | 73                    | 12/04/2015 | 87.25                 |
| 866  | 13/04/2015 | 00:00:00 | 89                    | 13/04/2015 | 88.51388889           |
| 1010 | 14/04/2015 | 00:00:00 | 86                    | 14/04/2015 | 73.84027778           |
| 1154 | 15/04/2015 | 00:00:00 | 73                    | 15/04/2015 | 71.70138889           |
| 1298 | 16/04/2015 | 00:00:00 | 76                    | 16/04/2015 | 72.0625               |

Figuur 11 Daggemiddelde van de waterhoogte (Rijkswaterstaat, 2020)

Als laatste zijn de daggemiddelde per meetlocatie in een tabel gezet (figuur 12). Dit is gedaan, zodat de data van meerdere meetlocaties makkelijker in een grafiek konden weergegeven. De grafiek is te vinden in paragraaf 3.1.

|    | A          | B         | C         | D         | E             | F               | G                 | H               |
|----|------------|-----------|-----------|-----------|---------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 1  |            |           |           |           |               |                 |                   |                 |
| 2  | Datum      | Dodewaard | Lith Dorp | Well Dorp | Driel beneden | Pannerdense Kop | Hagestein beneden | Hagestein boven |
| 3  | 07/04/2015 | 767.4     | 131.9     | 1123.3    | 837.0         | 1101.6          | 167.1             | 270.5           |
| 4  | 08/04/2015 | 754.0     | 111.0     | 1114.4    | 825.5         | 1085.9          | 161.3             | 270.2           |
| 5  | 09/04/2015 | 734.4     | 100.3     | 1113.1    | 809.5         | 1063.5          | 149.1             | 269.6           |
| 6  | 10/04/2015 | 709.1     | 90.0      | 1111.7    | 789.1         | 1034.8          | 139.5             | 269.6           |
| 7  | 11/04/2015 | 679.3     | 92.6      | 1107.7    | 765.4         | 1001.6          | 127.2             | 279.9           |
| 8  | 12/04/2015 | 649.0     | 87.3      | 1106.8    | 737.0         | 969.1           | 116.9             | 284.5           |
| 9  | 13/04/2015 | 623.0     | 88.5      | 1106.7    | 716.5         | 942.6           | 101.0             | 292.0           |
| 10 | 14/04/2015 | 603.1     | 73.8      | 1104.4    | 696.4         | 923.2           | 79.7              | 293.6           |
| 11 | 15/04/2015 | 586.7     | 71.7      | 1102.3    | 679.1         | 906.7           | 83.9              | 299.5           |
| 12 | 16/04/2015 | 573.7     | 72.1      | 1103.0    | 657.8         | 894.8           | 72.1              | 300.8           |

Figuur 12 Daggemiddelde van de waterhoogte per meetlocatie (Rijkswaterstaat, 2020)

## Bijlage VI Investeringskosten

In deze bijlage zijn de investeringskosten en algemene informatie van de zeven TEO-projecten uit de TEO-cockpit model van STOWA opgenomen. Daarnaast zijn de investeringskosten ten opzichte van de totale vraag, zie tabel 6. Deze zijn berekend door de investeringskosten van een van de onderdelen te delen door de totale vraag van het des betreffende project. Neem als voorbeeld het project De Beurs, de berekening van de investeringskosten voor de WKO ten opzichte van de totale vraag is als volgt:

$$\text{Investeringskosten voor WKO t.o.v. totale vraag} = \frac{\text{Investeringskosten WKO}}{\text{Totale vraag}} = \frac{127000}{3132} = 41 \text{ €/GJ/jr}$$

In de onderstaande tabel zijn twee dingen aangegeven met kleuren;

- Rood: Deze kleur geeft een trend aan bij een investeringskostenaspect. In de onderstaande tabel bevindt 'WKO' zicht onder het kopje 'investeringskosten t.o.v. totale vraag', dit betekent dat de grootte van de investeringskosten voor een WKO afhankelijk zijn van de omvang van de totale vraag.
- Geel: Dit zijn uitschieters die niet in de trend passen.

Tabel 6 Investeringskosten TEO (RebelGroup Energie B.V., 2018)

|                                                            | Eenheid    | De Beurs | Fabrieks-<br>kwartier | Dordtse<br>Kil IV | Baronie<br>Haven | Harder-<br>weide | Genderdal | Zelling<br>Onder-<br>neming | Merwede-<br>kanaal |
|------------------------------------------------------------|------------|----------|-----------------------|-------------------|------------------|------------------|-----------|-----------------------------|--------------------|
| <b>Algemene informatie</b>                                 |            |          |                       |                   |                  |                  |           |                             |                    |
| GBO (Totaal gebruiksoppervlak wat verwarmt/ gekoeld wordt) | m2         | 5300     | 41050                 | 31300             | 16790            | 90420            | 19122     | 9010                        | 528000             |
| Aantal aansluitingen                                       | -          | 1        | 320                   | 43                | 127              | 660              | 228       | 61                          | 5500               |
| Afstand tot pand/ rand wijk                                | m          | 40       | 30                    | 100               | 25               | -                | 150       | 20                          | 100                |
| Warmtevraag                                                | GJ/jaar    | 2844     | 3672                  | 6300              | 1360             | 13200            | 5634      | 835                         | 40680              |
| Koudevraag                                                 | GJ/jaar    | 288      | 864                   | 92                | 450              | -                | -         | 167                         | 21960              |
| Totaal vraag                                               | GJ/jaar    | 3132     | 4536                  | 6392              | 1810             | 13200            | 5634      | 1002                        | 62640              |
| Bebouwingsdichtheid                                        | m2/locatie | 2.6      | 0.75                  | 0.03              | 2.30             | 0.33             | 0.44      | 0.53                        | 1.60               |
| <b>Investeringskosten</b>                                  |            |          |                       |                   |                  |                  |           |                             |                    |

|                                               |          |         |         |         |         |          |         |         |          |
|-----------------------------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|
| WKO                                           | €        | -127000 | -188000 | -252000 | -135000 | -457000  | -272000 | -106000 | -1250000 |
| Oppervlaktewaterinstallatie                   | €        | -101000 | -101000 | -113000 | -95000  | -147000  | -112000 | -94000  | -280000  |
| Warmtepomp                                    | €        | -105000 | -213000 | -251000 | -379000 | -4295000 | -318000 | -289000 | -2805000 |
| Warmtewisselaar                               | €        | -7000   | -12000  | -19000  | -4000   | -44000   | -17000  | -3000   | -40000   |
| <b>Investeringskosten t.o.v. totale vraag</b> |          |         |         |         |         |          |         |         |          |
| WKO                                           | €/GJ/jr. | -41     | -41     | -39     | -75     | -35      | -48     | -106    | -20      |
| Oppervlaktewaterinstallatie                   | €/GJ/jr. | -32     | -22     | -18     | -52     | -11      | -20     | -94     | -4       |
| Warmtepomp                                    | €/GJ/jr. | -34     | -47     | -39     | -209    | -325     | -56     | -289    | -45      |
| Warmtewisselaar                               | €/GJ/jr. | -2.23   | -2.65   | -2.97   | -2.21   | -3.33    | -3.02   | -2.99   | -0.64    |

Uit een fictieve businesscase van IF Technology voor 500 rijtjeshuizen uit de jaren 60-70 met ieder een vraag van meer dan 40 GJ waren de investeringskosten €12.000.000, waarvan het grootste deel voor het geïsoleerde warmtenet en de warmtepompen. €250.000 hiervan was voor TEO als warmtebron. Hieronder vielen de volgende zaken (Wijnia & Schuitemaker, 2020);

- Pompen/oppervlaktewaterinstallatie;
- Warmtewisselaars;
- Ongeïsoleerde buizen.

## Bijlage VII Onderhoudskosten

In deze bijlage zijn de onderhoudskosten, ofwel OPEX, en algemene informatie van de zeven TEO-projecten uit de TEO-cockpit model van STOWA opgenomen. Daarnaast zijn de operationele kosten ten opzichte van de totale vraag, zie tabel 7. Deze zijn berekend door de operationele kosten van een van de onderdelen te delen door de totale vraag van het des betreffende project. Neem als voorbeeld het project De Beurs, de berekening van de operationele kosten voor de WKO ten opzichte van de totale vraag is als volgt:

$$\text{Operationele kosten voor de WKO t.o.v. totale vraag} = \frac{\text{Investeringskosten WKO}}{\text{Totale vraag}} = \frac{5100}{3132} = 1,63 \text{ €/GJ/jr}$$

In de onderstaande tabel zijn twee dingen aangegeven met kleuren;

- Rood: Deze kleur geeft een trend aan bij een investeringskostenaspect. In de onderstaande tabel bevindt 'WKO' zich onder het kopje 'investeringskosten t.o.v. totale vraag', dit betekent dat de grootte van de investeringskosten voor een WKO afhankelijk zijn van de omvang van de totale vraag.
- Geel: Dit zijn uitschieters die niet in de trend passen.

Tabel 7 Onderhoudskosten TEO (RebelGroup Energie B.V., 2018)

|                                                            | Eenheid    | De Beurs | Fabrieks-<br>kwartier | Dordtse<br>Kil IV | Baronie<br>Haven | Harder-<br>weide | Genderdal | Zelling<br>Onder-<br>neming | Merwede-<br>kanaal |
|------------------------------------------------------------|------------|----------|-----------------------|-------------------|------------------|------------------|-----------|-----------------------------|--------------------|
| <b>Algemene informatie</b>                                 |            |          |                       |                   |                  |                  |           |                             |                    |
| GBO (Totaal gebruiksoppervlak wat verwarmt/ gekoeld wordt) | m2         | 5300     | 41050                 | 31300             | 16790            | 90420            | 19122     | 9010                        | 528000             |
| Aantal aansluitingen                                       | -          | 1        | 320                   | 43                | 127              | 660              | 228       | 61                          | 5500               |
| Afstand tot pand/ rand wijk                                | m          | 40       | 30                    | 100               | 25               | -                | 150       | 20                          | 100                |
| Warmtevraag                                                | GJ/jaar    | 2844     | 3672                  | 6300              | 1360             | 13200            | 5634      | 835                         | 40680              |
| Koudevraag                                                 | GJ/jaar    | 288      | 864                   | 92                | 450              | -                | -         | 167                         | 21960              |
| Totaal vraag                                               | GJ/jaar    | 3132     | 4536                  | 6392              | 1810             | 13200            | 5634      | 1002                        | 62640              |
| Bebouwingsdichtheid                                        | m2/locatie | 2.6      | 0.75                  | 0.03              | 2.30             | 0.33             | 0.44      | 0.53                        | 1.60               |
| <b>Onderhoudskosten</b>                                    |            |          |                       |                   |                  |                  |           |                             |                    |

|                                             |          |        |        |        |        |         |        |        |         |
|---------------------------------------------|----------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|
| Warmtepompen                                | €/jr.    | -4200  | -8500  | -7500  | -14500 | -128900 | -9500  | -8700  | -113000 |
| WKO-installatie                             | €/jr.    | -5100  | -7500  | -5000  | -2700  | -9100   | -5400  | -2100  | -50000  |
| Oppervlaktewaterinstallatie                 | €/jr.    | -4000  | -4100  | -2300  | -1900  | -2900   | -2200  | -1900  | -11000  |
| Warmtewisselaars                            | €/jr.    | -300   | -500   | -200   | -      | -400    | -300   | -100   | -1000   |
| Elektriciteit pompen en installaties        | €/jr.    | -27800 | -38500 | -41900 | -19700 | -167000 | -53900 | -11400 | -519000 |
| <b>Onderhoudskosten t.o.v. totale vraag</b> |          |        |        |        |        |         |        |        |         |
| Warmtepompen                                | €/GJ/jr. | -1.34  | -1.87  | -1.17  | -8.01  | -9.77   | -1.69  | -8.69  | -1.80   |
| WKO-installatie                             | €/GJ/jr. | -1.63  | -1.65  | -0.78  | -1.49  | -0.69   | -0.96  | -2.10  | -0.80   |
| Oppervlaktewaterinstallatie                 | €/GJ/jr. | -1.28  | -0.90  | -0.36  | -1.05  | -0.22   | -0.39  | -1.90  | -0.18   |
| Warmtewisselaars                            | €/GJ/jr. | -0.10  | -0.11  | -0.03  | -      | -0.03   | -0.05  | -0.10  | -0.02   |
| Elektriciteit pompen en installaties        | €/GJ/jr. | -8.88  | -8.49  | -6.56  | -10.88 | -12.65  | -9.57  | -11.38 | -8.29   |

In de eerdere genoemde fictieve businesscase van IF Technology waren de operationele kosten €400.000 per jaar, waarvan het overgrote deel wordt veroorzaakt door de elektriciteitskosten voor de pompen en installaties (Wijnia & Schuitemaker, 2020).

## Bijlage VIII      Subsidies

---

Afhankelijk van de schaal en toegepaste technologie, zijn de volgende subsidiemogelijkheden en fiscale stimuleringsmaatregelen bruikbaar voor aquathermie.

### 1. Energie-Investeringsaftrek (EIA)

EIA is een fiscale regeling die van toepassing is op investeringen in technieken die energiebesparing opleveren. Voor die investeringen kan 45% van de investeringskosten worden afgetrokken, dit levert gemiddeld een voordeel van 11% op. Jaarlijks wordt door de RVO een Energielijst gepubliceerd met de in aanmerking-komende technieken. Technieken met betrekking tot een TEO-project die in 2020 zijn opgenomen zijn; diverse type WKO's, warmtewisselaars, warmtepompen en warmte- en koudenetten. Hierbij moet worden opgemerkt dat voor zowel een warmte- als koudenet de leidingen die voor energieverdeling binnen een gebouw zorgen niet in aanmerking komen. Zowel bij de EIA als bij de ISDE zijn warmtepompen opgenomen. Een warmtepomp kan niet voor beide regelingen in aanmerking komen, er moet dan worden gekozen tussen de twee regelingen (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2020a; Kleiwegt & De Co, 2018; Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2019).

### 2. Investeringssubsidie duurzame energie (ISDE)

De ISDE is een tegemoetkoming bij de aankoop van zonneboilers en warmtepompen. De regeling is voor zowel particulieren als zakelijke gebruikers en loopt tot 31 december 2020. Op een apparatenlijst, gepubliceerd door de Rijksdienst van Ondernemend Nederland (RVO), staat per in aanmerking-komende warmtepomp een indicatief subsidiebedrag (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, sd; Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2020b).

### 3. Stimuleringsregeling duurzame energieproductie (SDE++)

De SDE++ is een regeling die de productie van hernieuwbare energie in Nederland stimuleert en richt zich speciaal op CO<sub>2</sub>-reductie. De eerste ronde van de regeling wordt tussen 29 september en 22 oktober 2020 opengesteld. In de SDE++ is aquathermie als nieuwe categorie opgenomen. Hieronder vallen zowel TEO als TEA voor de gebouwde omgeving. Aquathermie voor glastuinbouw komt naar verwachting 2021 in aanmerking voor subsidie (Wiebes, 2020; Unie van Waterschappen, 2020).

### 4. Programma Aardgasvrije Wijken (PAW); proeftuinen

Het PAW is een programma dat is ontwikkeld om kennis en ervaring over het aardgasvrij maken van wijken. Dit wordt gedaan via een kennis- en leerprogramma en proeftuinen selecteren en financieel te ondersteunen. Alleen gemeenten kunnen de proeftuinsubsidie aanvragen. Momenteel krijgen 27 gemeenten een financiële bijdragen, waarvan twee projecten met aquathermie. In totaal wil het rijk de komende jaren 100 wijken aardgasvrij maken. De tweede ronde van proeftuinen stond open tot 1 mei 2020 (Netwerk Aquathermie, sd; Programma aardgasvrije wijken, sd).

## Bijlage IX Wettelijke kaders en vergunningen

Voor het realiseren van TEO is nog geen eenduidig beleid vanuit de Nederlandse overheid. Hier komt steeds meer behoefte aan, waardoor veel wettelijke kaders en vergunningen in ontwikkeling zijn. De verantwoordelijke overheden zijn bezig om beleid te formuleren voor het gebruik van warmte uit en het terugleveren van koude aan oppervlaktewater (Waterforum, 2019; Scholten, Kruit, Van de Water, Nieuwenhuijse, & Wiolders, 2019). De juridische speelruimte om de mogelijkheden van aquathermie te benutten is dus groot. Wel is van belang dat de beleidskeuzen goed onderbouwd worden (Buijze, et al., 2019).

Voor de TEO-installatie worden installaties in het oppervlaktewater (pompen, warmtewisselaar, etc.) geplaatst en de watertemperatuur veranderd. Hierom moet de waterbeheerder worden betrokken bij de ontwikkelingen. Dit is in het geval van kleinere wateren het betreffende waterschap. Voor grotere wateren is dat Rijkswaterstaat voor de rivier en het buitendijks gebied.

Per situatie zullen de precieze vergunningen moeten worden vastgesteld, waarbij onderstaande lijst een basis kan zijn, zie tabel 8.

Tabel 8 Basislijst benodigde vergunning voor een TEO-project

| Wettelijk kader        | Toepassingsgebied                                                                                                                                |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Waterwet <sup>1</sup>  | Hoeveelheid wateronttrekking en -teruglevering aan oppervlaktewater.                                                                             |
| Waterwet <sup>1</sup>  | Warmtevracht vanaf 10 Kilojoule per seconde.                                                                                                     |
| Waterwet <sup>2</sup>  | Plaatsing 'niet constructieve' onderdelen op de dijk en kabel en leidingen door de dijk.                                                         |
| Warmtewet <sup>3</sup> | Levering van warmte aan afnemers tot 100 kilowatt, inclusief lage-temperatuur levering. Exclusief grootverbruikers, hiervoor is geen regulering. |

<sup>1</sup>Bron: (STOWA, 2018)

<sup>2</sup>Bron: (Scholten, Kruit, Van de Water, Nieuwenhuijse, & Wiolders, 2019)

<sup>3</sup>Bron: (Buijze, et al., 2019)

Momenteel is de omgevingswet niet meegenomen in bovenstaande wettelijke kaders. Deze wet treedt naar verwachting in 2021 in werking en zal vanaf dat moment ook moeten worden meegenomen in de ontwikkeling van plannen voor thermische energie uit oppervlaktewater (Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijkrelaties, 2019). Verder zijn bovenstaande wetten gebaseerd op warmtewinning uit oppervlaktewater. In het geval van koudewinning is er meer ruimte in de juridische kaders, aangezien dit vaak niet expliciet wordt benoemd.

### Warmte- en koude lozingen

Vanuit de overheid is een restrictie voor warmtelozingen waarbij het oppervlaktewater warmer wordt dan 28°C (Van der Grinten, et al., 2007). Daarnaast geldt voor de lozing van warmer water op diepe plassen dat het temperatuurverschil tussen de lozing en oppervlaktewater niet groter dan 3°C mag zijn (CBS, PBL, RIVM, WUR, 2018).

Voor het afkoelen van de plassen zijn nog geen richtlijnen opgesteld, maar wordt momenteel aangeraden om de oppervlaktewatertemperatuur niet onder de 12°C te laten dalen. Hierbij wordt een maximale temperatuurdaling van maximaal 6°C aanbevolen (Koninklijk Nederlands Waternetwerk, 2015).

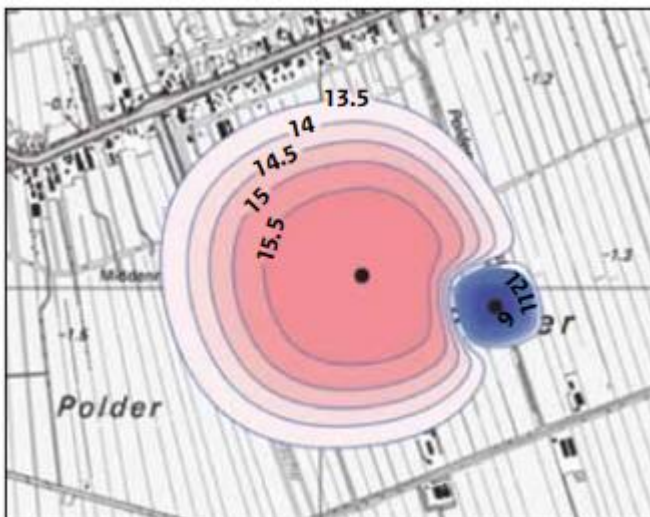
### Opslagsystemen in de ondergrond

Opslagsystemen ter ondersteuning van een TEO-systeem worden vaak in de grond geplaatst. Voor de vergunningen is uitgegaan van WKO omdat dit de meest gebruikte opslagmethode is. Voor andere opslagmethoden in de grond zullen de watervergunning wegvallen, omdat er geen uitwisseling plaatsvindt van grondwater. Vergunningen hiervoor zullen voornamelijk gericht zijn op het bouwen van constructies ondergronds.

Wanneer warmte wordt opgeslagen in een open WKO-systeem is er een vergunning nodig van de Gedeputeerde Staten. Voor open bodemenergiesystemen die grondwater onttrekken is altijd een vergunning nodig in het kader van de Waterwet, verleent door de provincie. Hierbij gelden de volgende verbods- en aandachtsgebieden, weergegeven voor Nederland in de WKO-tool (Provincie Drente, sd; Scholten, Kruit, Van de Water, Nieuwenhuijse, & Wielders, 2019; Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2020c):

- Drinkwaterbescherming (verbod);
- Specifiek provinciaal beleid (verbod);
- Natuur (aandachtsgebied);
- Aardkundige waarden (aandachtsgebied);
- Archeologie (aandachtsgebied);
- Bodemenergieplannen (aandachtsgebied);
- Interferentiegebieden (aandachtsgebied);
- Overige aandachtsgebieden (aandachtsgebied).

Bij grote WKO-systemen kan ook een milieueffectrapportage (m.e.r.) noodzakelijk zijn. De Wet Milieubeheer kan bij open energieopslagsystemen door het aanwezige elektromotorische vermogen van de pompen en dergelijke een vergunning vereisen (Kleiweg, E., Van Opstall, E., Budding, B., 2017). Verder heeft de eigenaar van het open WKO-systeem een onderhouds- en monitoringsplicht. Dit is om te voorkomen dat een thermische-onbalans of verontreiniging van het grondwater ontstaat, zoals te zien in figuur 13 (Agentschap NL, 2013).



Figuur 13 Thermische onbalans door slecht voorraadbeheer (Agentschap NL, 2013)

Per TEO- en opslagsysteem zal moeten worden gekeken welke van bovenstaande wettelijke kaders van toepassing zijn op het project.

## Bijlage X Figuren en kaarten eindontwerp

Een drietal projectgebieden zijn voorafgaand aan het afwegingskader afgefallen vanwege onoverkomelijke redenen.

Voorhaven Deest; momenteel in gebruik als haven. Dit blijft voor de aankomende 15 jaar hetzelfde. Na deze 15 jaar is de bestemming van het gebied nog onduidelijk. Vanwege het gebruik van het waterlichaam als vaarwater en de onduidelijkheid over de toekomstige plannen, is deze locatie vooraf afgefallen.

Grensmaas; Dekker heeft momenteel geen gegevens over de Grensmaas. Bij het project zijn meerdere diepe plassen betrokken. Voor de distributie van deze diepe plassen in een apart bedrijf opgezet, waarvan Dekker een onderdeel is. Aangezien het een apart bedrijf is, wordt deze plas niet meegenomen als plas in eigendom van Dekker.

Zaarderheiken; de plas is van dusdanig kleine omvang door verondieping dat realisatie van een aquathermie installatie niet haalbaar is.

In figuur 14 is de ligging van de plassen van Dekker in Nederland weergegeven.



Figuur 14 Ligging plassen Dekker

Figuren 15 t/m 27 geven het eindontwerp weer van de plassen van Dekker die meegenomen zijn in het afwegingskader.



Figuur 15 Eindontwerp project Over de Maas



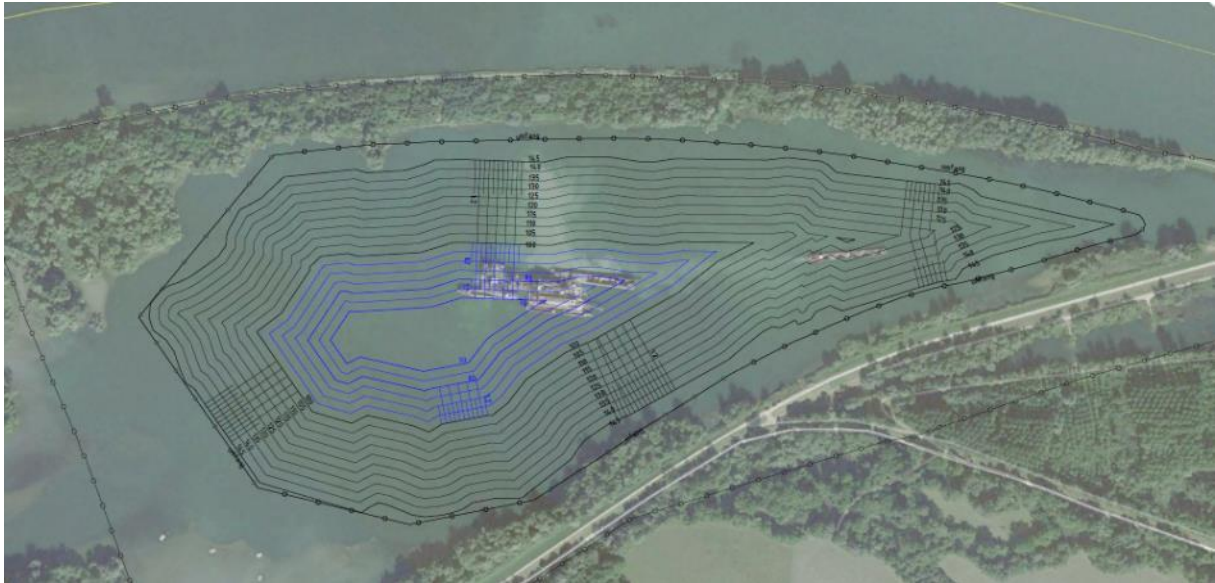
Figuur 16 Eindontwerp project Geertjesgolf



Figuur 17 Eindontwerp project Well Aijen



Figuur 18 Eindontwerp project LGR (Franse plas)



Figuur 19 Eindontwerp project DMA (Duitse plas)



Figuur 20 Eindontwerp project Randwijkse waarden



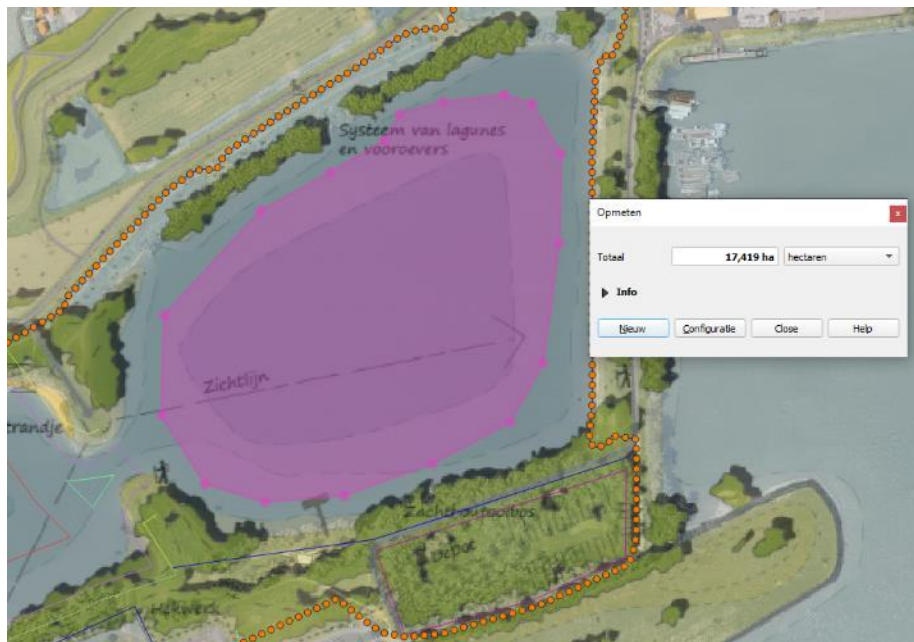
Figuur 21 Eindontwerp project Bomhofspas



Figuur 22 Eindontwerp project Lobberdense waard, links bak 1, rechts bak 2



Figuur 23 Eindontwerp project Tull en het Waal, natuurdeel(zuidplas) & recreatiedeel(noordplas)



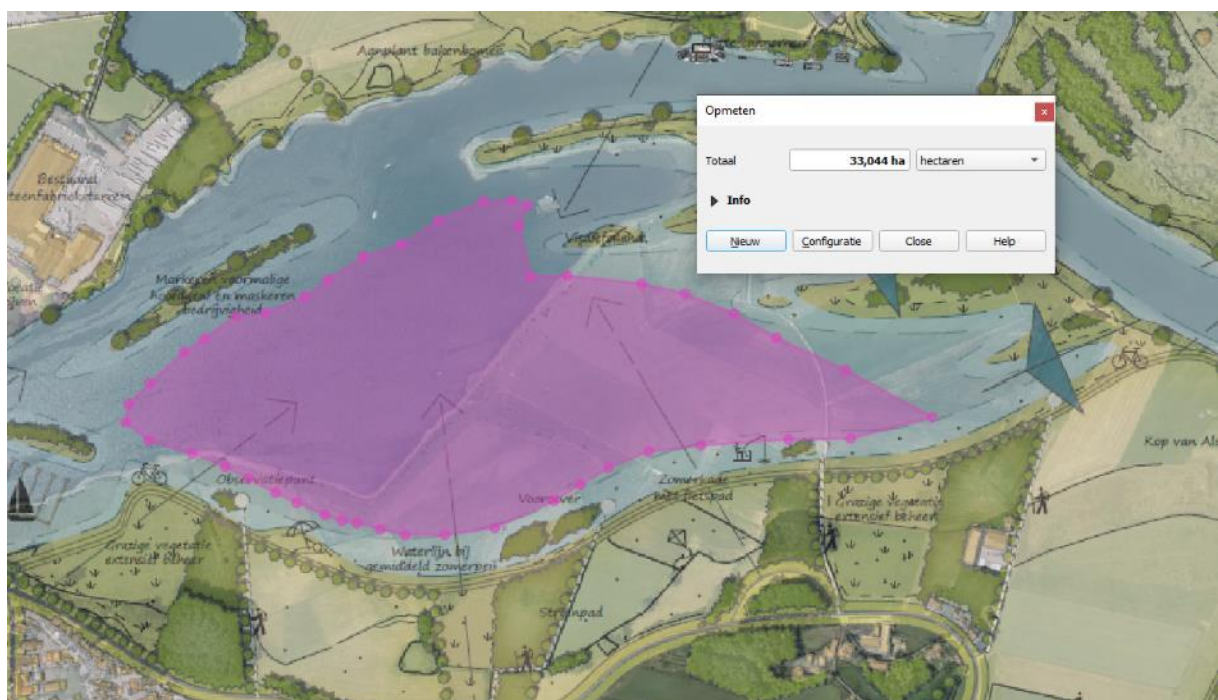
Figuur 24 Eindontwerp project Willemspolder fase 1, oost



Figuur 25 Eindontwerp project Willemspolder fase 1, west



Figuur 26 Eindontwerp project Gouverneurspolder



Figuur 27 Eindontwerp project Alem

## Bijlage XI Exceltabellen warmte en koude volumes

De plassen gelegen in Duitsland en Frankrijk, respectievelijk DMA en LGR, maken gebruik van een ander rekensysteem en vallen niet in de databases die gebruikt zijn gedurende dit onderzoek. Hierom missen hier gegevens en zijn de plassen niet geschikt voor het vervolgonderzoek. De overige niet ingevulde gegevens zijn op het moment van het onderzoek niet beschikbaar vanuit Dekker of variëren te veel in de plassen, zie tabellen 9 en 10.

Tabel 9 Eigenschappen en volumes plassen Dekker in uitvoering

| Uitvoering | Project                           | Provincie/<br>land | Rivier     | Aandeel<br>(in %) | (Oplever)<br>diepte | Waterpeil        | (Oplever)<br>diepte | Talud | Oppervlak<br>halfstalud | Koudwater<br>volume<br>(vanaf 18<br>m-wsp) | Warmwater<br>volume (tot<br>4 m-wsp) | Locatie<br>t.o.v. rivier |
|------------|-----------------------------------|--------------------|------------|-------------------|---------------------|------------------|---------------------|-------|-------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
|            |                                   |                    |            | %                 | m+ NAP              | m+ NAP           | m- wsp              | m/m   | ha                      | m <sup>3</sup>                             | m <sup>3</sup>                       |                          |
|            | Over de Maas                      | GD                 | Maas       | 32                | -29                 | 1                | 30                  | 1/3   | 24                      | 2880000                                    | 960000                               | Buitendijks              |
|            | Geertjesgolf                      | GD                 | Waal       | 32                | -18                 | 5                | 23                  | 1/4   | 63                      | 3150000                                    | 2520000                              | Binnendijks              |
|            | Well Aijen                        | LB                 | Maas       | 20                | -7,3                | 11.5             | 18.8                | 1/4   | 63                      | 504000                                     | 2520000                              | Buitendijks              |
|            | LGR                               | Frankrijk          | Boven Rijn | 100               | Frans<br>stelsel    | Frans<br>stelsel | 40                  | 1/2   | 14                      | 3080000                                    | 560000                               | Buitendijks              |
|            | DMA                               | Duitsland          | Boven Rijn | 100               | Duits<br>stelsel    | Duits<br>stelsel | 60                  | 1/2   | 15                      | 6300000                                    | 600000                               | Buitendijks              |
|            | Randwijkse<br>waarden             | GD                 | Nederrijn  | 100               | -18                 | 6                | 24                  | 1/3   | 23                      | 1380000                                    | 920000                               | Buitendijks              |
|            | Bomhofsplas                       | OV                 | Losstaand  | 100               | -30                 | 0                | 30                  | 1/4   | 53                      | 6360000                                    | 2120000                              | Binnendijks              |
|            | Tull en het<br>Waal, natuur       | UT                 | Lek        | 100               | -4                  | 3                | 7                   |       | 8                       | -880000                                    | 320000                               | Buitendijks              |
|            | Tull en het<br>Waal,<br>recreatie | UT                 | Lek        | 100               | -22                 | 3                | 25                  |       | 6                       | 420000                                     | 240000                               | Buitendijks              |

Tabel 10 Eigenschappen en volumes plassen Dekker in voorbereiding

| Voorbereiding | Project                       | Provincie/<br>land | Rivier               | Aandeel<br>(in %) | (Oplever)<br>diepte | Waterpeil | (Oplever)<br>diepte | Talud | Oppervlak<br>halftalud | Koudwater<br>volume<br>(vanaf 18<br>m-wsp) | Warmwater<br>volume (tot<br>4 m-wsp) | Locatie<br>t.o.v. rivier |
|---------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|-------------------|---------------------|-----------|---------------------|-------|------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
|               |                               |                    |                      | %                 | m+ NAP              | m+ NAP    | m- wsp              | m/m   | ha                     | m <sup>3</sup>                             | m <sup>3</sup>                       |                          |
|               | Willemspolder<br>fase 1, oost | GD                 | Waal                 | 100               | -35                 | 5         | 40                  |       | 17                     | 3740000                                    | 680000                               | Buitendijks              |
|               | Wilemspolder<br>fase 1, west  | GD                 | Waal                 | 100               | -20                 | 5         | 25                  |       | 15                     | 1050000                                    | 600000                               | Buitendijks              |
|               | Gouveneurs-<br>polder         | GD                 | Waal                 | 100               | -20                 | 5         | 25                  |       | 50                     | 3500000                                    | 2000000                              | Buitendijks              |
|               | Alem                          | GD                 | Maas                 | 100               | -30                 | 0         | 30                  |       | 33                     | 3960000                                    | 1320000                              | Buitendijks              |
|               | Lobberdense<br>waard, bak 1   | GD                 | Pannerden-<br>kanaal | 50                | -6,5                | 8         | 14,5                |       | 38                     | -1330000                                   | 1520000                              | Buitendijks              |
|               | Lobberdense<br>waard, bak 2   | GD                 | Pannerden-<br>kanaal | 50                | -8                  | 8         | 16                  |       | 26                     | -520000                                    | 1040000                              | Buitendijks              |

Opmerkingen;

Het project DMA wordt mogelijk nog uitgebreid tot 90 meter diepte.

GD = Gelderland

LB = Limburg

OV = Overijssel

UT = Utrecht

## Bijlage XII Afstand & dichtheid afnemers

De afstand tussen bron en afnemer en de dichtheid van de afnemers zijn belangrijke aspecten binnen de haalbaarheid van een project. Zoals in paragraaf 2.1 benoemd zou in dit onderzoek het distributienet en het afgiftesysteem niet verder besproken worden. Om te zien of een project haalbaar is, is het echter wel belangrijk om te weten of er potentiële afnemers in de buurt zijn.

Data met betrekking tot potentiële afnemers zijn opgehaald van het Nationaal Georegister en de Van Hall Larenstein Gisdatabase. De volgende datasets zijn geraadpleegd:

- Energie uit oppervlaktewater (EOW), warmte – Gemalen, stuwen en diepe plassen van het RVO. Opgehaald van het NGR.
- Energie uit oppervlaktewater (EOW), koude – Gemalen, stuwen en diepe plassen van het RVO. Opgehaald van het NGR
- Nederland, shapefile Tophuis.shp. Opgehaald van Van Hall Larenstein Gisdatabase.

Naast deze data zijn ook foto's van de uiteindelijke ontwerpen van de projecten ingeladen in ARC Map. Middels de tool 'Georeferencing' binnen ARC Map zijn de foto's op de juiste plek gelegd.

Voor de afstand is zoals in paragraaf 4.1 beschreven voor woningen een afstand van maximaal 2000 meter gehanteerd en voor bedrijven/utiliteit 2500 meter. De afstand is gemeten van de rand van de plas tot het middelpunt van een wijk/bedrijf/utiliteit. Dit is gedaan middels de tool 'Measure' binnen ARC Map. Naar de volgende afnemers is gekeken;

- Bedrijfsterreinen;
- Glastuinbouw;
- Ziekenhuizen;
- Fabrieken;
- IJsbanen;
- Wijken;
- Zuiveringsinstallaties;
- Datacenters (geen val alle plassen bevindt zich in de buurt van een datacenter).

Veehouderijen zijn op één na (bij Tull en het Waal) niet meegenomen binnen de lijst van potentiële afnemers, door gebrek aan een shapefile met alle landbouwbedrijven. Voor een nader onderzoek wordt aangeraden om hier nog verder naar te kijken. Een groot deel van de plassen liggen in het buitengebied waar vaak ook veel landbouwbedrijven zitten.

De dichtheid van de afnemers is bepaald door het oppervlak te delen door de vraag warmte/koude per jaar. Dit is gedaan voor wijken en glastuinbouw. De vraag voor warmte bij glastuinbouw stond in de shapefile die afkomstig was uit de datasets van het NGR. Voor wijken is de warmtevraag berekend middels het gemiddelde warmtegebruik van 42 GJ voor een huishouden (zie paragraaf 4.3). De grote van de warmte of koudevraag was bij de andere potentiële afnemers niet bekend. Door gebrek aan tijd was het niet haalbaar om voor alle plassen de vraag per afnemer uit te zoeken. Daarom is voor deze afnemers gekeken naar het oppervlak dat verwarmd of gekoeld moet worden.

Tabel 11 weergeeft gegevens van de potentiële afnemers per project. Daarnaast is per plas de locatie van de potentiële afnemers ten opzichte van de plas weergegeven in een kaart.

Tabel 11 Afstand tot en vraag potentiële afnemers

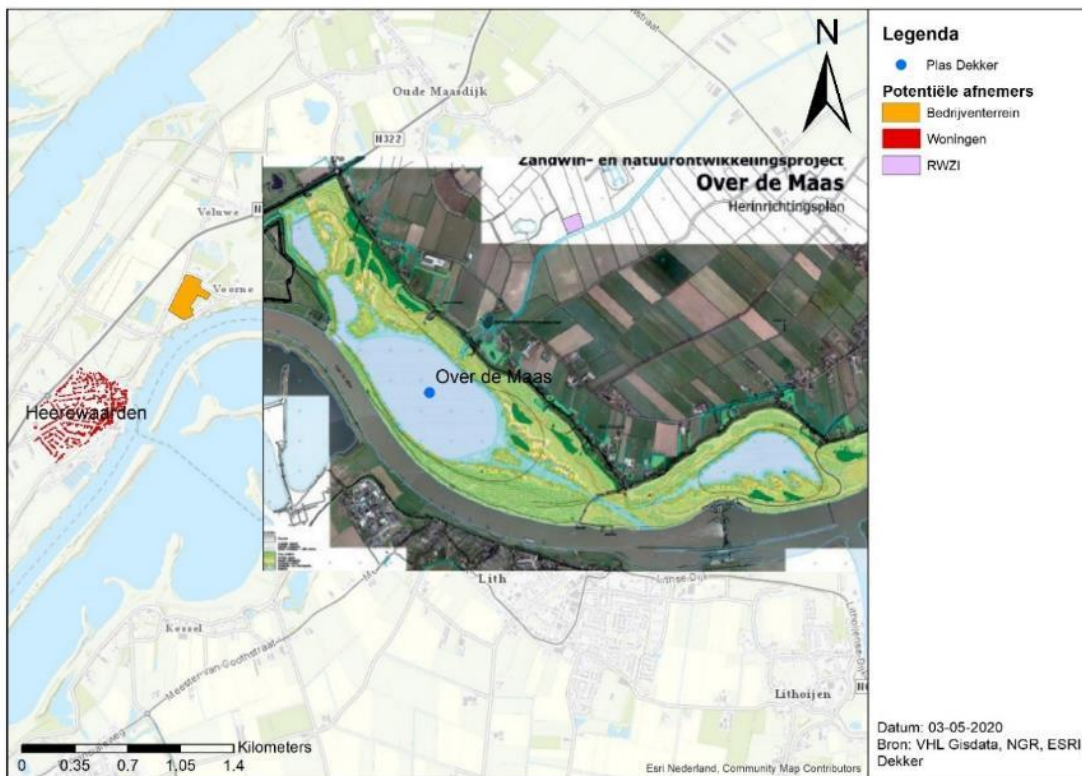
|            | Project            | Afstand van rand plas tot middelpunt X (meters) | Soort afnemer                                       | Locatie afnemer                     | Aantal woningen/aansluitingen <sup>1</sup> | Oppervlakte (hectare) | Vraag  | Grootte vraag (GJ/jr.) | Dichtheid vraag (GJ/ha/jr.) |
|------------|--------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------|--------|------------------------|-----------------------------|
| Uitvoering | Over de Maas       | 1200                                            | Rioolwaterzuivering installatie                     | Kooiweg, Dreumel                    |                                            | 1,1                   |        |                        |                             |
|            |                    | 1000                                            | Bedrijventerrein                                    | Heerewaardense-straat, Heerewaarden |                                            | 4,0                   |        |                        |                             |
|            |                    | 2000                                            | Plaats                                              | Heerewaarden                        | 241                                        | 27,1                  | Warmte | 10122                  | 373,2115                    |
|            | Geertjesgolf       | 1300                                            | Plaats                                              | Winssen                             | 358                                        | 45,6                  | Warmte | 15036                  | 329,9034                    |
|            |                    | 1450                                            | Plaats                                              | Deest                               | 329                                        | 39,6                  | Warmte | 13818                  | 348,6518                    |
|            |                    | 1400                                            | Bedrijven: Steenfabriek & Wienerberger BV.          | Waalbanddijk, Deest                 |                                            | 18,0                  |        |                        |                             |
|            | Well Aijen         | 1250                                            | Plaats                                              | Papenbeek/Well                      | 389                                        | 46,4                  | Warmte | 16338                  | 352,2591                    |
|            |                    | 1500                                            | Bedrijventerrein                                    | Bosserheide, Well                   |                                            | 2,5                   |        |                        |                             |
|            |                    | 1000                                            | Kassen                                              | Elsteren                            |                                            | 8,6                   | Warmte | 23949,9                | 2800,7                      |
|            |                    | 1850                                            | Plaats                                              | Well                                | 118                                        | 14,5                  | Warmte | 4956                   | 341,7258                    |
|            | Randwijkse waarden | 700                                             | Plaats                                              | Heteren                             | 751                                        | 101,8                 | Warmte | 31542                  | 309,7253                    |
|            |                    | 1600                                            | Bedrijventerrein: Poort van Midden-Gelderland Noord | N837, Heteren                       |                                            | 38,7                  |        |                        |                             |
|            |                    | 2500                                            | Bedrijventerrein: Poort van Midden-Gelderland Zuid  | N837, Heteren                       |                                            | 39,3                  |        |                        |                             |
|            |                    | 200                                             | Steenfabriek Wienerberger                           | Steenoord, Heteren                  |                                            | 19,2                  |        |                        |                             |
|            | Bomhofspas         | 2000                                            | Wijk                                                | Berkum, Zwolle                      | 674                                        | 87,6                  |        | 28308                  | 323,1185                    |

|               |                                    |      |                                 |                              |     |       |        |         |          |
|---------------|------------------------------------|------|---------------------------------|------------------------------|-----|-------|--------|---------|----------|
| Voorbereiding |                                    | 1300 | Bedrijventerrein<br>Hessenpoort | Nieuwleusenerdijk,<br>Zwolle |     | 197,8 |        |         |          |
|               | Tull en het Waal,<br>natuurdeel    | 1000 | Kassen                          | Achterdijk,<br>Schalkwijk    |     | 3,7   | Warmte | 23131,9 | 6310,572 |
|               |                                    | 1100 | Kassen                          | Waalseweg,<br>Schalkwijk     |     | 0,7   | Warmte | 2994,3  | 4426,296 |
|               |                                    | 1400 | Blokhovens<br>Linievarken       | Achterdijk,<br>Schalkwijk    |     | 3,2   |        |         |          |
|               | Tull en het Waal,<br>recreatiedeel | 850  | Kassen                          | Achterdijk,<br>Schalkwijk    |     | 3,7   | Warmte | 23131,9 | 6310,567 |
|               |                                    | 1100 | Blokhovens<br>Linievarken       | Achterdijk,<br>Schalkwijk    |     | 3,2   |        |         |          |
|               |                                    | 1200 | Kassen                          | Waalseweg,<br>Schalkwijk     |     | 0,7   | Warmte | 2994,3  | 4426,347 |
|               | Willemspolder<br>fase 1, bak 1     | 100  | Dekker                          | Waalbanddijk,<br>IJzendoorn  |     | 1,0   |        |         |          |
|               |                                    | 1300 | Bedrijventerrein: De<br>Heuning | Industrieweg,<br>Ochten      |     | 26,1  |        |         |          |
|               |                                    | 500  | Plaats                          | IJzendoorn                   | 151 | 14,3  | Warmte | 6342    | 442,0272 |
|               |                                    | 600  | Kassen                          | Keizerstraat,<br>IJzendoorn  |     | 0,5   | Warmte | 2473    | 5390,935 |
|               | Willemspolder<br>fase 1, bak 2     | 1810 | Plaats                          | Echteld                      | 121 | 11,5  | Warmte | 5082    | 440,6296 |
|               | Gouveneurs-<br>polder              | 900  | Plaats                          | Ochten                       | 596 | 79,2  | Warmte | 25032   | 316,1329 |
|               |                                    | 700  | Bedrijventerrein                | Waalbanddijk,<br>Ochten      |     | 8,4   |        |         |          |
|               |                                    | 1000 | Bedrijventerrein                | Bonegraafseweg,<br>Ochten    |     | 3,2   |        |         |          |
|               | Alem                               | 2100 | Kassen                          | Grote Inghweg,<br>Kerkdriel  |     | 46,7  | Warmte | 99207,1 | 2123,952 |
|               |                                    | 500  | Plaats                          | Alem                         | 220 | 23,3  | Warmte | 9240    | 396,1918 |

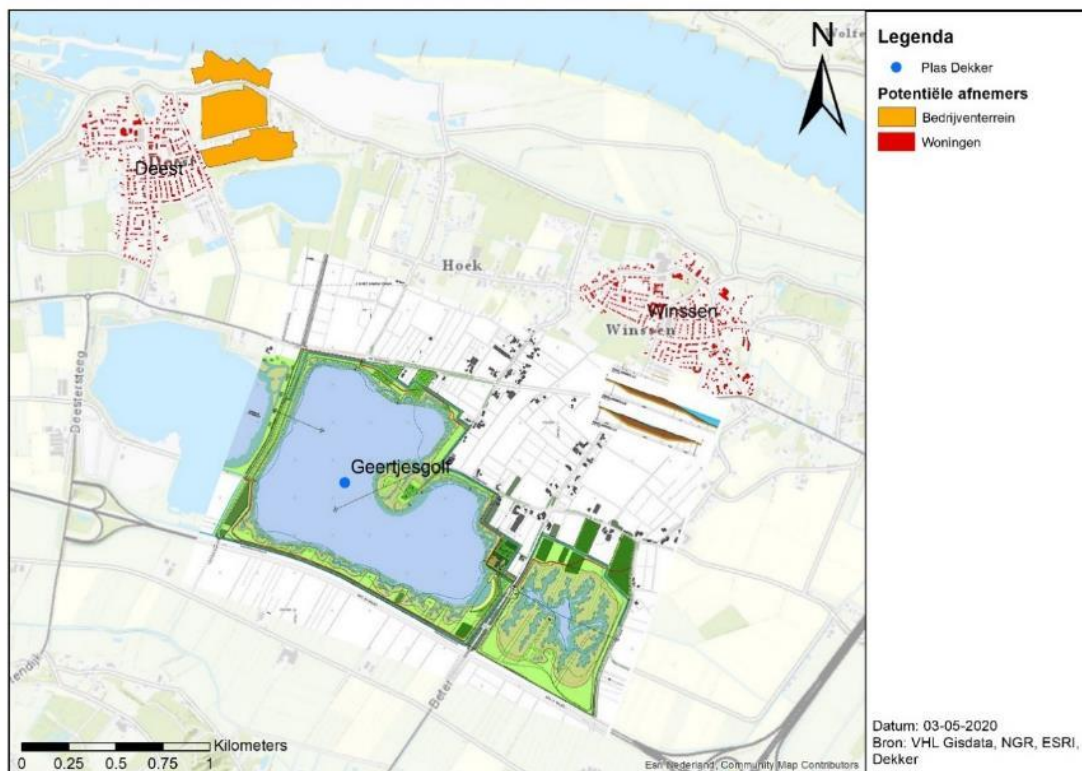
|  |                             |      |                                     |                         |     |      |            |       |          |
|--|-----------------------------|------|-------------------------------------|-------------------------|-----|------|------------|-------|----------|
|  |                             | 1600 | Steenfabriek<br>Rossum BV           | Maasweg, Rossum         |     | 10,8 |            |       |          |
|  | Lobberdense<br>waard, bak 1 | 1000 | Plaats                              | Pannerden               | 438 | 54,4 | Warmt<br>e | 18396 | 338,1691 |
|  |                             | 200  | Bedrijventerrein:<br>Kijfwaard West | Kijfwaard,<br>Pannerden |     | 12,1 |            |       |          |
|  |                             | 600  | Bedrijventerrein:<br>Kijfwaard Oost | Kijfwaard,<br>Pannerden |     | 15,3 |            |       |          |
|  |                             | 950  | Bedrijventerrein                    | Rijndijk, Pannerden     |     | 9,0  |            |       |          |
|  | Lobberdense<br>waard, bak 2 | 1500 | Plaats                              | Pannerden               | 438 | 54,4 | Warmt<br>e | 18396 | 338,1691 |
|  |                             | 500  | Bedrijventerrein:<br>Kijfwaard West | Kijfwaard,<br>Pannerden |     | 12,1 |            |       |          |
|  |                             | 300  | Bedrijventerrein:<br>Kijfwaard Oost | Kijfwaard,<br>Pannerden |     | 15,3 |            |       |          |
|  |                             | 1100 | Bedrijventerrein                    | Rijndijk, Pannerden     |     | 9,0  |            |       |          |

<sup>1</sup> Bij het de berekening van het aantal woningen zijn het aantal polygonen in de shapefile geteld. Het aantal woningen kan hierdoor verschillen met de werkelijk situatie.

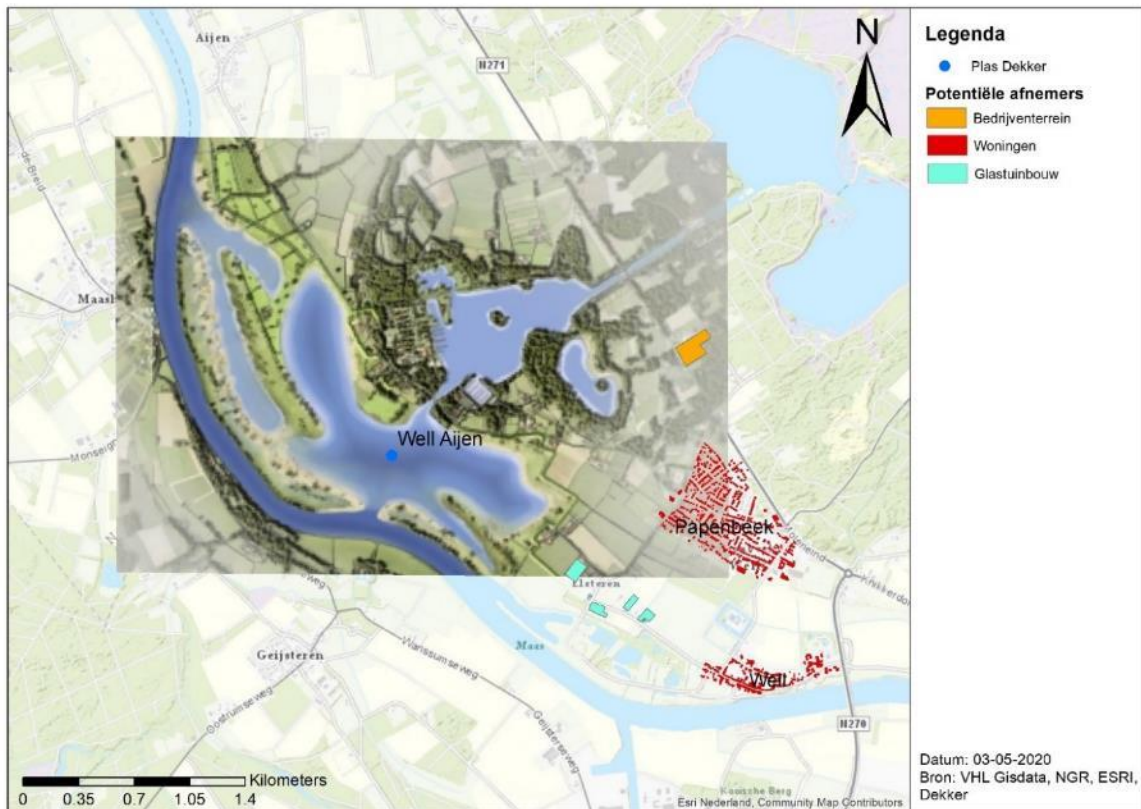
In de figuren 28 t/m 37 zijn per project de potentiële afnemers ten opzichte van de plas weergegeven in een kaart.



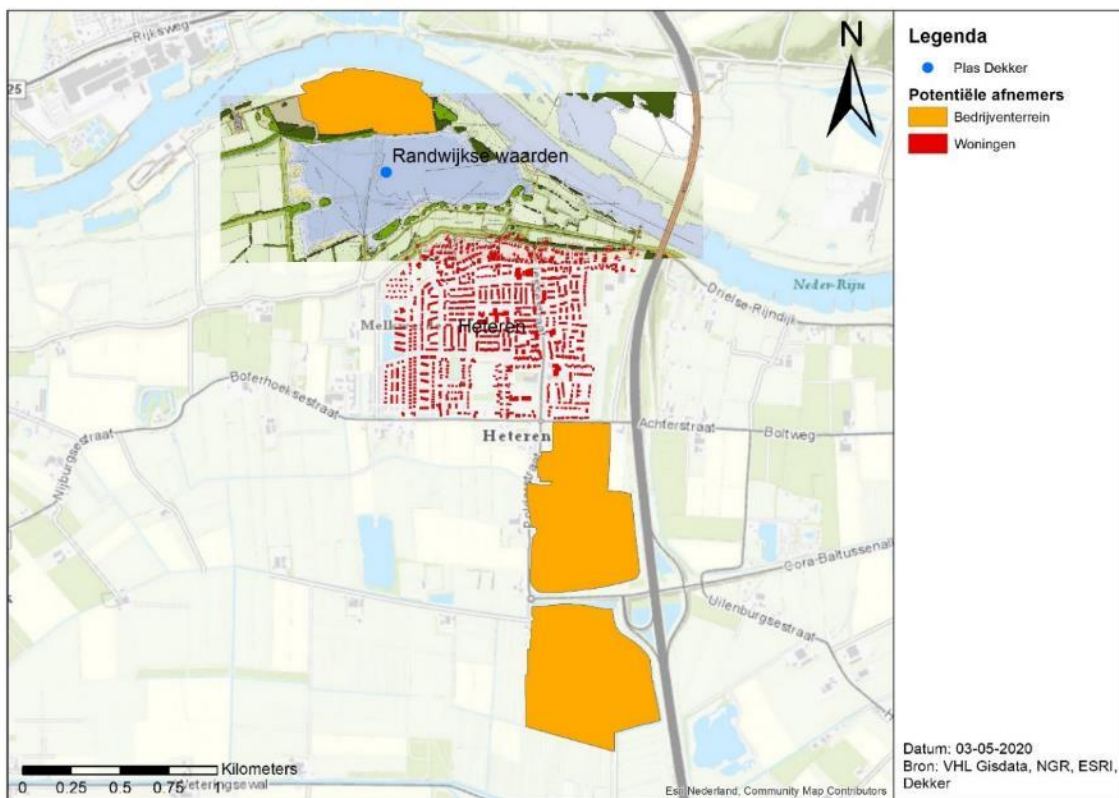
Figuur 28 Locatie potentiële afnemers project Over de Maas



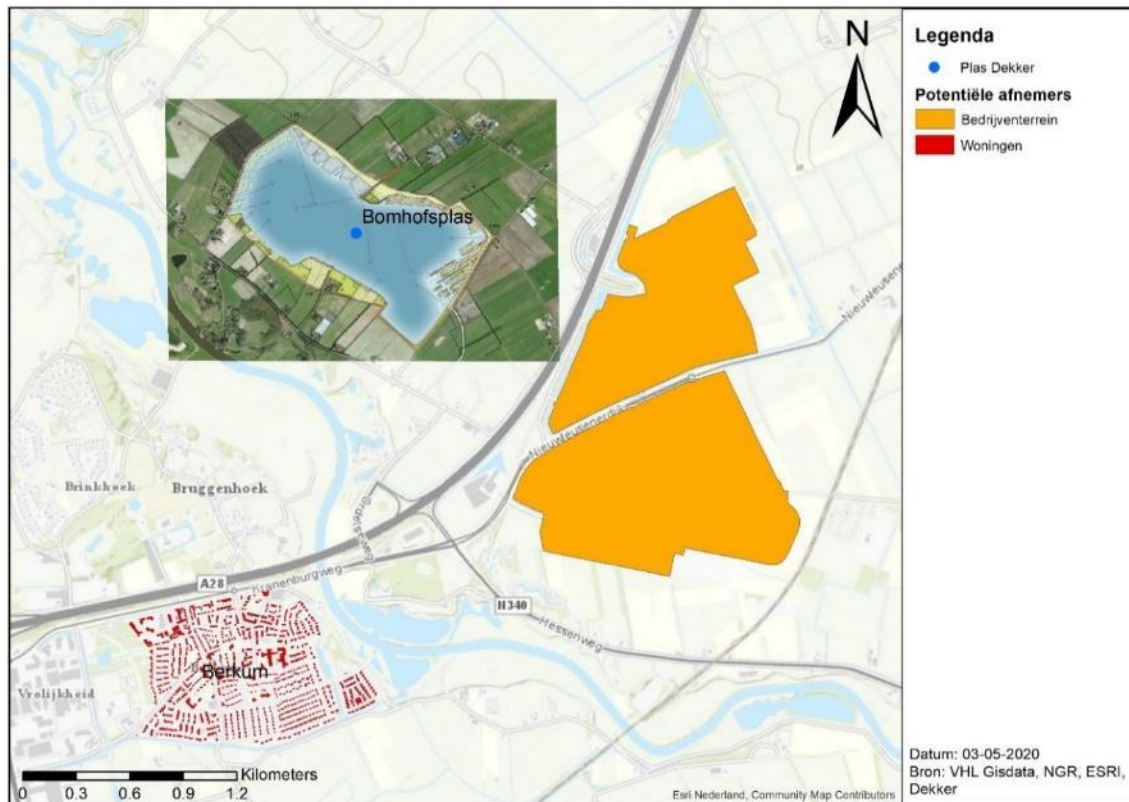
Figuur 29 Locatie potentiële afnemers project Geertjesgolf



Figuur 30 Locatie potentiële afnemers project Well Aijen



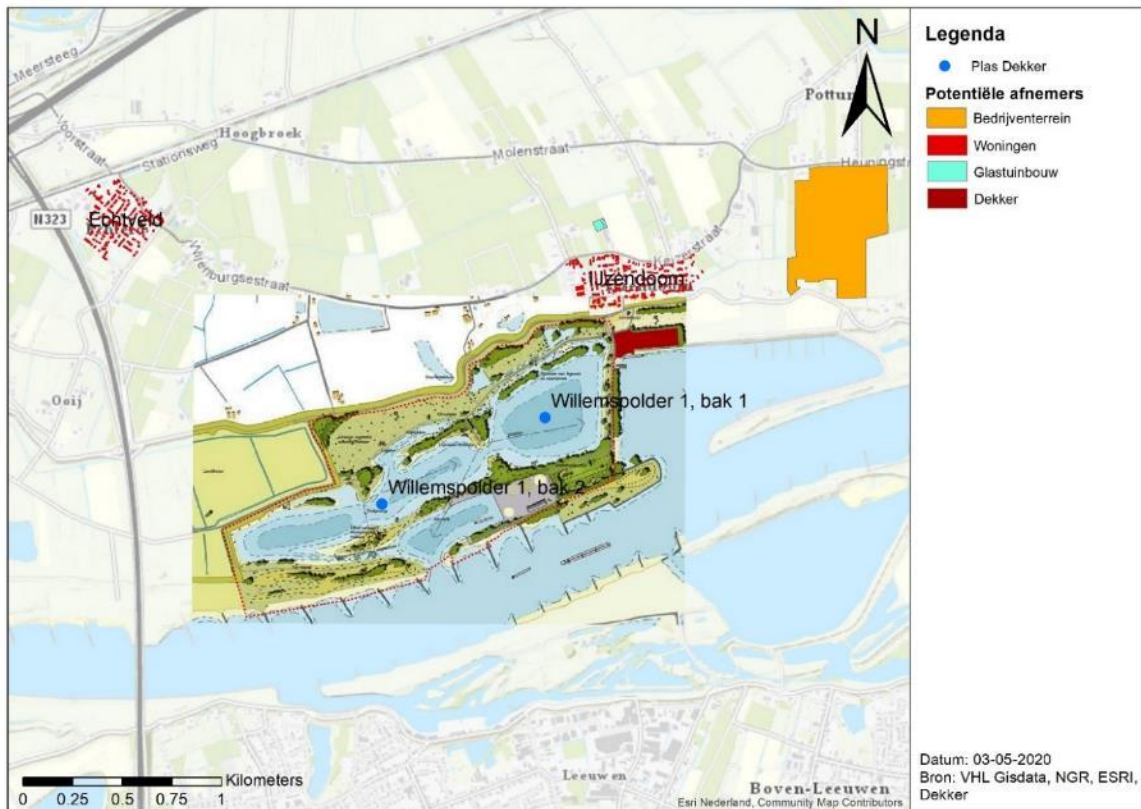
Figuur 31 Locatie potentiële afnemers project Randwijkse waarden



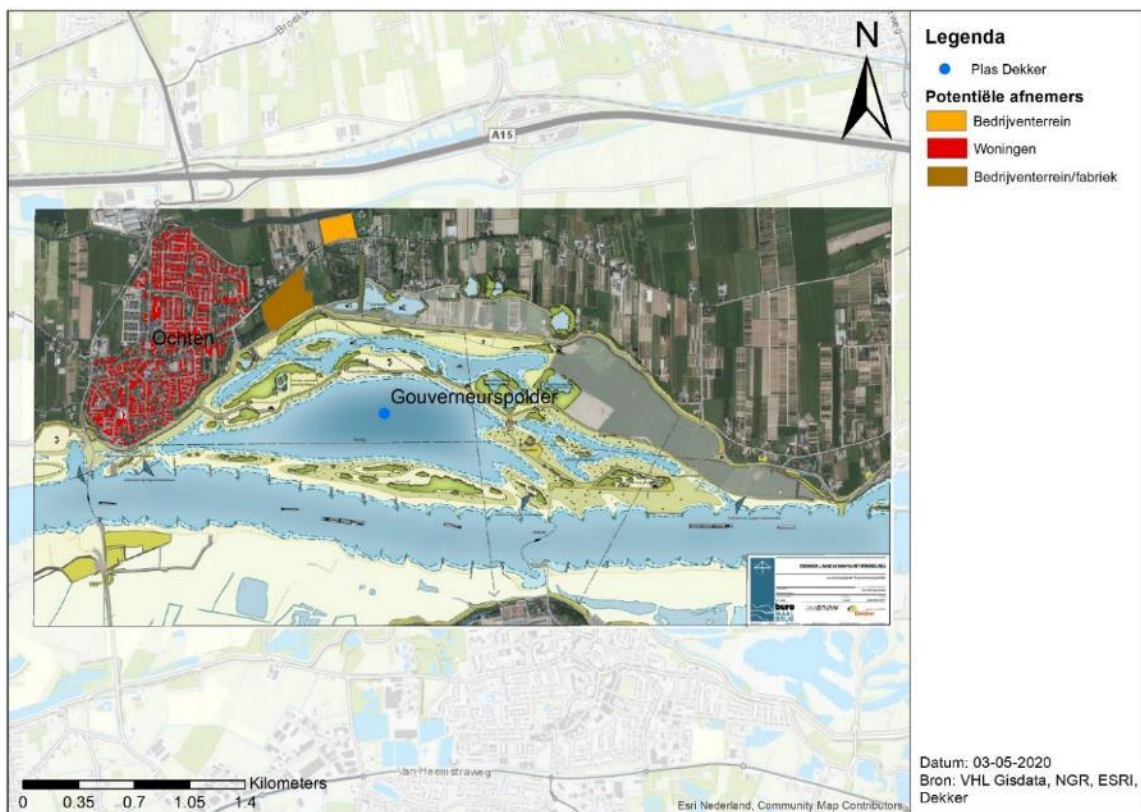
Figuur 32 Locatie potentiële afnemers project Bomhofsplas



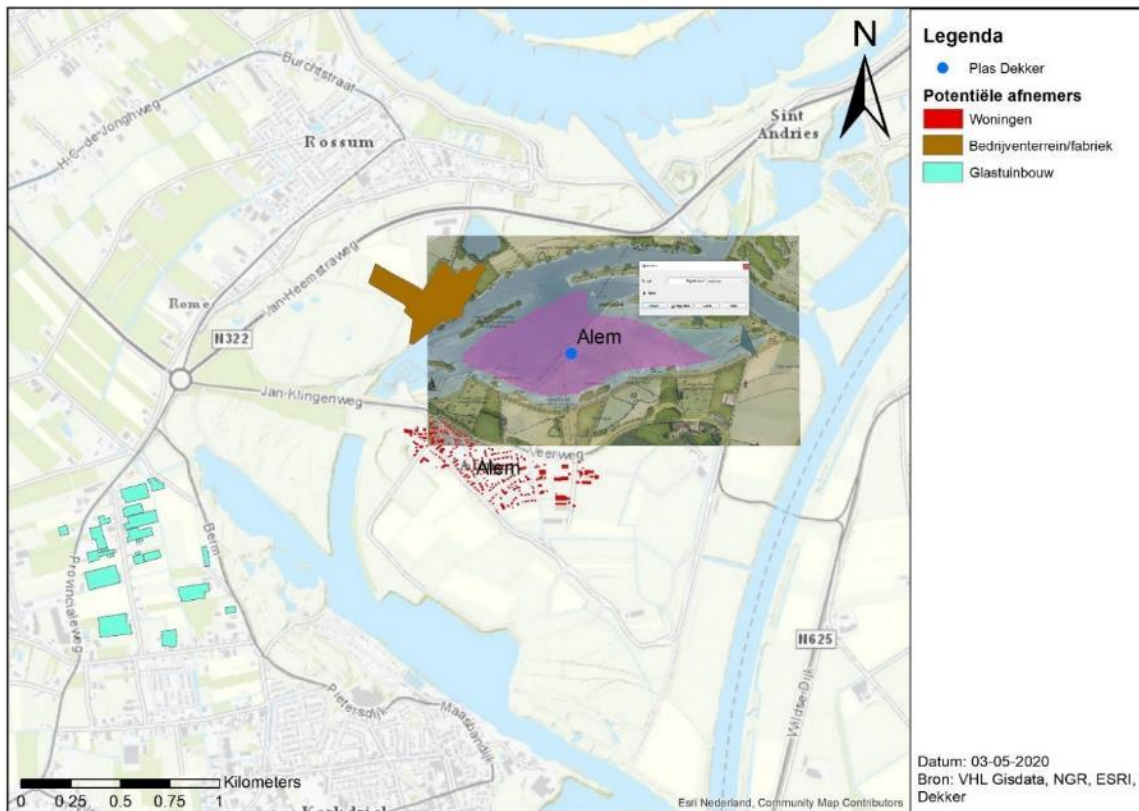
Figuur 33 Locatie potentiële afnemers project Tull en het Waal



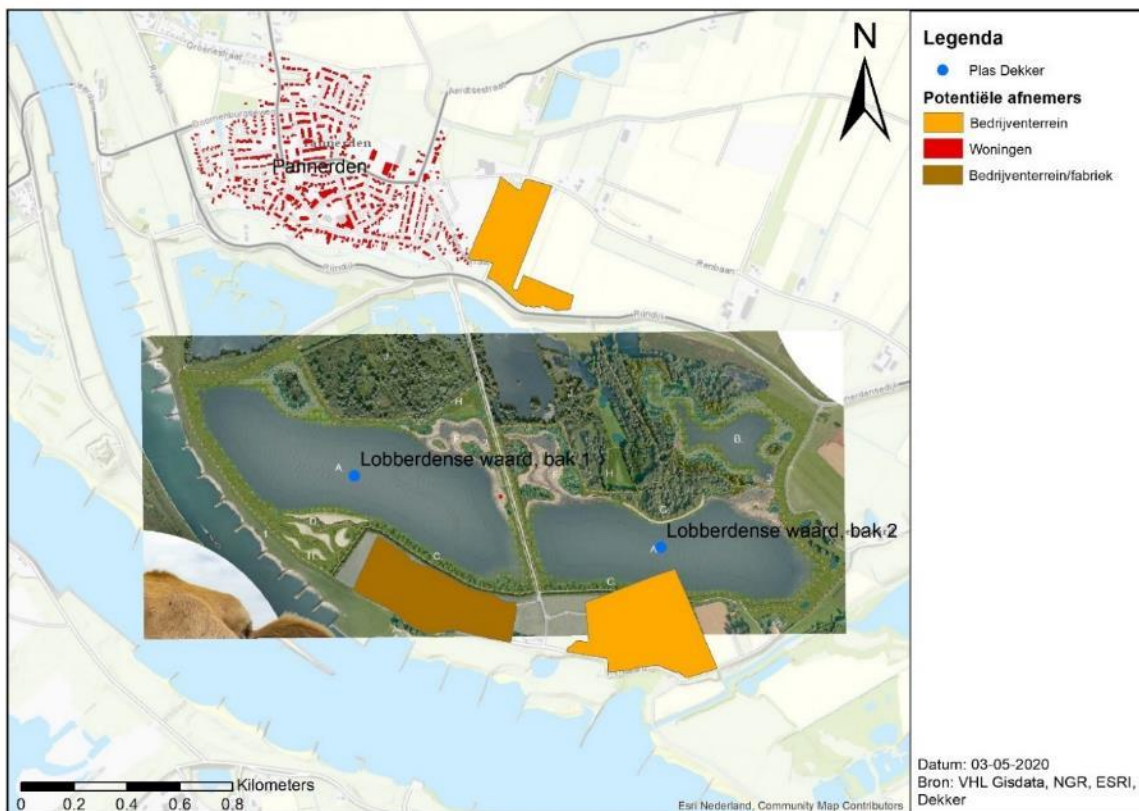
Figuur 34 Locatie potentiële afnemers project Willemspolder fase 1



Figuur 35 Locatie potentiële afnemers project Gouverneurspolder



Figuur 36 Locatie potentiële afnemers project Alem



Figuur 37 Locatie potentiële afnemers project Lobberdense waard

## Bijlage XIII Mogelijkheid WKO-installatie

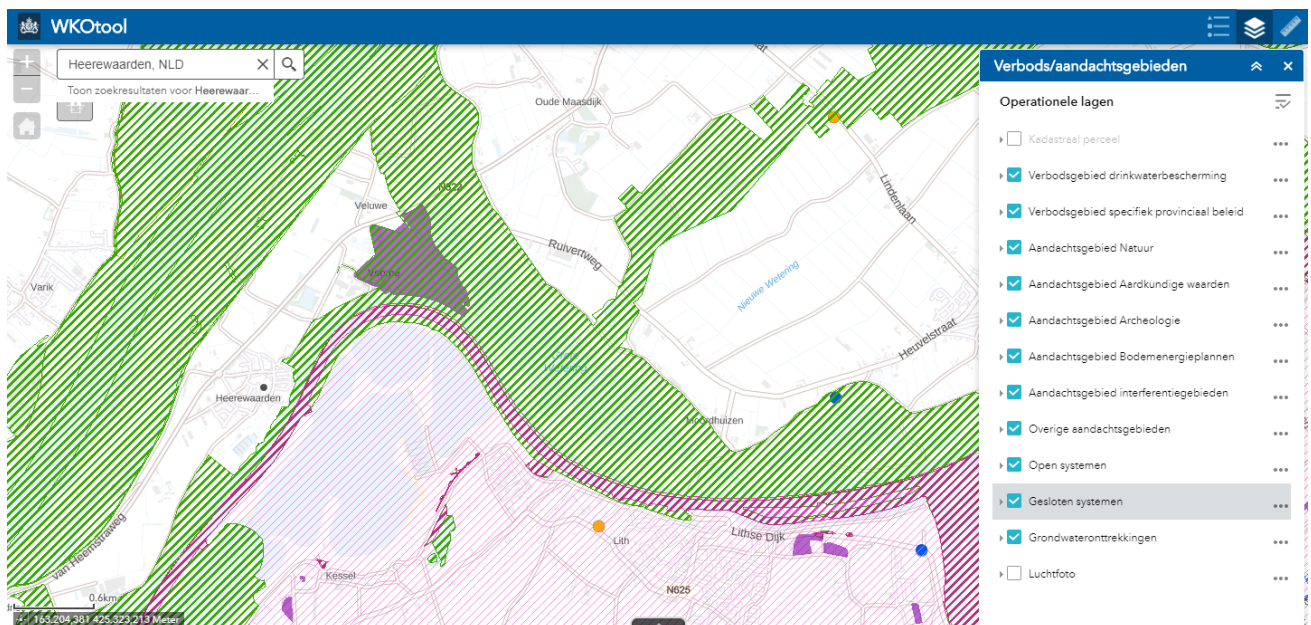
Voor een TEO-installatie is bij (warmte)winning vaak een WKO-installatie verbonden aan het systeem, om een hoger rendement te behalen. De warmte die in de zomer wordt gewonnen, kan in de winter gebruikt worden. Voor koude vice versa. Een WKO kan als losstaand systeem voor koude- en warmte-energie gebruikt worden, echter is hiervoor van belang dat de koude- en warmtevraag in balans zijn. Hier kan een TEO-installatie voor gebruikt worden. De WKO-tool is op basis van data tot januari 2020 (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2020c).

Voor de WKO-tool zijn verschillende aandachts- en verbodsgebieden opgesteld:

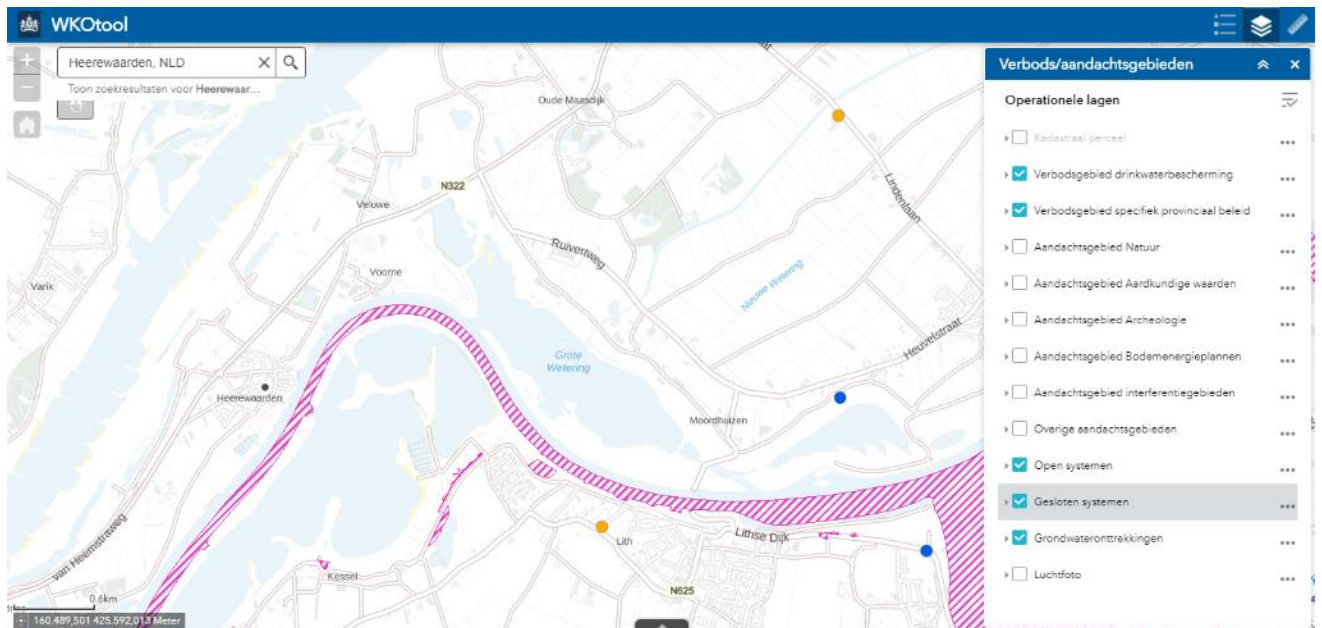
- Drinkwaterbescherming (verbodsgebied)
- Specifiek provinciaal beleid (verbodsgebied)
- Natuur (aandachtsgebied)
- Aardkundige waarden (aandachtsgebied)
- Archeologie (aandachtsgebied)
- Bodemenergieplannen (aandachtsgebied)
- Interferentiegebieden (aandachtsgebied)
- Overige aandachtsgebieden (aandachtsgebied)

In de figuren 38 t/m 57 zijn per project de ligging van bestaande WKO-systemen en verbods- en aandachtsgebieden weergegeven. De afbeeldingen zijn afkomstig van de WKO-tool (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2020c).

### Over de Maas

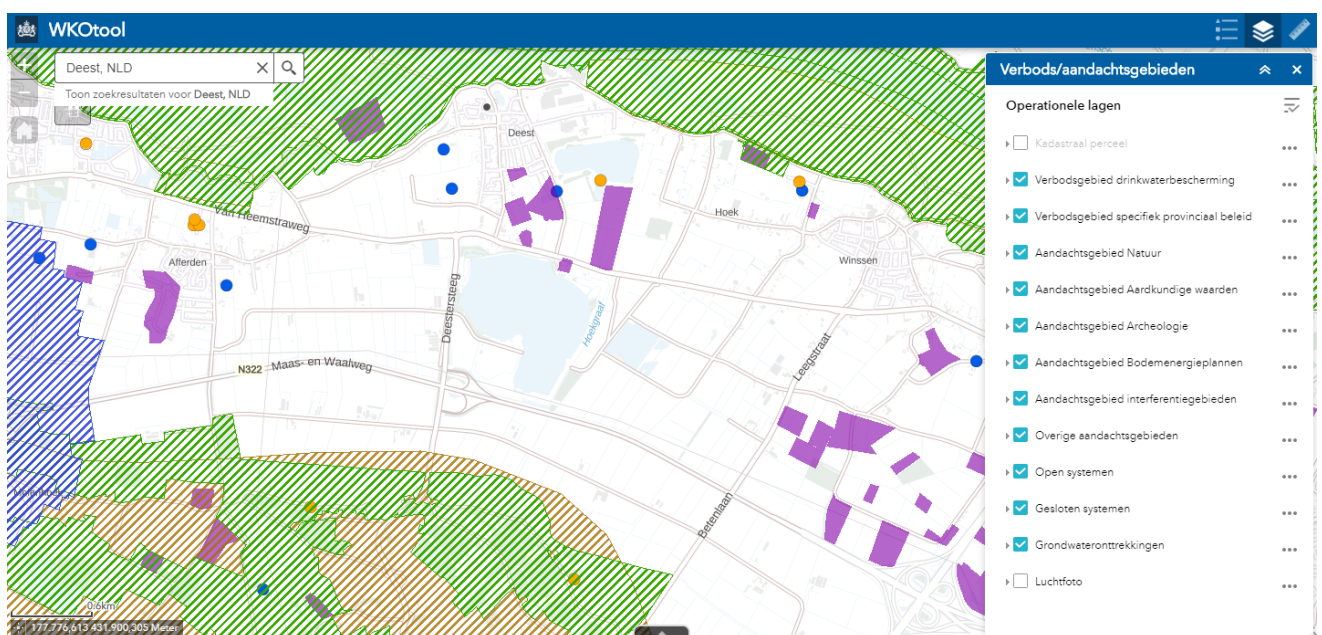


Figuur 38 Verbods- en aandachtsgebieden project Over de Maas

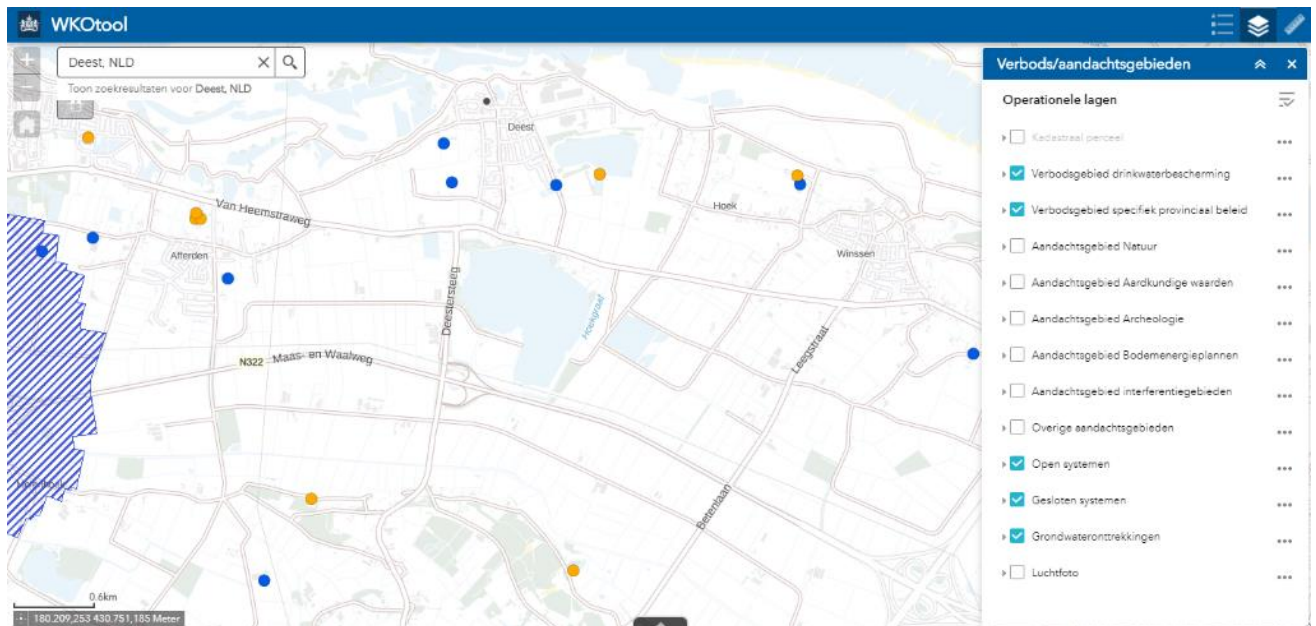


Figuur 39 Ligging bestaande WKO-systemen project Over de Maas

## Geertjesgolf

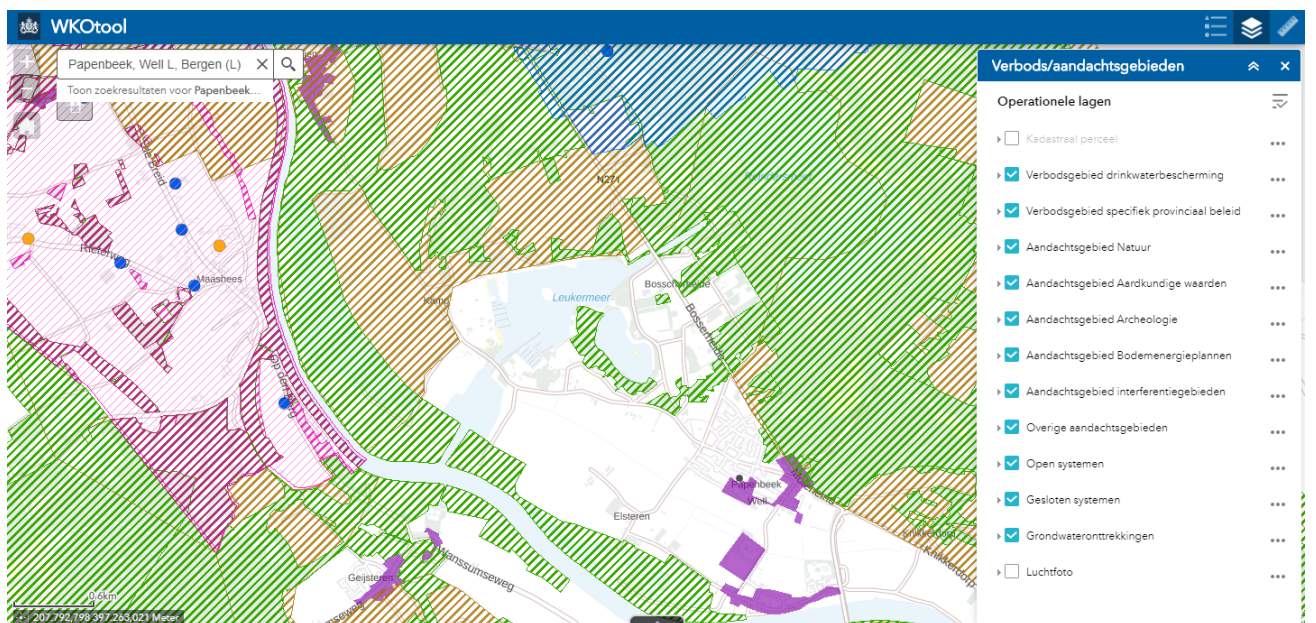


Figuur 40 Verbods- en aandachtsgebieden project Geertjesgolf

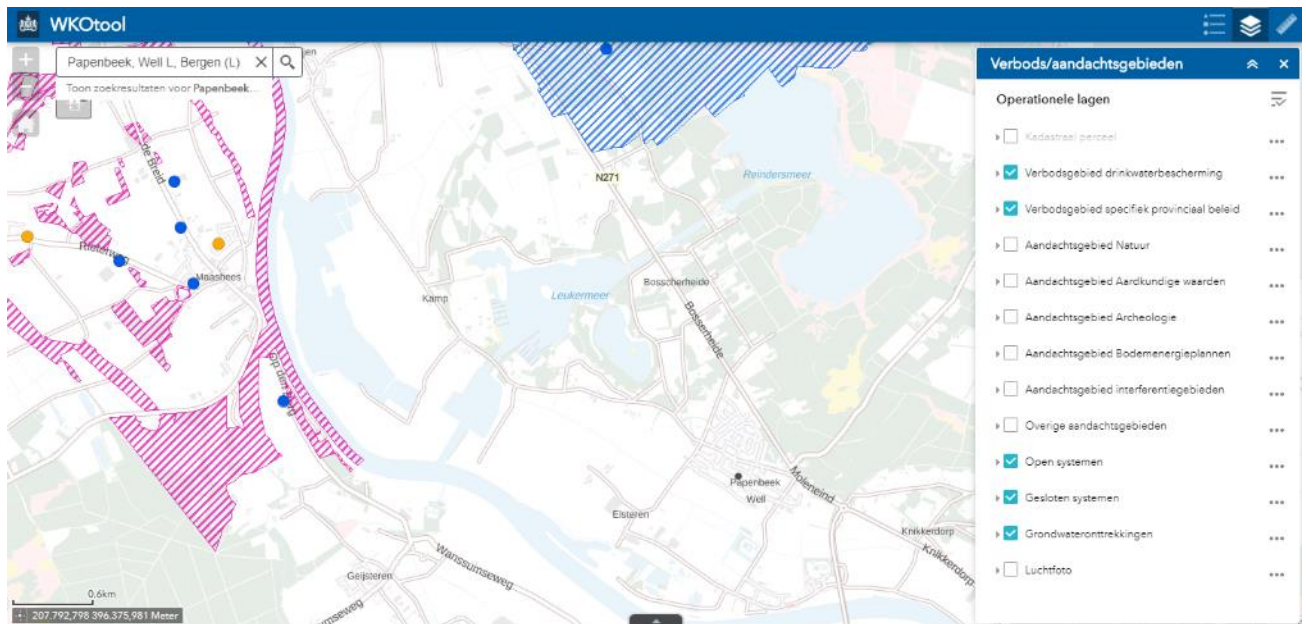


Figuur 41 Ligging bestaande WKO-systemen project Geertjesgolf

## Well Aijen



Figuur 42 Verbods- en aandachtsgebieden project Well Aijen



Figuur 43 Ligging bestaande WKO-systemen project Well Aijen

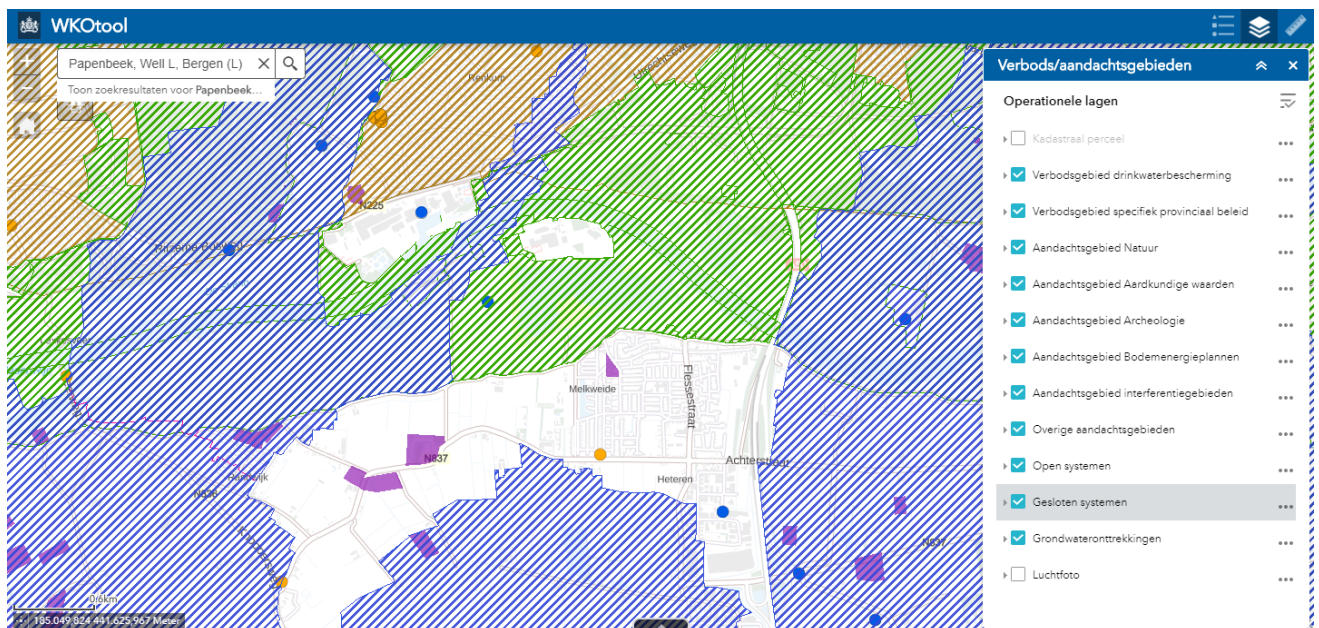
## LGR

Geen informatie.

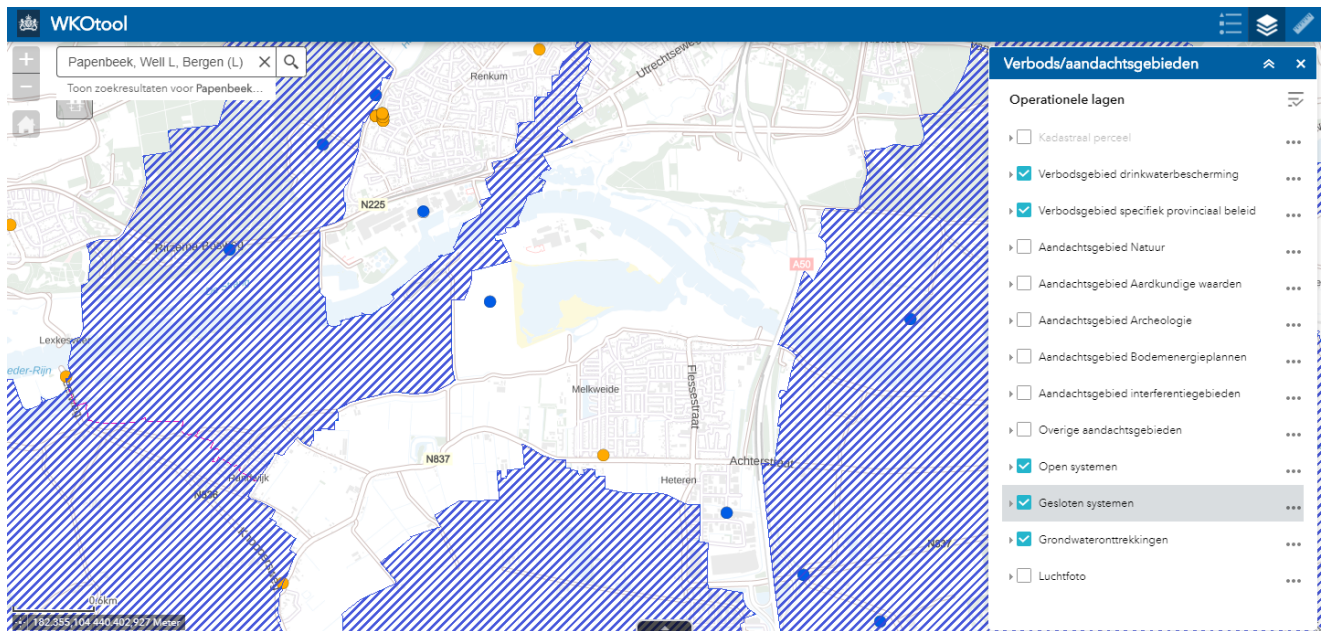
## DMA

Geen informatie.

## Randwijkse waarden

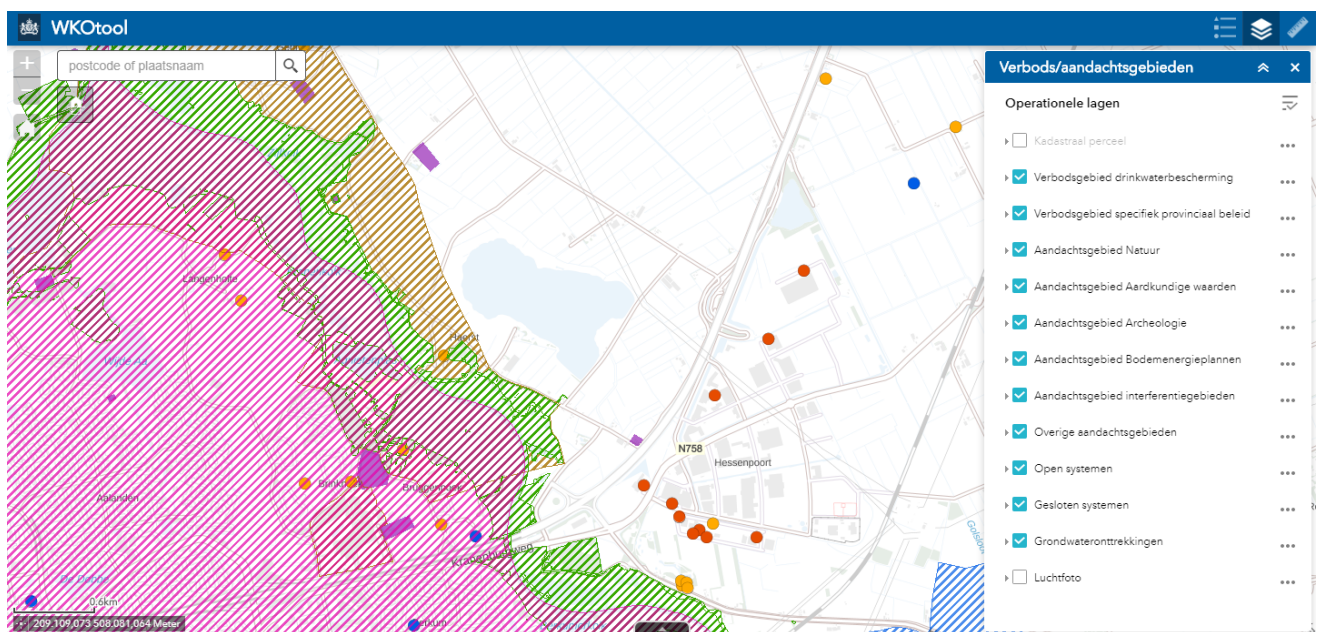


Figuur 44 Verbods- en aandachtsgebieden project Randwijkse waarden

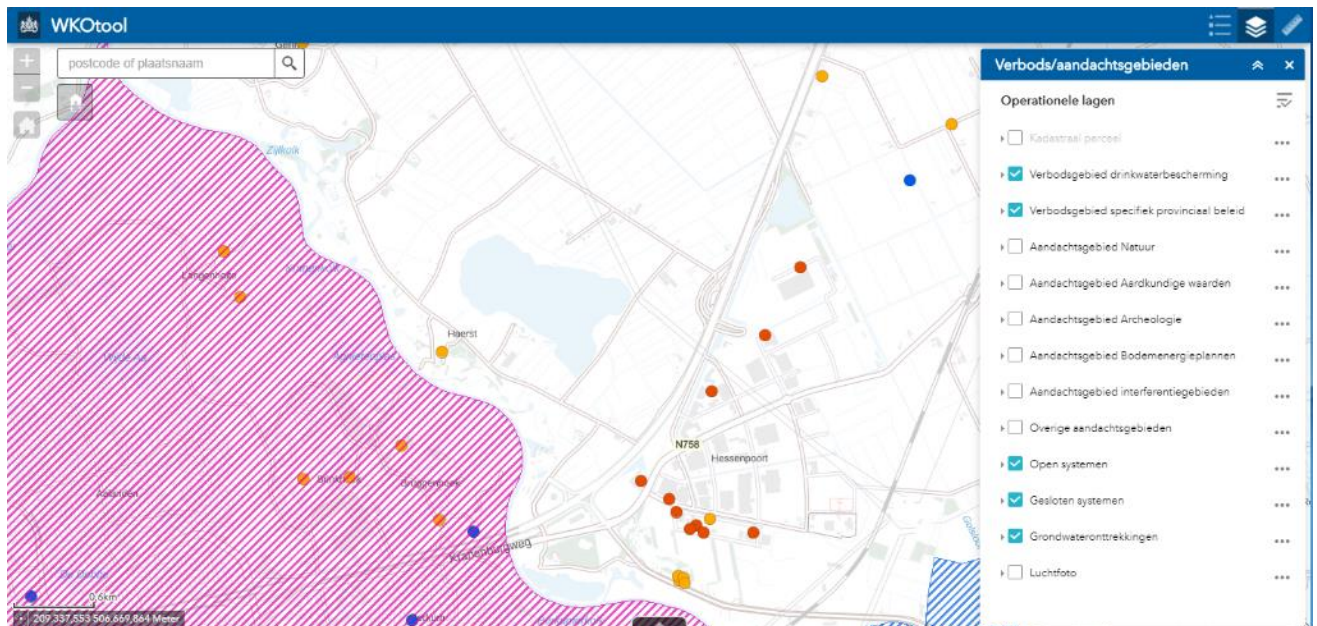


Figuur 45 Ligging bestaande WKO-systemen project Randwijkse waarden

## Bomhofsplas

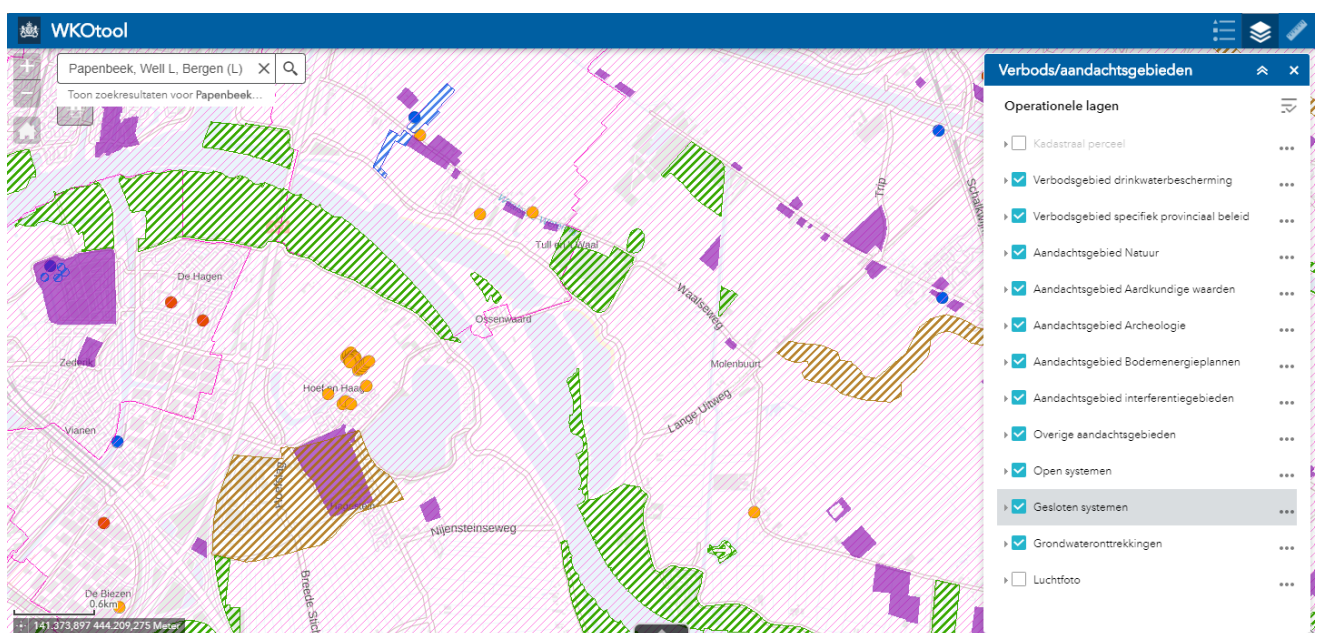


Figuur 46 Verbods- en aandachtsgebieden project Bomhofsplas

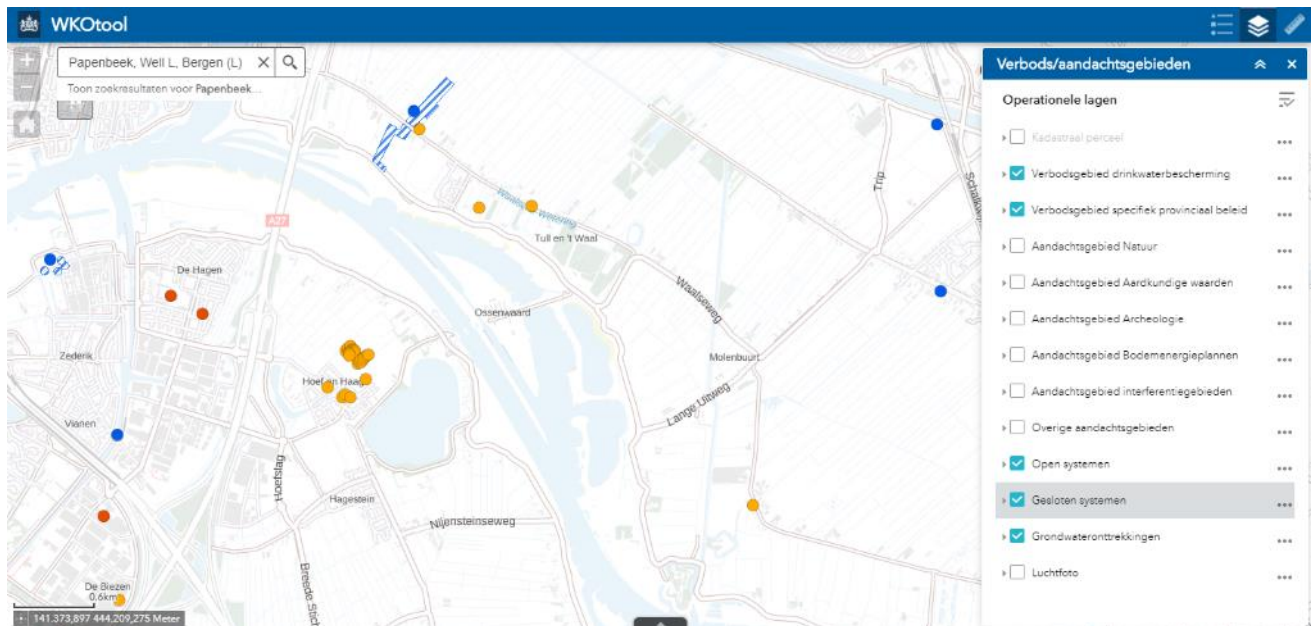


Figuur 47 Ligging bestaande WKO-systemen project Bomhofplas

## Tull en het Waal

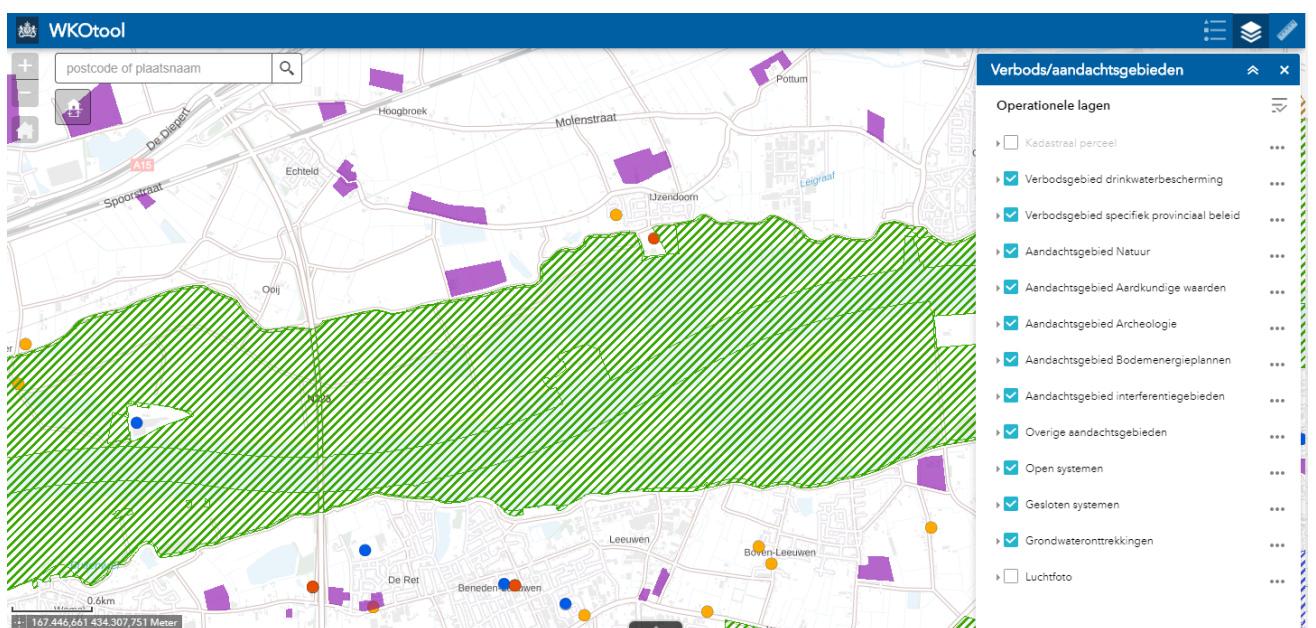


Figuur 48 Verbods- en aandachtsgebieden project Tull en het Waal

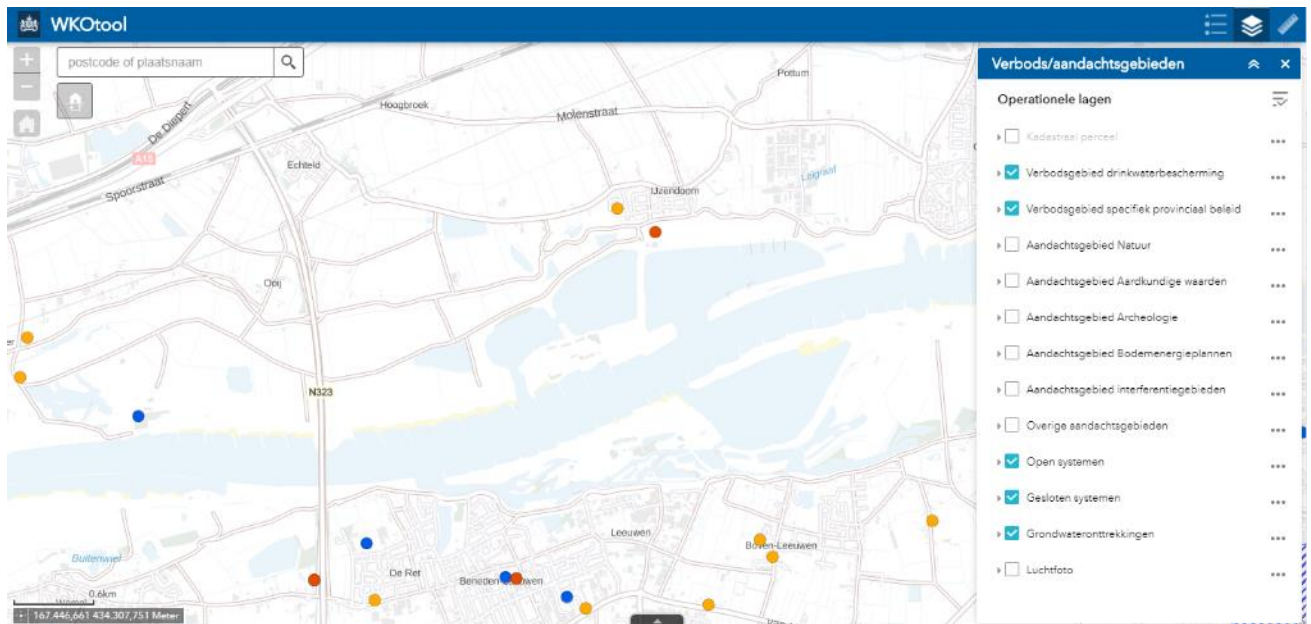


Figuur 49 Ligging bestaande WKO-systemen project Tull en het Waal

## Willemspolder fase 1

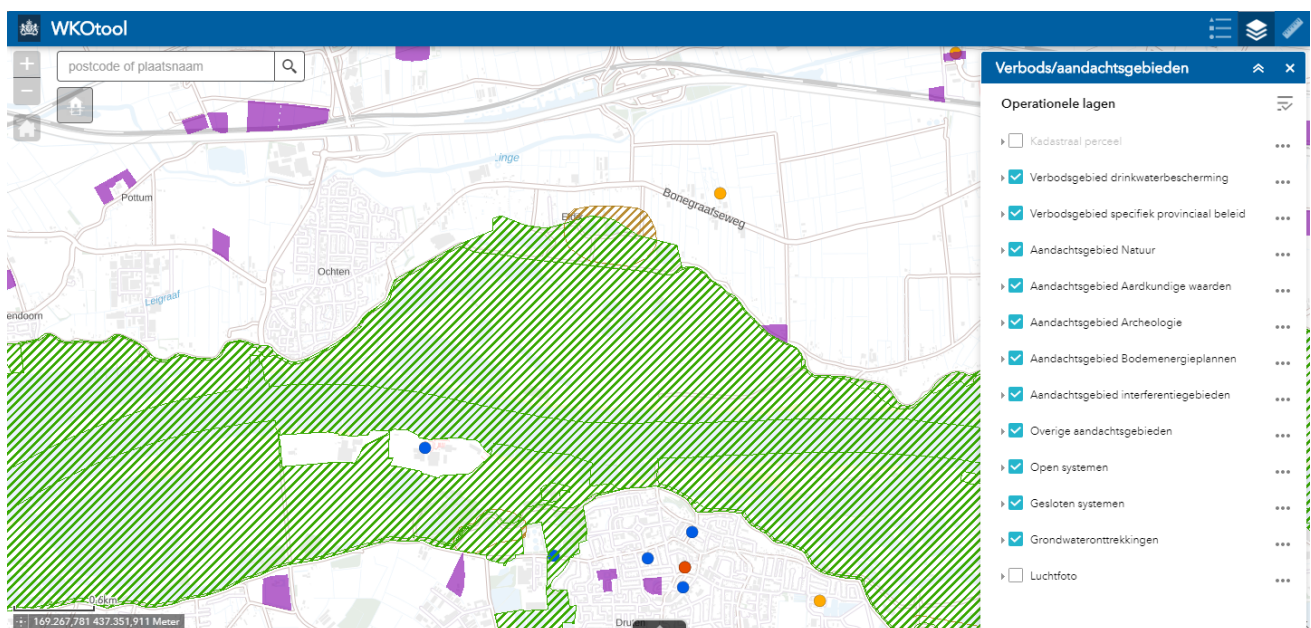


Figuur 50 Verbods- en aandachtsgebieden project Willemspolder fase 1

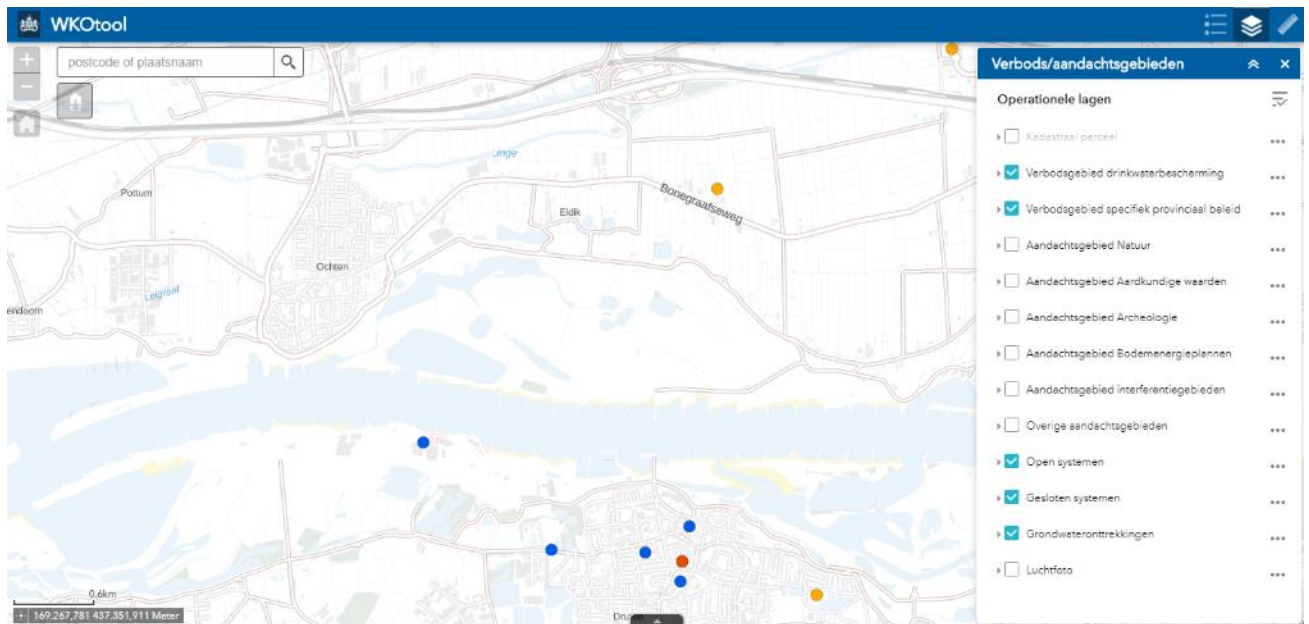


Figuur 51 Ligging bestaande WKO-systemen project Willemspolder fase 1

## Gouverneurspolder

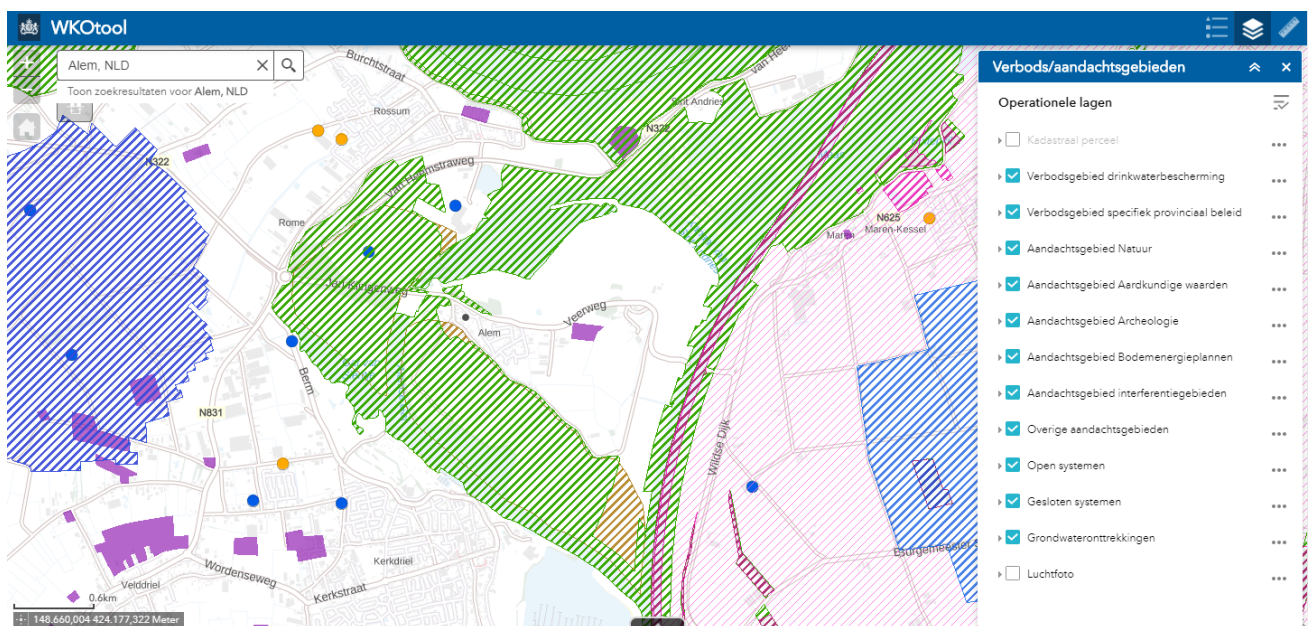


Figuur 52 Verbods- en aandachtsgebieden project Gouverneurspolder

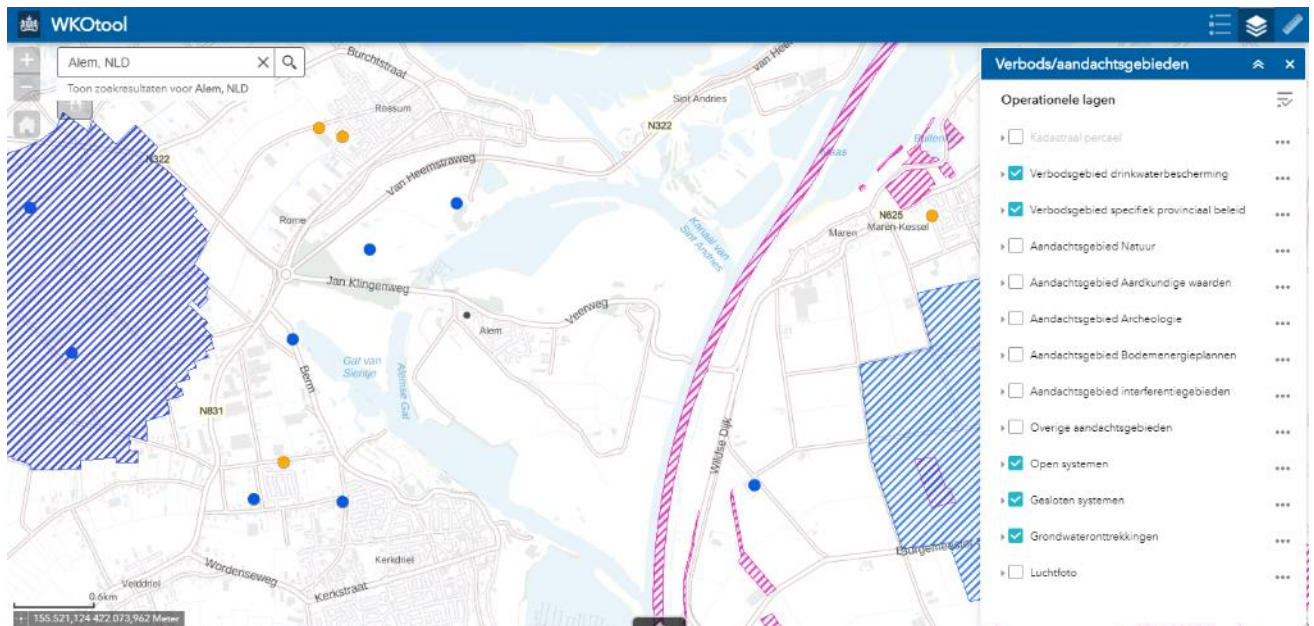


Figuur 53 Ligging bestaande WKO-systemen project Gouverneurspolder

## Alem

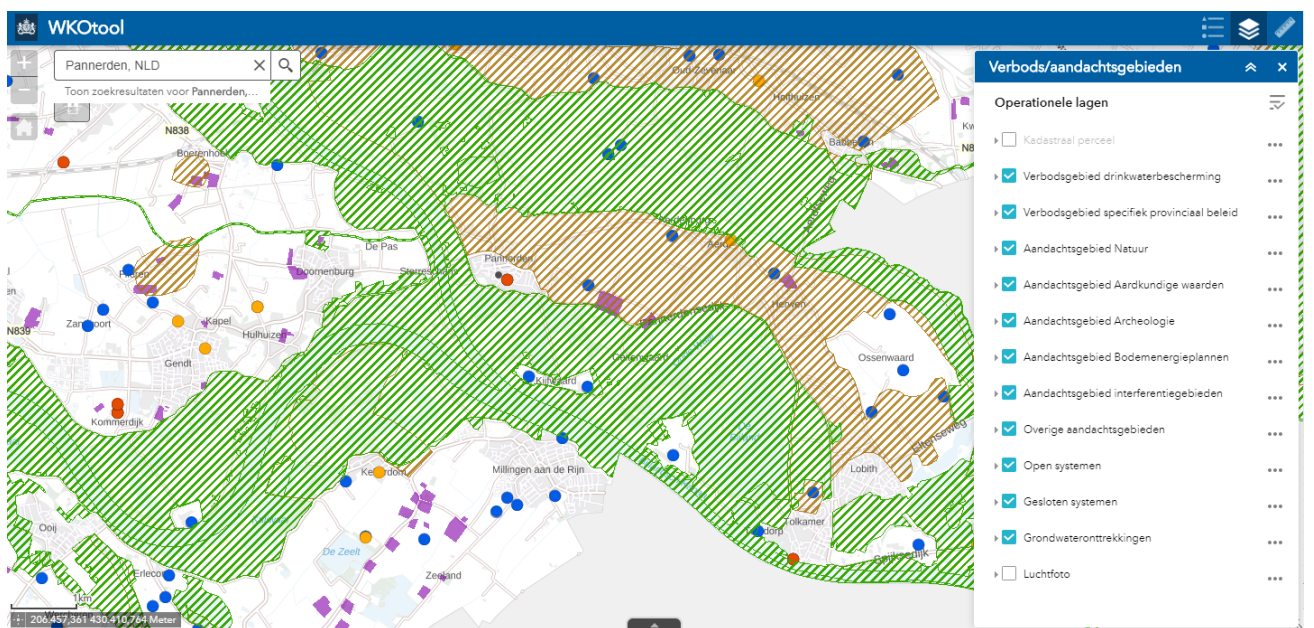


Figuur 54 Verbods- en aandachtsgebieden project Alem

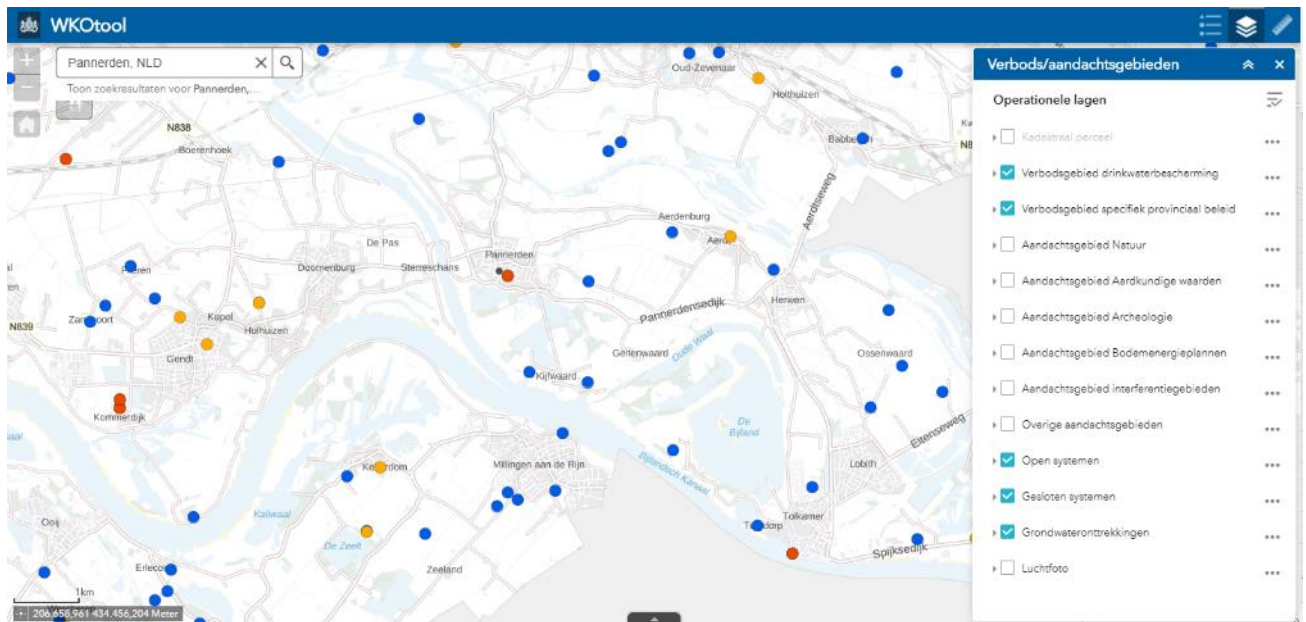


Figuur 55 Ligging bestaande WKO-systemen project Alem

## Lobberdense waard



Figuur 56 Verbods- en aandachtsgebieden project Lobberdense waard



Figuur 57 Ligging bestaande WKO-systemen project Lobberdense waard

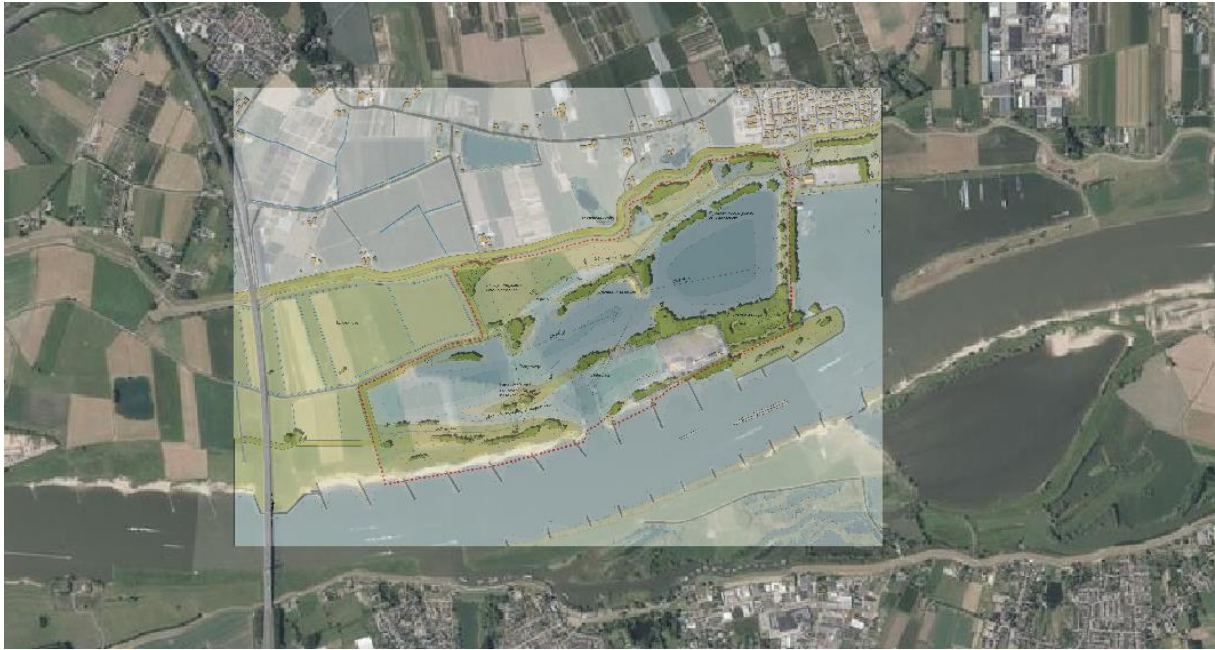
## Bijlage XIV      Pilot Willemspolder fase 1

De Willemspolder fase 1 (hierna Willemspolder) wordt gerealiseerd tussen 2022 en 2032. Het projectgebied is 165 hectare, buitendijks gelegen aan de rechteroever van de Waal tussen Tiel en Ochten, in de gemeente Neder Betuwe (figuur 58). In de uiterwaarden liggen een aantal kleiputten en voormalige zandwinplassen. Met hoogwater fungeert het gebied als stroom- en bergingsgebied, terwijl met laag water het gebied grotendeels wordt gebruikt voor agrarische doeleinden. Mede om de waterafvoer van de Waal te vergroten, heeft Dekker het voornemen om de Willemspolder her in te richten. Middels het winnen van zand, grind en klei wordt het heringericht voor natuurontwikkeling, recreatief gebruik en een verbeterde waterafvoer. Onderstaande informatie is afkomstig van het voorlopige inrichtingsplan dat in mei 2020 bekend was. Hier zijn nog geen optimalisaties op aangebracht, waarbij nog gestuurd kan worden op de TEO-installatie (Van Mierloo & Holtrust-Westerbeek, 2019).

Toekomstige functies Willemspolder, op prioriteit gerangschikt;

- Hoogwaterveiligheid;
  - Deltaprogramma
  - Integraal Riviermanagement
  - Hoogwaterbeschermingsprogramma
- Natuurontwikkeling;
  - Kaderrichtlijn Water (en Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW))
  - Natura 2000
  - Programmatische Aanpak Grote Wateren
  - Gelders Natuurnetwerk en Groene Ontwikkelingszone
- Landschapsontwikkeling & Recreatie
  - Wandelen, fietsen, veldles door plaatselijke basisschool;
- Duurzaamheid & Mobiliteit;
  - Opwekking duurzame energie t.b.v. Regionale Energie Strategie
  - Elektrisch winnen en klasseren t.b.v. CO<sub>2</sub>-reductie
  - Haven met 'Bouwgrondstoffen-HUB' t.b.v. scheepvaarttransport

Zwemmen, duiken, windsurfen worden als activiteiten in de plas gedoogd, maar niet meegenomen in de aanpassing van de inrichting. Deze worden wel als functies in de plas meegenomen bij toepassing van het TEO-systeem, om ongelukken te voorkomen. Ervaring leert hierbij dat zwemmers voornamelijk in het ondiepe deel bij de oever blijven (Van Mierloo & Holtrust-Westerbeek, 2019).



Figuur 58 Nieuwe inrichting Willemspolder fase 1 (QGIS, 2020)

#### XIV.1 Energiepotentieel

De afmetingen en afbeeldingen gebruikt voor het berekenen van het energiepotentieel zijn afkomstig uit een QGIS-model in bezit van Dekker. Zie bijlage III en paragraaf 2.3 voor de onderbouwing van de berekening van volumes en energiepotentieel. Het totale wateroppervlak is 65 hectare, zie figuur 59. Het boven oppervlak van de oost plas is 29 hectare, zie figuur 60 (Van Mierloo & Holtrust-Westerbeek, 2019).



Figuur 59 Totale wateroppervlak Willemspolder fase 1 (QGIS, 2020)



Aangezien de plassen zijn opgedeeld door verondiepte stukken met dammen die deels het water in steken, is voor het koude energiepotentieel in het projectgebied de toekomstige diepte van de oost plas genomen. Door de dammen wordt wateruitwisseling op 18 meter diepte (grotendeels) voorkomen. Deze plas wordt 40 meter diep en heeft het grootste oppervlak (figuur 60), dus het grootste volume. Het volume dieper dan 18 meter is  $3,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

$$3,3 * 10^6 * 998 * 4187 * 6 = 8,27 * 10^{13} J = 8,27 * 10^4 GJ$$

## Warmtewinning

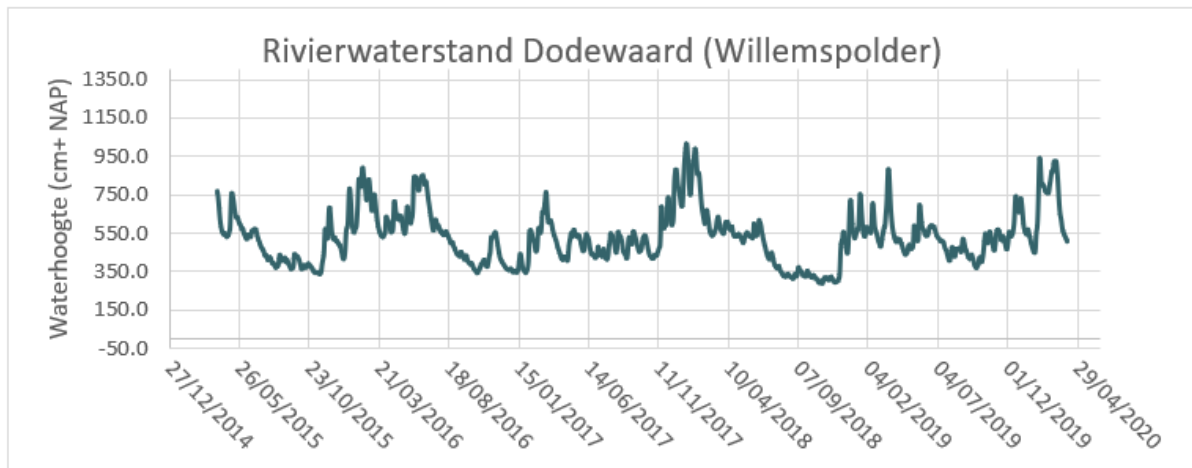
Potentiële warmte-energie:

Pagina 61 van 101

## XIV.2 Hydrologische en ecologische invloeden en gevolgen

### XIV.2.1 Hydrologie

De hydrologische situatie van de Willemspolder is voornamelijk afhankelijk van de Waal. De grondwaterstand en de oppervlaktewaterstand zullen meebewegen met de waterstand in de Waal door de directe oppervlaktewaterverbinding, zie figuur 61, gemeten bij Dodewaard. Bij hoogwater vanaf m+NAP zullen de uiterwaarden van de Willemspolder meestromen met de Waal ten behoeve van de waterafvoer.



Figuur 61 Rivierwaterstand Waal bij Dodewaard (Rijkswaterstaat, 2020)

Implementatie van een TEO-systeem in de diepe plassen van de Willemspolder heeft extra randvoorwaarden door de buitendijkse ligging. De inlaat voor warmtewinning moet dicht onder het wateroppervlak liggen voor optimale temperatuur van het water. Door het grote watersverschil zal deze inlaat flexibel moeten kunnen meebewegen. Dit kan doormiddel van een inlaat onder een drijver, die meegaat met de waterstand. De inlaat voor koudewinning zal dicht bij de bodem zijn en dus niet onder invloed van waterstanden veranderd worden.

Naast de in- en uitlaat is een technische ruimte nodig. Voor de locatie van de technische ruimte buitendijks is ruimte op de verhoging van het hoofdgebouw van Dekker. De pompen en warmtewisselaar zullen in dat geval dus buitendijks geplaatst kunnen worden. Hier is ook de mogelijkheid voor een WKO-installatie. Als buitendijkse plaatsing niet mogelijk is, zal de technische ruimte binnendijks geplaatst moeten worden. In beide gevallen zullen twee buizen door of onder de dijk moeten worden aangebracht.

Doordat de plas in directe verbinding staat met de Waal wordt het water continu in beweging gehouden en ververs. Aangenomen is dat dit een positief effect heeft op de potentieel winbare thermische energie en de natuurlijke lagenopbouw, doordat de Waal gemiddeld 90 dagen per jaar water met een temperatuur van 20°C of meer aanvoert (bijlage IV) en in de winter juist voldoende koud water aanvoert. Een ander voordeel hiervan is dat de kans op thermische verontreiniging en kortsluiting tussen in- en uitlaat kleiner is. Om de kans op thermische kortsluiting nog kleiner te maken, kan de uitlaat ten westen van de strekdammen in de plas worden geplaatst of in de haven van Rijkswaterstaat.

#### XIV.2.2 Ecologie

De huidige plassen in de Willemspolder behoren tot natuurdoeltype 'rivier' en worden omringd door rivier- en beekbegeleidend bos, kruiden- en faunarijk grasland en botanisch waardevol grasland. Het ontwerp voor de Willemspolder heeft als om doel om deze kernkwaliteiten te versterken door het omvormen van agrarisch areaal naar natuur. Verder is de Waal een zeer turbulente rivier met veel vaarbewegingen, waardoor hier weinig ruimte is voor vissen om te paaïen. Deze ruimte wordt gecreëerd in de Willemspolder door ondiepere gedeeltes van de plas (Van Mierloo & Holtrust-Westerbeek, 2019).

Informatie over de huidige stand van zaken van de toestand van de ecologie en waterkwaliteit van de plassen is niet beschikbaar. Aangezien de Willemspolder aangetakt is aan de Waal is gekeken naar de ecologische toestand van de Waal. In 2016 was de stand van vissen en macrofauna ontoereikend en de algemene fysische chemie was goed, maar de toestand van de specifieke verontreinigde stoffen voldoet niet aan de KRW-richtlijnen, zie figuur 62 (Rijkswaterstaat, 2016).

| Eindoordeel |                                     | Toestand 2009                                                                         | Toestand 2015                                                                         | Toestand 2016                                                                       | Prognose 2021                                                                         | Prognose 2027                                                                         |
|-------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Chemie      | Chemie totaal                       |      |  *   |    |    |    |
|             | Ubiquitaire stoffen                 |      |      |    |    |    |
|             | Niet-Ubiquitaire stoffen            |      |  *   |    |    |    |
| Ecologie    | Ecologie totaal                     |  *  |  *  |   |   |   |
|             | Biologie totaal                     |  * |  * |  |  |  |
|             | Fysische chemie                     |    |  * |  |  |  |
|             | Specifieke verontreinigende stoffen |    |  * |  |  |  |

Legenda:  
 - Chemie:  blauw = goed / voldoet  rood = niet goed / voldoet niet  
 - Ecologie:  blauw = zeer goed / voldoet  groen = goed  geel = matig  
 oranje = ontoereikend  rood = slecht / voldoet niet

Figuur 62 Eindoordeel KRW-richtlijnen voor de Bovenrijn en Waal (Rijkswaterstaat, 2016)

Door het implementeren van een TEO-systeem in de diepe plassen van de Willemspolder kan lokaal de temperatuur iets stijgen of dalen. Dit kan effect hebben op de groeisnelheid van de organismen in het water. Daarnaast kan de lokale temperatuursverandering, tot een maximaal verschil van 6°C, effect hebben op de paaitijd van de aanwezige vissen. Ook is er een vergrootte kans op blauwalg als fosfaatrijkwater bovenin de plas wordt teruggeloozd. Bij het teruglozen van de retourstroom is het ook belangrijk dat dit op de juiste diepte gebeurt, omdat er anders een verstoring van de waterlagen kan optreden. Gezien er constant koud water wordt toegevoerd en afgevoerd kan dit effect minder zijn. Om de effecten van warmte en/of koudewinning op de waterkwaliteit en ecologie van de diepe plassen in kaart te brengen is het van belang dat deze aspecten worden gemonitord zowel voor als na de installatie van het TEO-systeem.

## XIV.3 Vraag en financiën

### XIV.3.1 Vraag

De vraag voor de potentiële afnemers bij de Willemspolder is berekend aan de hand van kengetallen over het gas- en elektriciteitsgebruik van verschillende soorten gebouwen. Hiervoor is onder andere het rapport 'Ontwikkeling energie kengetallen utiliteitsbouw' gebruikt. Daarnaast zijn de volgende databases van Nationaal Georegister geraadpleegd voor informatie over de potentiële afnemers:

- Energie uit oppervlaktewater (EOW), warmte – Gemalen, stuwen en diepe plassen van het RVO;
- Energie uit oppervlaktewater (EOW), koude – Gemalen, stuwen en diepe plassen van het RVO.

In tabel 12 is te zien onder welke categorie de potentiële afnemers zijn onderverdeeld. Er is gekozen om de bedrijven die gevestigd zijn op bedrijventerrein de Heuning onder te verdelen in de categorie 'groothandel met koeling'. Hiervoor is gekozen, omdat de bedrijven niet door particulieren worden bezocht, maar wel koeling nodig hebben voor de werknemers en producten.

Tabel 12 Soort afnemer

| Potentiële afnemer          | Soort afnemer                      |
|-----------------------------|------------------------------------|
| Fruitbedrijf van Westreenen | Groothandel met koeling            |
| IJzendoorn                  | Woningen                           |
| Fruity Line                 | Vervaardiging van dranken          |
| Fruitmasters                | Koelhuis                           |
| Ojah B.V.                   | Vervaardiging van voedingsmiddelen |
| Kassen                      | Glastuinbouw                       |
| Bedrijven De Heuning        | Groothandel met koeling            |
| Kantoor Dekker              | Kantoor                            |
| Loods Dekker                | Werkplaats                         |

In tabel 13 is het gas- en elektriciteitsverbruik per categorie weergegeven. De hoeveelheid gas en elektriciteit dat wordt gebruikt voor verwarming en koeling zijn berekend aan de hand van de percentages weergegeven in tabel 14. Voor de berekening van m<sup>3</sup> aardgas en kWh naar GJ zijn de volgende verhoudingen gebruikt;

$$1 \text{ m}^3 \text{ aardgas} = 0,0316 \text{ GJ warmte (Rijkswaterstaat, sd)}$$

$$1 \text{ kWh} = 0,0036 \text{ GJ koude (Energieconsultant, sd)}$$

Zoals in tabel 13 en 14 te zien is staat de categorie 'groothandel met koeling' twee keer vermeld. De rede hiervoor is dat het Fruitbedrijf van Westreenen en de bedrijven op het bedrijventerrein De Heuning beide een ander percentage van hun elektriciteit gebruiken voor het koelen. Daarnaast wordt ervan uitgegaan dat bij Fruitbedrijf van Westreenen geen verwarming plaatsvindt, omdat het koelen van het fruit als primaire gebruiksfunctie wordt gezien. Bij de berekening voor hoeveel van de elektriciteit wordt gebruikt voor de koeling in een koelhuis is uitgegaan van een hoogte van negen meter.

Tabel 13 Warmte en koude gebruik per soort afnemer

|                                                 | Gas                            | Elektriciteit      | Warmte            | Koude             |
|-------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
|                                                 | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> | kWh/m <sup>2</sup> | GJ/m <sup>2</sup> | GJ/m <sup>2</sup> |
| Groothandel met koeling <sup>1</sup>            | 13                             | 131                | -                 | 0,13              |
| Groothandel met koeling <sup>1</sup>            | 13                             | 131                | 0,41              | 0,11              |
| Vervaardiging van voedingsmiddelen <sup>1</sup> | 1390                           | 1601               | -                 | 1,56              |

|                                              |      |                |              |              |
|----------------------------------------------|------|----------------|--------------|--------------|
| <b>Vervaardiging van dranken<sup>1</sup></b> | 1141 | 1057           | -            | 1,03         |
| <b>Glastuinbouw<sup>2</sup></b>              | -    | -              | 0,85         | 0,28         |
|                                              |      | <b>kWh/m3</b>  |              | <b>GJ/m2</b> |
| <b>Koelhuis<sup>3</sup></b>                  |      | 50.2           |              | 1.14         |
|                                              |      | <b>kWh/jr.</b> | <b>GJ/m2</b> | <b>GJ/m2</b> |
| <b>Woningen<sup>4</sup></b>                  |      | -              | 42           | -            |
| <b>Kantoor Dekker<sup>5</sup></b>            |      | 123500         | 338          | 107          |
| <b>Loods dekker<sup>5</sup></b>              |      | 370500         | 667          | -            |

<sup>1</sup> Bron: (Sipma & Rietkerk, 2016)

<sup>2</sup> Bron: (Van der Velden & Smit, 2019)

<sup>3</sup> Bron: (RCC Koude & luchtbehandeling, 2016)

<sup>4</sup> Bron: (Milieu centraal, 2020)

<sup>5</sup> Bron: (Dekker Groep, 2019)

Het kantoor en de loods van Dekker gebruiken alleen elektriciteit voor uit uitvoeren van de benodigde werkzaamheden, het verwarmen en koelen van de ruimtes. Bij het kantoor is ervan uit gegaan dat 24 procent van de elektriciteit wordt gebruikt voor het koelen en de rest voor het verwarmen van het gebouw (Pennartz & Van den Bovenkamp, 2016). Bij de loods wordt ervanuit gegaan dat de helft van de elektriciteit wordt gebruikt voor ruimteverwarming en de andere helft voor het opereren van de machines.

Tabel 14 Percentage gas- en elektriciteitsgebruik voor warmte en koude per soort afnemer

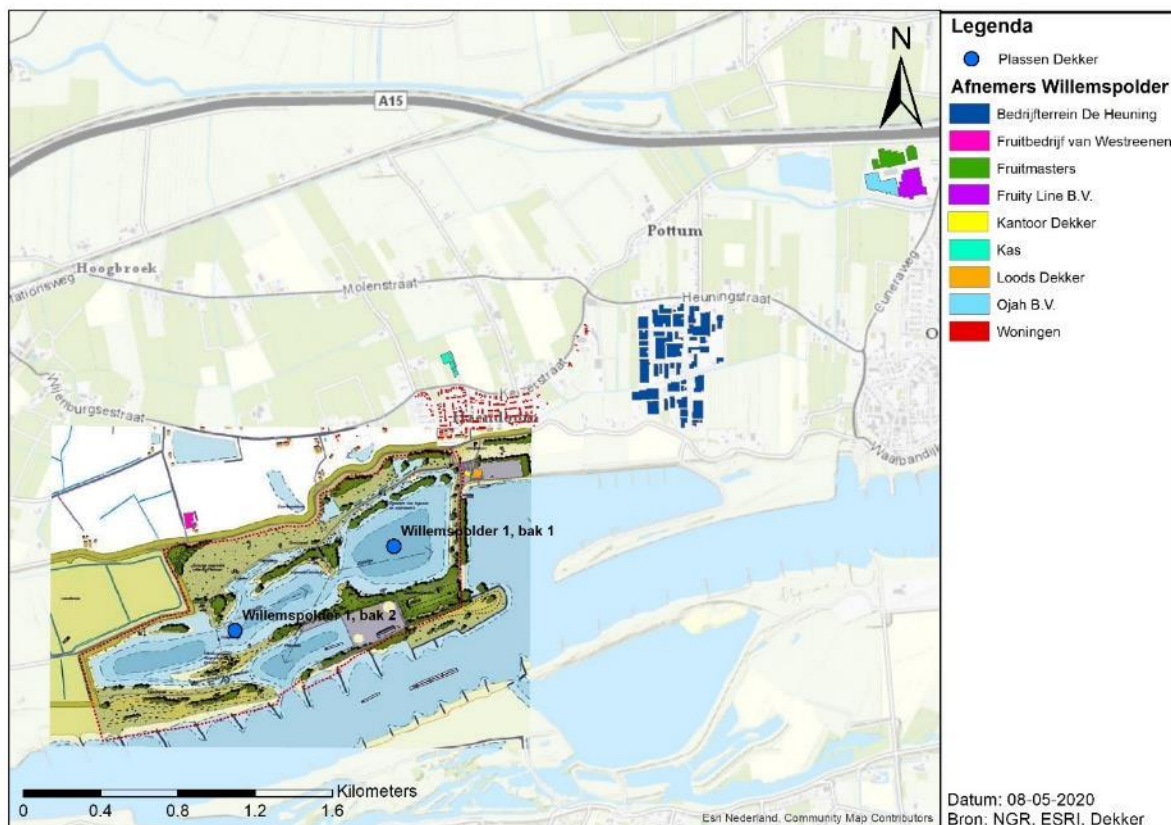
|                                           | % gasgebruik voor warmte <sup>1</sup> | % elektriciteitsverbruik voor koude <sup>2 &amp; 3</sup> |
|-------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| <b>Groothandel met koeling</b>            | -                                     | 27                                                       |
| <b>Groothandel met koeling</b>            | 100                                   | 24                                                       |
| <b>Vervaardiging van dranken</b>          | -                                     | 27                                                       |
| <b>Koelhuis</b>                           | -                                     | 70                                                       |
| <b>Vervaardiging van voedingsmiddelen</b> | -                                     | 27                                                       |
|                                           | % elektriciteitsgebruik voor warmte   | % elektriciteitsverbruik voor koude <sup>2</sup>         |
| <b>Kantoor Dekker</b>                     | 76                                    | 24                                                       |
| <b>Loods Dekker</b>                       | 50                                    | -                                                        |

<sup>1</sup> Bron: (Sipma & Rietkerk, 2016)

<sup>2</sup> Bron: (Pennartz & Van den Bovenkamp, 2016)

<sup>3</sup> (RCC Koude & luchtbehandeling, 2016)

De vraag van de potentiële afnemers voor de Willemspolder zijn weergegeven in tabel 15. Per afnemer zijn de waarden voor de volgende aspecten ingevuld: de afstand bron tot afnemer, het oppervlak, de vraag, de vraagdichtheid en go/no-go. Ondanks de grote afstand tussen de plas en het bedrijventerrein met Fuity Line, Fruitmaster en Ojah B.V zijn ze wel meegenomen in de lijst potentiële afnemers. Deze drie bedrijven zijn groot van omvang en hebben naar verwachting een grote koudevraag die het wel interessant maakt voor de toepassing van koeling uit het TEO-systeem bij de Willemspolder. Zie figuur 63 voor de ligging van de afnemers ten opzichte van de plas.



Figuur 63 Ligging afnemers ten opzicht van de Willemspolder

De vraag is berekend door het oppervlak van de afnemer te vermenigvuldigen met de waarde voor warmte en koude uit tabel 15. De vraagdichtheid is bepaald door zowel de warmte- als koudevraag van alle potentiële afnemers bij elkaar op te tellen en te delen door het oppervlak van het bedrijventerrein Hessenpoort. De warmte- en koudevraag weergegeven in tabel 15 is een inschatting. Voor een vervolgonderzoek wordt aangeraden om de vraag per afnemer exact in kaart te brengen.

De laatste kolom van tabel 15 geeft aan of de afnemer(s) geschikt zijn voor de afname van warmte en/of koude uit de Willemspolder. Fruitbedrijf van Westreenen en de kassen zijn niet geschikt door de afwezigheid van meer afnemers in de buurt. Dit is niet wenselijk door de grote afhankelijkheid van de vraag van deze ene afnemer. Bij meerdere afnemers is een verandering minder erg dan bij een TEO-systeem dat maar draait op één afnemer. Het Dekker hoofdkantoor en loods zijn wel geschikt mits ze in combinatie met een andere afnemer zoals IJzendoorn worden toegepast. Het bedrijventerrein met Fruity Line, Fruitmaster en Ojah B.V. en bedrijventerrein De Heuning zijn de meest kansrijke afnemers, door de grote vraag en groot aantal bedrijven bij elkaar.

Tabel 15 Warmte- en koudevraag per potentiële afnemer

| Afnemer                            | Afstand (m) | Oppervlak (m2) | Warmte-vraag (GJ/jr.) | Koude-vraag (GJ/jr.) | Dichtheid vraag (GJ/ha/jr.) | Go/ no-go |
|------------------------------------|-------------|----------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|-----------|
| <b>Fruitbedrijf van Westreenen</b> | 900         | 3800           | -                     | 484                  | 1273                        | No-go     |
| <b>IJzendoorn (267 woningen)</b>   | 600         | 135221         | 11214                 | -                    | 829                         | Go        |
| <b>Bedrijventerrein</b>            | -           | 113222         | -                     | -                    | 4669                        | Go        |
| <b>&gt; Fruity Line</b>            | 3600        | 16199          | -                     | 16643                | -                           | -         |

|                                    |      |        |       |       |       |       |
|------------------------------------|------|--------|-------|-------|-------|-------|
| > Fruitmasters                     | 3800 | 14924  | -     | 16992 | -     | -     |
| > Ojah B.V.                        | 3600 | 12358  | -     | 19231 | -     | -     |
| <b>Kassen</b>                      | 800  | 4235   | 3600  | 1169  | 11260 | No-go |
| <b>Bedrijventerrein De Heuning</b> | -    | 265251 | -     | -     | 1891  | Go    |
| > alle bedrijven                   | 1600 | 95593  | 39326 | 10820 | -     | -     |
| <b>Dekker</b>                      | -    | 4749   | -     | -     | 2341  | Go    |
| > Dekker kantoor                   | 400  | 517    | 338   | 107   | -     | -     |
| > Dekker loods                     | 450  | 1837   | 667   | -     | -     | -     |

Een interessante meekoppelkans die mogelijk prijs verlagend kan zijn is de rioleringsvervanging in IJendoorn over vijf jaar. Daarnaast zijn er ook ideeën om de plaatsen in Neder-Betuwe groener te maken, maar hiervoor is nog geen plan en tijdlijn beschikbaar. Verder zijn Ojah B.V., Fruity Line en Fruitmaster allemaal bezig om hun bedrijf duurzamer te maken. Hierdoor is er een grotere kans op samenwerking (Van den Berg, 2020; Fruit Masters., sd; FruityLine, sd; Ojah, sd).

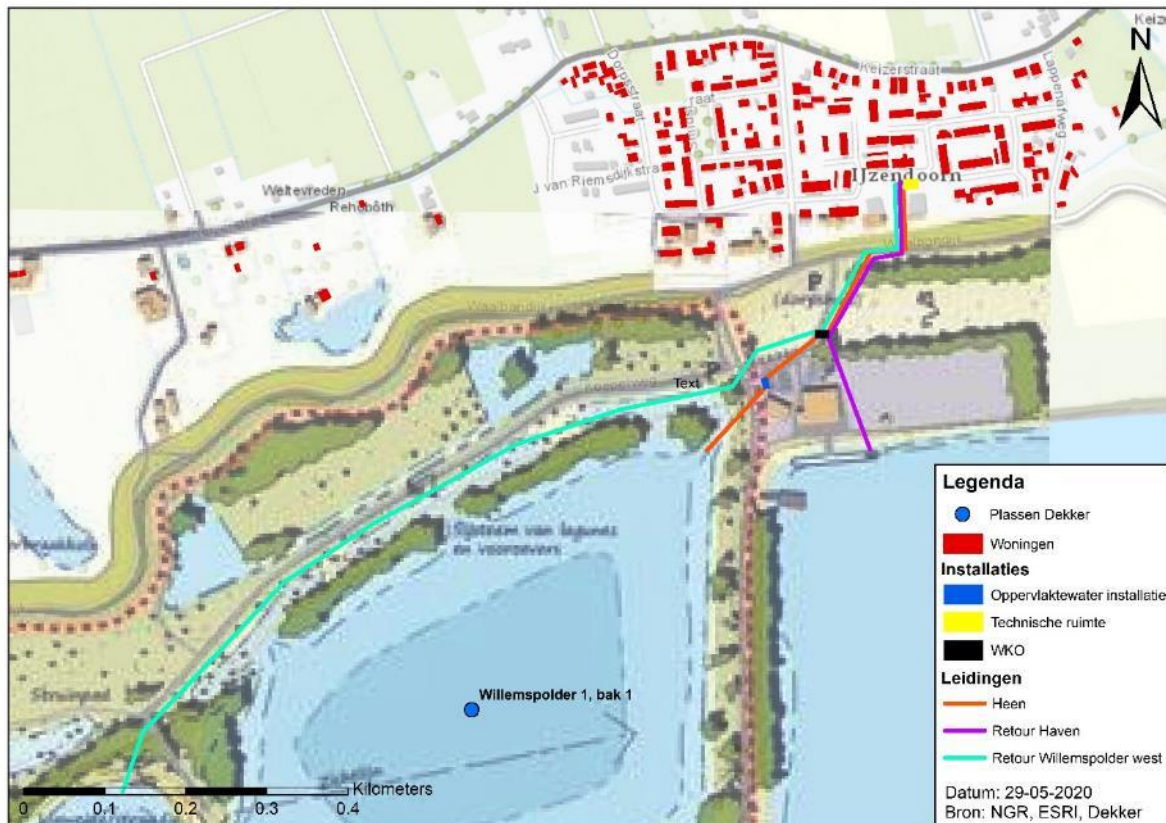
#### XIV.3.2 Financiën

Aan de hand van de gegevens uit de vorige paragraaf en hoofdstuk 4 zijn de investerings-, onderhoudskosten en opbrengsten berekend voor een TEO-systeem bij de Willemspolder. Dit is gedaan om een indicatie te kunnen geven in de kosten die komen kijken bij de toepassing van een TEO-systeem bij de Willemspolder. Voor deze berekeningen is IJendoorn als afnemer gekozen. De rede hiervoor is dat de informatie die bekend is over de kosten gaan voornamelijk over warmtewinning en -levering en in mindere mate over koude. Daarnaast maakt de korte afstand tussen IJendoorn en de Willemspolder het interessant.

In tabel 16 zijn verschillende waarden weergegeven waarmee de CAPEX, OPEX en opbrengsten zijn berekend. Het aantal woningen en de totale warmtevraag van IJendoorn is afkomstig uit de bovenstaande paragraaf. In figuur 64 zijn de mogelijke locaties van de oppervlaktewater installatie, de WKO en technische ruimte weergegeven. IJendoorn heeft geen winkelcentrum of centraal plein, daarom is de technische ruimte geplaatst op het terrein van het dorpshuis. Tussen deze drie locaties zijn leidingen getrokken. Waar het kon zijn de leidingen naast elkaar en niet onder gebouwen door getekend. Zoals in figuur 64 te zien is, zijn twee retourleidingen getekend. Hiervoor is kozen om in beeld te brengen wat het verschil is in kosten tussen de twee lozingspunten.

Tabel 16 Basisinformatie Willemspolder fase 1

|                                            | Eenheid | Waarde |
|--------------------------------------------|---------|--------|
| <b>Aantal woningen/aansluiting</b>         | -       | 267    |
| <b>Totale warmtevraag</b>                  | GJ      | 11214  |
| <b>Leidingen totaal haven</b>              | m       | 787    |
| <b>Leidingen totaal Willemspolder west</b> | m       | 1713   |



Figuur 64 Mogelijke locatie leidingen en installaties Willemspolder fase 1

In de kolom 'kosten per eenheid' in tabel 17 en 18 zijn de gemiddelden waarden genomen van de waarden benoemd in hoofdstuk 4. Voor de post 'ongeisoleerde leiding' is de waarde €100 per meter ingevuld, omdat deze leidingen in het buitengebied gelegd zullen worden waardoor de kosten lager zijn (Bloemers, 2020).

Tabel 17 weergeeft de investeringskosten voor het aanleggen van een TEO-systeem bij de Willemspolder en IJendoorn en het aanleggen van de retourleidingen naar de haven. De totale investeringskosten bedragen ongeveer €1,2 miljoen. In de onderstaande tabel zijn de kosten voor het distributienet en afgiftesysteem niet meegenomen, omdat ze niet typerend zijn voor TEO. Daarnaast kunnen de kosten met de werkelijke kosten verschillen, doordat kosten voor ontwerp & advies en onvoorzien niet zijn meegenomen. De subsidies zijn ook niet meegenomen in de berekeningen. Als wordt geloosd op de Willemspolder west zullen de investeringskosten oplopen tot €1,3 miljoen. Dit verschil wordt veroorzaakt door de extra lengte van de ongeisoleerde leidingen.

Tabel 17 Investeringskosten Willemspolder fase 1

|                                     | Eenheid    | Kosten per eenheid | Eenheid | Totaal kosten |
|-------------------------------------|------------|--------------------|---------|---------------|
| <b>Oppervlaktewater-installatie</b> | €          | 120000             | €       | 120000        |
| <b>Ongeisoleerde leiding</b>        | €/m        | 100                | €       | 78693         |
| <b>WKO</b>                          | €/(GJ/jr.) | 40                 | €       | 448560        |
| <b>Warmtepompen</b>                 | €/(GJ/jr.) | 45                 | €       | 504630        |
| <b>Warmtewisselaar</b>              | €/(GJ/jr.) | 2,75               | €       | 30839         |
| <b>Totaal</b>                       |            |                    | €       | 1182722       |

In tabel 18 zijn de onderhoudskosten weergegeven voor de bovenstaande beschreven situatie met de retourleidingen naar de haven. De totale onderhoudskosten zijn ongeveer €132.000 per jaar. Als de lozing van het retour water gebeurt in de Willemspolder west zullen de onderhoudskosten €135.000 per jaar bedragen. Dit verschil wordt net zoals bij de investeringskosten veroorzaakt door de extra lengte van de retourleidingen. Het aanleggen van de retourleidingen naar de haven heeft een financieel voordeel op het aanleggen naar de Willemspolder west. Daarnaast is door de lozing op de haven geen kans op thermische kortsluiting.

Tabel 18 Onderhoudskosten Willemspolder fase 1

|                                                 | Eenheid    | Kosten<br>per<br>eenheid | Eenheid | Totaal kosten |
|-------------------------------------------------|------------|--------------------------|---------|---------------|
| <b>Oppervlaktewater-<br/>installatie</b>        | €/(GJ/jr.) | 0,75                     | €/jr.   | 8411          |
| <b>Ongeïsoleerde leiding</b>                    | €/m        | 2,5                      | €/jr.   | 1967          |
| <b>WKO</b>                                      | €/(GJ/jr.) | 1,25                     | €/jr.   | 14018         |
| <b>Warmtepompen</b>                             | €/(GJ/jr.) | 1,5                      | €/jr.   | 16821         |
| <b>Warmtewisselaar</b>                          | €/(GJ/jr.) | 0,065                    | €/jr.   | 729           |
| <b>Elektriciteit pompen en<br/>installaties</b> | €/(GJ/jr.) | 8,05                     | €/jr.   | 90273         |
| <b>Totaal</b>                                   |            |                          | €       | 132218        |

De opbrengsten voor het leveren van warmte aan IJendoorn zijn weergegeven in tabel 19. De waarden in de kolom 'kosten per eenheid' zijn afkomstig uit paragraaf 4.3. De totale opbrengsten per jaar zijn ongeveer €423.000,-. De kosten per huishouden zullen, zoals in paragraaf 4.3 benoemd, €1590.32 per jaar bedragen. Deze opbrengsten kunnen verschillen met de werkelijk situatie doordat tijdens de berekeningen vanuit is gegaan dat alle woningen in IJendoorn zullen aansluiten op het warmtenet en ieder een vraag heeft van 42 GJ. De investeringskosten en de onderhoudskosten kunnen hierdoor in de werkelijk situatie ook verschillen met de waarden benoemd in deze paragraaf.

Tabel 19 Opbrengsten Willemspolder fase 1

|                      | Eenheid  | Kosten<br>per<br>eenheid | Eenheid | Totaal kosten |
|----------------------|----------|--------------------------|---------|---------------|
| <b>Kosten per GJ</b> | €/GJ     | 26,06                    | €/jr.   | 292237        |
| <b>Vastrecht</b>     | €/woning | 469,17                   | €/jr.   | 125268        |
| <b>Meettarief</b>    | €/woning | 26,63                    | €/jr.   | 7110          |
| <b>Totaal</b>        |          |                          | €/jr.   | 424615        |

## Bijlage XV Pilot Bomhofspas

De Bomhofspas is in realisatie tot en met 2028. Het projectgebied is 65 hectare groot, gelegen ten noordoosten van Zwolle. De diepe plas is binnendijs gesitueerd en wordt, door de afwezigheid van connectie met ander oppervlaktewater, als losstaande plas beschouwd. Het projectgebied wordt omringt door agrarische gebied, de rivier de Vecht en snelweg A28. De plas heeft geen belangrijke recreatieve, natuur of waterbergingsfunctie en is al zestien jaar in gebruik als zandwinning voor de omgeving van Zwolle. Sinds 2020 is een drijvend zonnepanelen park gelegen op de plas, zie vlak in figuren 65 en 66. Middels het winnen van zand, wordt het heringericht door Dekker voor natuurontwikkeling en recreatief gebruik (Dekker Groep, sd).



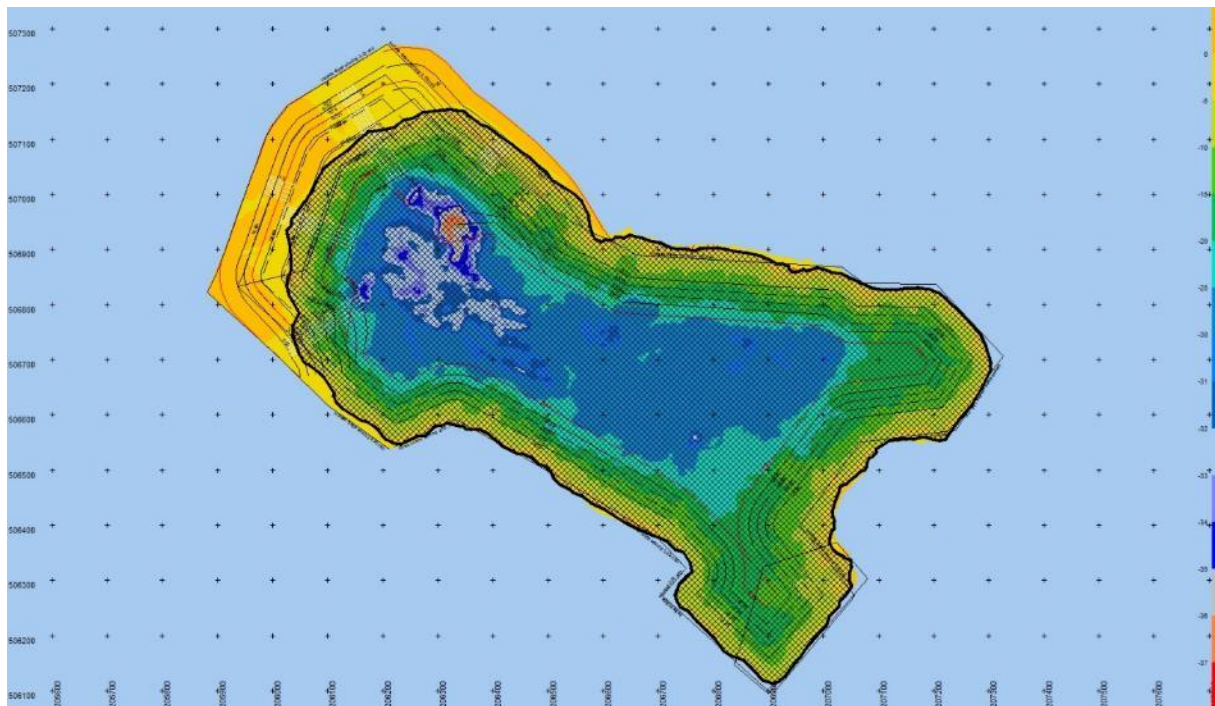
Figuur 65 Toekomstige inrichting Bomhofspas (SWECO, 2018)



Figuur 66 Huidige inrichting Bomhofspas (Rotman, 2020)

## XV.1 Energiepotentieel

De afmetingen voor het berekenen van het energiepotentieel van de Bomhofsplas zijn afkomstig uit de rapporten Geohydrologisch onderzoek verondieping en Oppervlaktewaterkwaliteit verondieping Bomhofsplas. Diepte in de toekomstige situatie is te zien in figuur 67 (SWECO, 2018; SWECO, 2017).



Figuur 67 Diepte Bomhofsplas in toekomstige situatie (SWECO, 2018)

### Koudewinning

Voor de berekening van de koudewinning is rekening gehouden met een verondiept gedeelte van de Bomhofsplas. Voor dit gedeelte is slechts vijftig procent van het volume gebruikt voor de berekening van koudewinning aan te houden op basis van de hellingshoek (1:4) en locatie. De plas heeft een maximale diepte van 30 meter. Het watervolume dieper dan 18 meter is  $6,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

Potentiële koude-energie;

$$6,8 \cdot 10^6 \cdot 998 \cdot 4187 \cdot 6 = 17,05 \cdot 10^{13} \text{ J} = 17,05 \cdot 10^4 \text{ GJ}$$

### Warmtewinning

Het oppervlak van de diepe plas is ongeveer 65,5 hectare, waarvan de bovenste 4 meter gebruikt kan worden voor warmtewinning. De warmte-energie in de Bomhofsplas wordt niet beïnvloed door in- of uitstroming van oppervlaktewater en staat daardoor enkel onder atmosferische invloeden. Deze invloeden en de mogelijke temperatuurverlaging tot 6 °C van het wateroppervlak zijn meegenomen in de formule.

Potentiële warmte-energie;

$$(15 \cdot 10^6 \cdot 655000 \cdot 100) + (655000 \cdot 4 \cdot 998 \cdot 4187 \cdot 6) = 1,1 \cdot 10^{15} \text{ J} \\ = 1,1 \cdot 10^6 \text{ GJ}$$

### **Drijvende zonnepanelen**

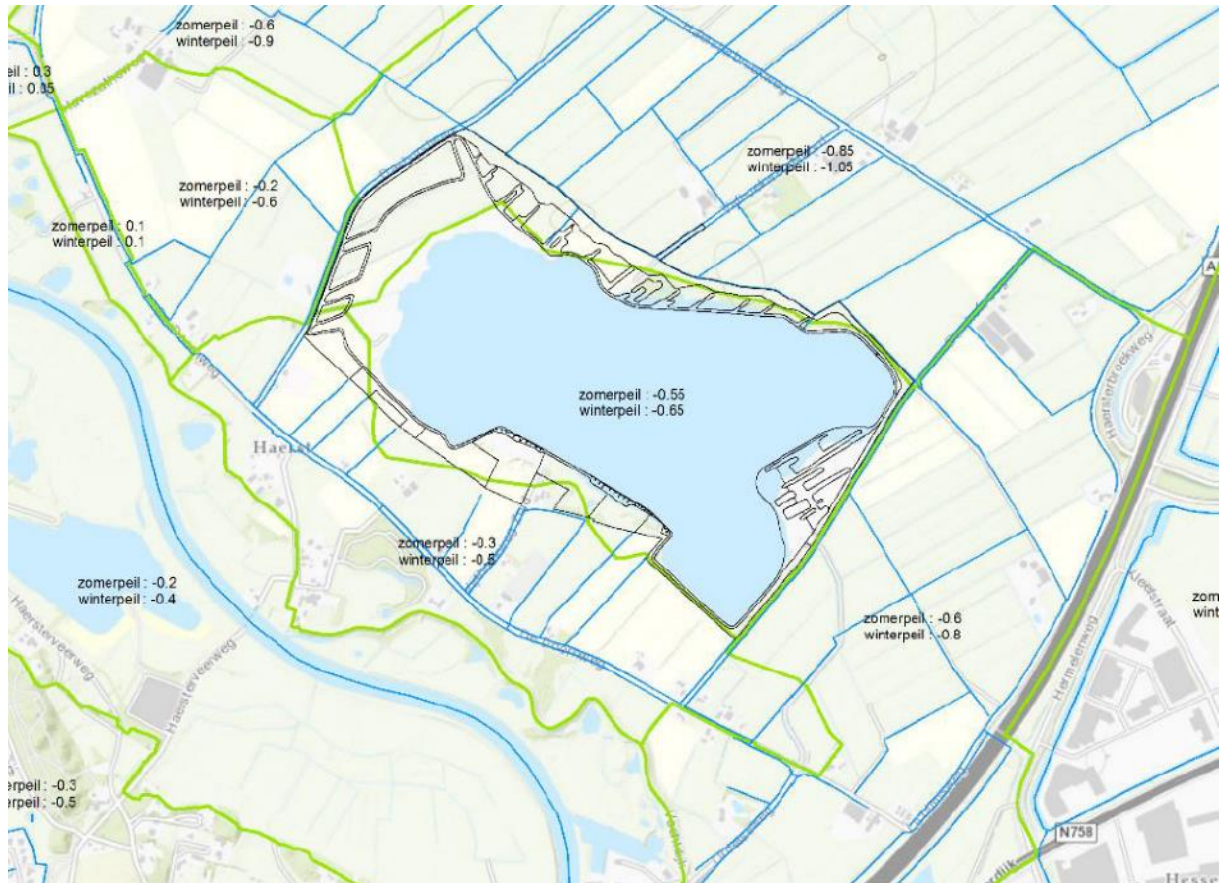
Deel warmte kan worden weggenomen door de zonnepanelen op de plas die 18,75 hectare beslaat. Deze halen de zoninstraling weg. Het water zorgt volgens TNO voor een natuurlijke koeling van de panelen, wat zou betekenen dat de zonnepanelen ook weer warmte aan het water kunnen leveren. Dit komt doordat de panelen een hoge temperatuur bereiken en vlak boven het wateroppervlak liggen (TNO, sd) . Onderzoek naar de gevolgen van drijvende zonnepanelen voor de temperatuur, ecologie en hydrologie wordt momenteel uitgevoerd door het Nationaal Consortium Zon op Water (RTV Oost, 2020; Van Dongen, 2019; H2O waternetwerk, 2019). Maximale hoeveelheid zonne-energie die kan worden tegengehouden door de zonnepanelen is:

$$(15 * 10^6 * 187500 * 100) = 2,8 * 10^{14} \text{ J} = 0,28 * 10^6 \text{ GJ}$$

## XV.2 Hydrologische en ecologische invloeden en gevolgen

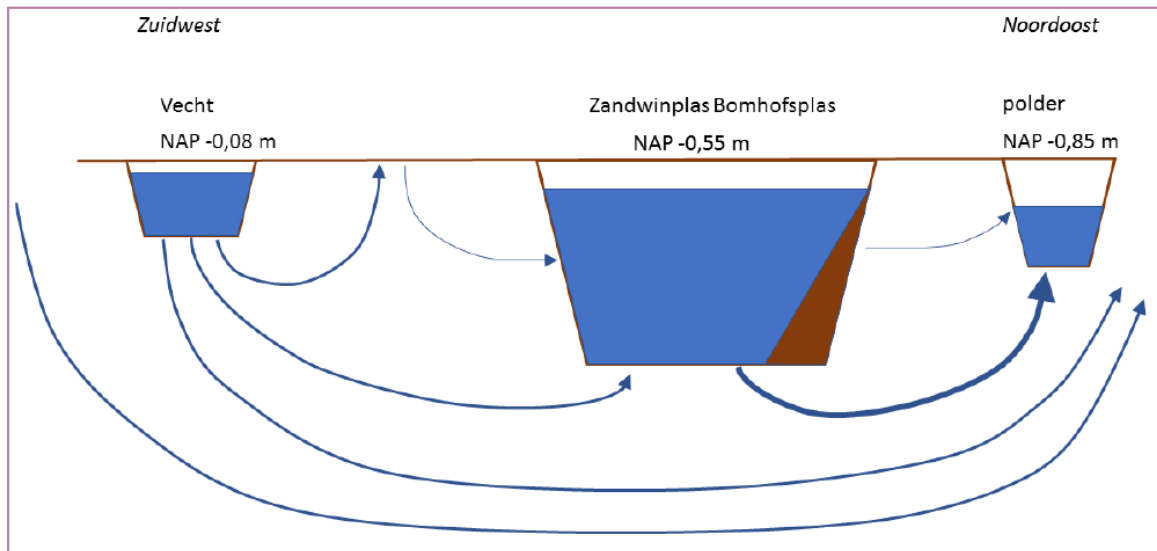
### XV.2.1 Hydrologie

De Bomhofsplas is een op zichzelf staande plas, zonder invloed van omliggend oppervlaktewater (SWECO, 2018). Het zomerpeil en winterpeil wordt beheerd door een stuw van Waterschap Drents Overijsselse Delta. Het zomerpeil is -0,55 m-NAP en winterpeil is -0,65m-NAP en is een apart polderpeilgebied, zie figuur 68. De gebieden aan de noord- en oostzijde hebben een lager zomer- en winterpeil dan in de plas. De west- en zuidzijde zijn hoger.

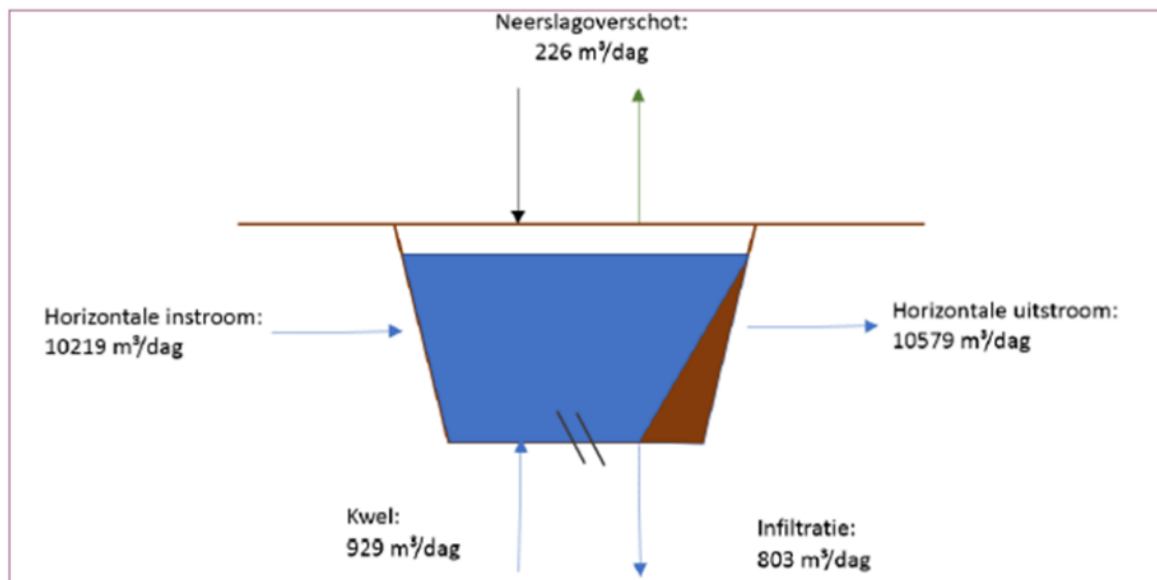


Figuur 68 Waterpeil Bomhofsplas (SWECO, 2018)

Het verschil in polderpeil is voornamelijk afhankelijk van de grondwaterstromen in het gebied. De grondwaterstroom loopt van de rivier de Vecht naar het noorden, zie figuur 69 voor een schematische weergave.



Figuur 69 Grondwaterstromingen van en naar de Bomhofspas (SWEKO, 2018)



Figuur 70 Waterbalans Bomhofspas (SWEKO, 2018)

Het toepassen van een TEO-installatie in de Bomhofspas zal naar verwachting niet tot grote hydrologische veranderingen leiden. Zolang de waterbalans gesloten blijft, zal geen aantrekkende werking op het grondwater optreden, figuur 70 voor grondwaterstromen (SWEKO, 2018).

Door de geringe peilverschillen tussen zomer- en winterpeil hoeft hier geen rekening mee te worden gehouden voor de inlaat van de warmtewinning. Zoals te zien in figuur 70 is een deel van de plas verondiept (bruine gedeelte), waar de plas dus niet voldoende diep zal zijn voor de inlaat van de koudewinning.

Door de aanwezig stuw kan het TEO-systeem *Smart polder* worden toegepast bij de Bomhofspas. Gevaar hierbij is dat de ongesloten waterbalans een aantrekkende werking kan hebben op grondwater uit de omgeving. Effecten hiervan op de kwantiteit en kwaliteit van het grondwater dienen nader onderzocht te worden. Voordeel van deze toepassing is dat er geen thermische verontreiniging tussen in- en uitlaat kan ontstaan, door de stuw als barrière.

### XV.2.2 Ecologie

De Bomhofspas is een plas in ontwikkeling en is nog thuis aan actieve zandwinning. Het ontwerp voor de Bomhofspas heeft als doel om de ecologische potentie van de plas en haar omgeving te vergroten. Daarnaast wordt de plas en de bijbehorende oeverlanden ingepast bij de landschappelijke kenmerken van de omgeving (Bruyn, 2019). Rondom de plas bevindt zich nu vooral agrarisch grasland en landbouwgrond.

In 2017 is een onderzoek uitgevoerd door SWECO en Eurofins naar de huidige toestand van de ecologie van de plas. Uit dit onderzoek is het volgende naar voren gekomen:

#### 1. Water- en oeverplanten

De soortendiversiteit in de plas en op de oevers zijn niet hoog. Een grootdeel van de oevers wordt gedomineerd door riet, waardoor weinig andere soorten voorkomen. Het andere deel van de oevers heeft begroeiing bestaande uit wilgenstruweel en bomen of is onbegroeid door de zandwinningsactiviteiten. Met betrekking tot waterplanten blijkt dat deze niet voorkomen op dieptes dieper dan één meter. Waterplanten die zijn aangetroffen zijn: Grote- en Kleine lisdodde en Schedefonteinkruid (Stolk & Van Haaren, 2017).

#### 2. Macrofauna

De soortendiversiteit met betrekking tot macrofauna is in de Bomhofspas goed. Tijdens het onderzoek zijn in totaal 59 soorten aangetroffen in de plas. Voorkomende soorten zijn: verschillende soorten waterkevers, watermijten en kokerjuffers (Stolk & Van Haaren, 2017).

#### 3. Vis

De soortendiversiteit in de plas is laag. Dit heeft mogelijk te maken met het feit dat de plas niet in verbinding staat met andere wateren. Soorten die tijdens het onderzoek zijn aangetroffen in de plas zijn: Baarzen, Marmergrondels en Brasems waargenomen. Volgens de beheerder zitten ook Snoek, Snoekbaars en karper in de plas (Stolk & Van Haaren, 2017).

Net zoals bij de Willemspolder kan door de implementatie van een TEO-systeem bij de Bomhofspas lokaal temperatuursverandering optreden. Doordat de natuur nog in ontwikkeling is kan dit meer invloed hebben op de groeisnelheid van de waterorganismen en op de paaitijd van vissen dan bij ontwikkelde natuur. Dit kan de kans vergroten dat de vis aantallen nog meer verslechteren. Daartegenover staat dat door het terug lozing van de retourstroom wat stroming ontstaat die aantrekkelijk kunnen zijn voor andere vissoorten. Door de ligging van de plas in een landbouwgebied kan het water in de plas fosfaatrijk zijn. Als dit fosfaatrijke water terug in de plas wordt geloosd neemt de kans op blauwalg toe. Zoals bij de Willemspolder ook benoemd is het belangrijk dat het terug lozen op de juiste diepte gebeurt, omdat anders anders een verstoring van de waterlagen kan optreden. . Om de exacte effecten van de winning van energie uit water is het van belang om de ecologie en waterkwaliteit te monitoren na ingebruiksneming. Dit kan gekoppeld worden aan de monitoring die momenteel plaatsvindt tijdens de zandwinning.

## XV.3 Vraag en financiën

### XV.3.1 Vraag

De vraag voor de potentiële afnemers bij de Bomhofsplas is berekend aan de hand van kengetallen over het gas- en elektriciteitsgebruik van verschillende soorten gebouwen. Hiervoor onder andere het rapport 'Ontwikkeling energie kengetallen utiliteitsbouw' gebruikt. Daarnaast zijn de volgende databases van Nationaal Georegister geraadpleegd voor informatie over de potentiële afnemers:

- Energie uit oppervlaktewater (EOW), warmte – Gemalen, stuwen en diepe plassen van het RVO.
- Energie uit oppervlaktewater (EOW), koude – Gemalen, stuwen en diepe plassen van het RVO.

In tabel 20 is te zien onder welke categorie de potentiële afnemers zijn onderverdeeld. Er is gekozen om de IKEA en Intratuin onder te verdelen in de categorie 'supermarkt'. Hiervoor is gekozen, omdat beide veel koelen vanwege het bezoek van klanten. Daarnaast was er geen andere categorieën binnen de hoofdcategorie 'detailhandel' die aan deze eisen voldoet. De overige bedrijven die zijn gevestigd op bedrijventerrein Hessenpoort zijn onder verdeeld in de categorie 'groothandel met koeling'. De rede hiervoor is dat de bedrijven niet worden bezocht door klanten, maar dat de werknemers en de producten wel koeling nodig hebben.

Tabel 20 Soort afnemer

| Potentiële afnemer | Soort gebouw/bedrijf    |
|--------------------|-------------------------|
| Van der Valk Hotel | Hotel                   |
| IKEA & Intratuin   | Supermarkt              |
| Autobedrijven      | Garage/showroom         |
| Overige bedrijven  | Groothandel met koeling |

In tabel 21 is het gas- en elektriciteitsverbruik per categorie weergegeven. De hoeveelheid gas en elektriciteit dat wordt gebruikt voor verwarming en koeling zijn berekend aan de hand van de percentages weergegeven in tabel 22. Voor de berekening van kuub gas naar gigajoule en van kilowattuur naar gigajoule zijn de volgende verhoudingen gebruikt;

$$1 \text{ m}^3 \text{ aardgas} = 0,0316 \text{ GJ warmte (Rijkswaterstaat, sd)}$$

$$1 \text{ kWh} = 0,0036 \text{ GJ koude (Energieconsultant, sd)}$$

Tabel 21 Warmte en koude gebruik per soort afnemer

|                                               | Gas<br>(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ) | Elektriciteit<br>(kWh/m <sup>2</sup> ) | Warmte<br>(GJ/m <sup>2</sup> ) | Koude<br>(GJ/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| <b>Hotel<sup>1</sup></b>                      | 25                                       | 84                                     | 0.66                           | 0.07                          |
| <b>Supermarkt<sup>1</sup></b>                 | 20                                       | 254                                    | 0.63                           | 0.22                          |
| <b>Garage/showroom<sup>1</sup></b>            | 15                                       | 50                                     | 0.47                           | 0.04                          |
| <b>Groothandel zonder koeling<sup>1</sup></b> | 10                                       | 42                                     | 0.32                           | 0.04                          |

<sup>1</sup> Bron: (Sipma & Rietkerk, 2016)

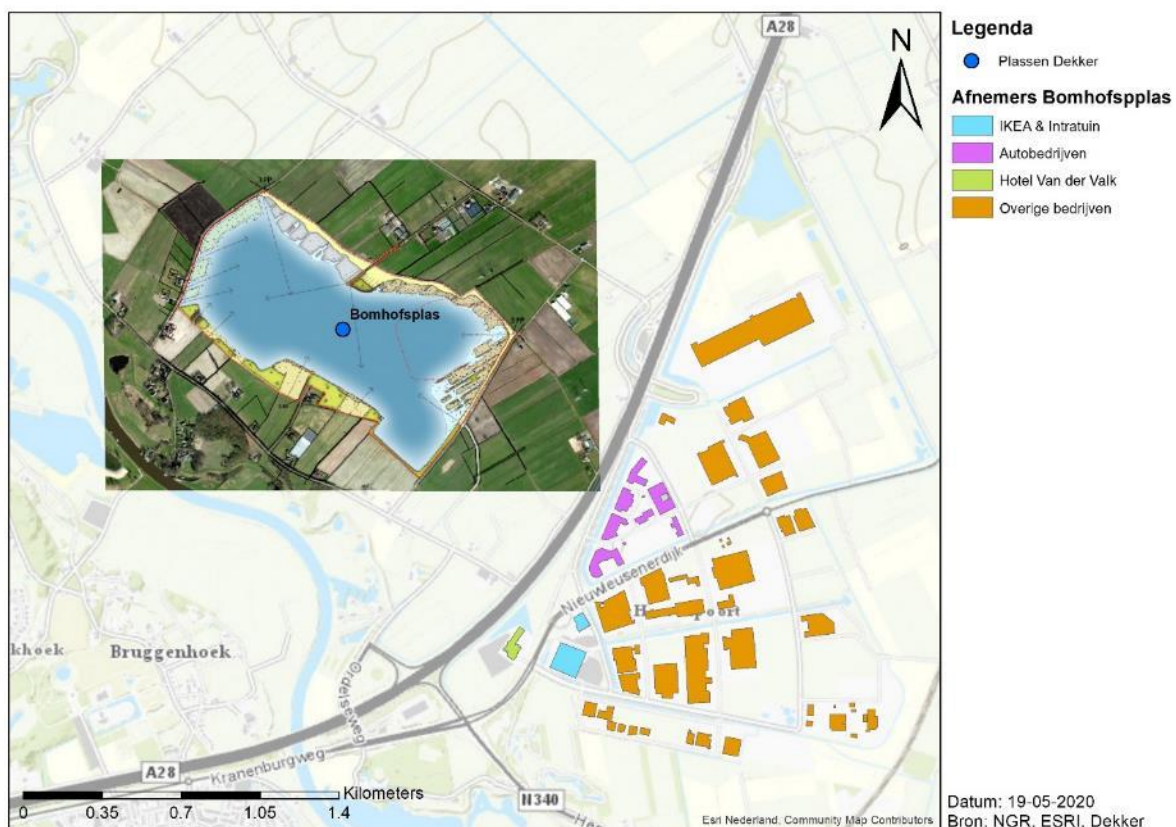
Tabel 22 Percentage gas- en elektriciteitsgebruik voor warmte en koude per soort afnemer

|                                   | % gasgebruik voor warmte <sup>1</sup> | % elektriciteitsverbruik voor koude <sup>2</sup> |
|-----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Hotel</b>                      | 84                                    | 24                                               |
| <b>Supermarkt</b>                 | 100                                   | 24                                               |
| <b>Garage/showroom</b>            | 100                                   | 24                                               |
| <b>Groothandel zonder koeling</b> | 100                                   | 24                                               |

<sup>1</sup> Bron: (Sipma & Rietkerk, 2016)

<sup>2</sup> Bron: (Pennartz & Van den Bovenkamp, 2016)

De vraag van de potentiële afnemers voor de Bomhofsplas zijn weergegeven in tabel 23. Per afnemer zijn de waarden voor de volgende aspecten ingevuld: de afstand bron tot afnemer, het oppervlak, de vraag en de vraagdichtheid. Er is gekozen om alleen naar de bedrijventerrein Hessenpoort als afnemer te kijken en niet ook naar de wijk Berkum, zoals bij de afweging van alle plassen. Hiervoor is gekozen, omdat de voornaamste vraag van de wijk Berkum warmte is en de nabij gelegen rivier de Vecht aan deze vraag kan voorzien. Zie figuur 71 voor de ligging van de afnemers ten opzichte van de plas.



Figuur 71 Ligging afnemers ten opzichte van de Bomhofsplas

De vraag is berekend door het oppervlak van de afnemer te vermenigvuldigen met de waarde voor warmte en koude uit tabel 21. De berekening voor de warmtevraag voor Hotel van der Valk ziet er als volgt uit:

$$\text{Warmtevraag Hotel van der Valk} = 5688 * 0,66 = 3780 \text{ GJ/jr}$$

De vraagdichtheid is bepaald door zowel de warmte- als koudevraag van alle potentiële afnemers bij elkaar op te tellen en te delen door het oppervlak van het bedrijventerrein Hessenpoort. De warmte-

en koudevraag weergegeven in tabel 23 is een inschatting. Voor een vervolgonderzoek wordt aangeraden om de vraag per afnemer exact in kaart te brengen.

Tabel 23 Warmte- en koudevraag per potentiële afnemer

| Afnemer                             | Afstand (m) | Oppervlak (m <sup>2</sup> ) | Warmte-vraag (GJ/jr.) | Koude-vraag (GJ/jr.) | Dichtheid vraag (GJ/ha/jr.) |
|-------------------------------------|-------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|
| <b>Bedrijventerrein Hessenpoort</b> |             | 1618103                     |                       |                      | 1330                        |
| > Hotel van der Valk                | 900         | 5688                        | 3780                  | 413                  |                             |
| > Ikea, Intratuin                   | 1100        | 18298                       | 11581                 | 4016                 |                             |
| > Autobedrijven                     | 1000        | 39377                       | 18692                 | 1701                 |                             |
| > overige bedrijven                 | 1600        | 325027                      | 133714                | 41386                |                             |

De gemeente Zwolle is al druk bezig met de energietransitie. In 2025 willen ze 25 procent van alle energie die in de gemeente wordt gebruikt op een duurzame wijze opwekken. Uiterlijk in 2050 wil Zwolle helemaal energieneutraal zijn en moet alle energie duurzaam zijn opgewekt. Duurzame energievormen waar de gemeente naar kijkt zijn: zon, wind, geothermie, aquathermie en waterkracht. Door de actieve houding van de gemeente en het feit dat de bedrijven op Hessenpoort bezig zijn met verduurzamen heeft het slagen van een TEO-project bij de Bomhofsplas een grotere kans. Daarnaast is een wens van Zwolle om in de toekomst een warmteringsnet te hebben, waar verschillende duurzame energiebronnen hun warmte aan kunnen afleveren. Dit zou voor een TEO-project bij de Bomhofsplas gunstig zijn. De kosten voor een warmtenet zijn hierdoor minder en meer afnemers kunnen zo worden bereikt (Gemeente Zwolle, sd; Veen, 2020).

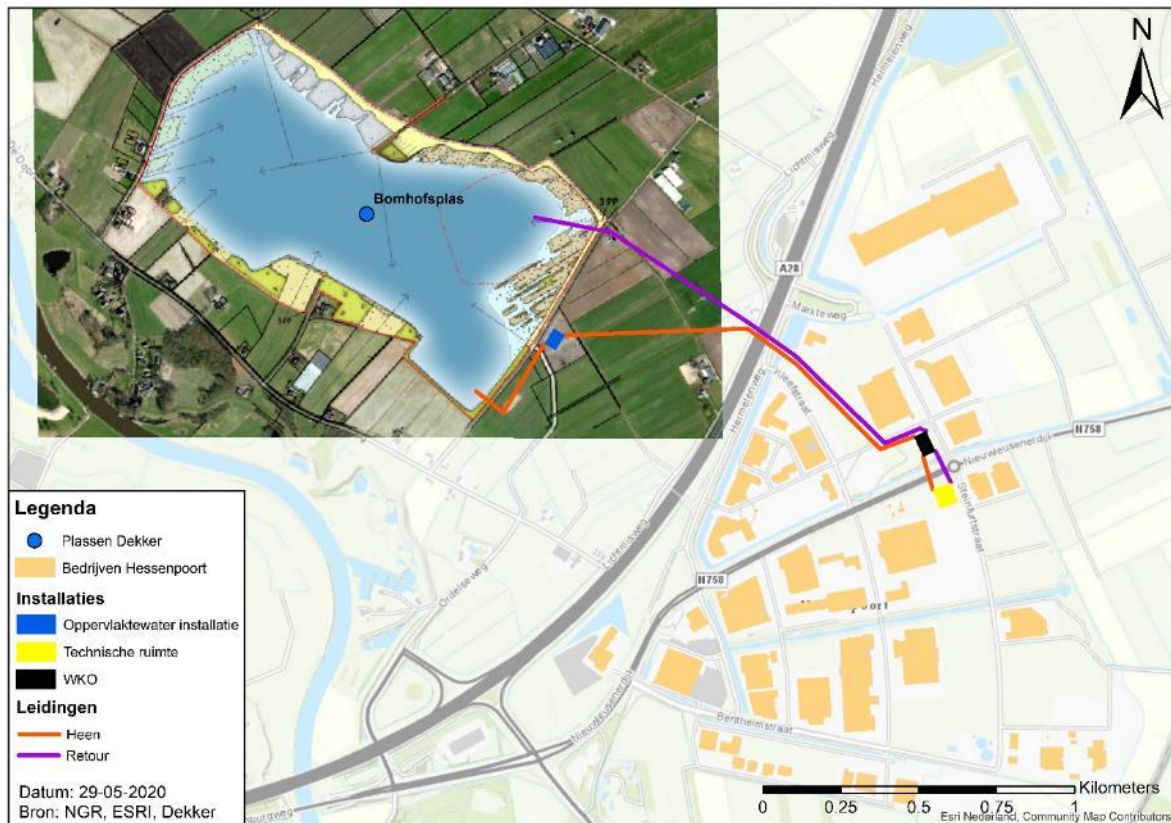
### XV.3.2 Financiën

Aan de hand van de gegevens uit de vorige paragraaf en hoofdstuk 4 zijn de investerings-, onderhoudskosten en opbrengsten berekend voor een TEO-systeem bij de Bomhofsplas. Dit is gedaan om een indicatie te kunnen geven in de kosten die komen kijken bij de toepassing van een TEO-systeem bij de Bomhofsplas. Voor deze berekeningen is bedrijventerrein Hessenpoort als afnemer gekozen. De berekeningen zijn alleen uitgevoerd voor warmtelevering, ondanks dat bedrijventerrein Hessenpoort ook een koudevraag kent. Hiervoor is gekozen, door het gebrek aan informatie met betrekking tot de kosten voor koudewinning en -levering.

In tabel 24 zijn verschillende waarden weergegeven waarmee de CAPEX, OPEX en opbrengsten zijn berekend. Volgens de website van gemeente Zwolle zijn circa 45 bedrijven gevestigd op Hessenpoort. De waarden voor de totale warmte- en koudevraag zijn afkomstig uit bijlage XV.3.1. De mogelijke ligging van de leidingen zijn weergegeven in figuur 72. Waar het kon zijn de leidingen naast elkaar en niet onder gebouwen door getekend. Naast de leidingen zijn ook mogelijke locaties van de oppervlaktewater-installatie, de WKO en technische ruimte weergegeven. De oppervlaktewater-installatie is geplaatst op het terrein waar de zandklasseerinstallatie van Dekker staat. De WKO en technische ruimte zijn in het midden van het bedrijventerrein geplaatst op kavels die nog niet zijn verkocht (Gemeente Zwolle, 2020).

Tabel 24 Basisinformatie Bomhofsplas

|                                | Eenheid | Waarde |
|--------------------------------|---------|--------|
| <b>Aantal bedrijven</b>        | -       | 45     |
| <b>Totale warmtevraag</b>      | GJ      | 167767 |
| <b>Totale koudevraag</b>       | GJ      | 47516  |
| <b>Leidingen totaal warmte</b> | m       | 3367   |



Figuur 72 Mogelijke locatie leidingen en installaties Bomhofsplas

In de kolom 'kosten per eenheid' in tabel 25 en 26 zijn de gemiddelden waarden genomen van de waarden benoemd in hoofdstuk 4. Voor de post 'ongeisoleerde leiding' is de waarde €100 per meter ingevuld, omdat deze leidingen in het buitengebied gelegd zullen worden waardoor de kosten lager zijn (Bloemers, 2020).

Tabel 25 weergeeft de investeringskosten voor het aanleggen van een TEO-systeem bij de Bomhofsplas en bedrijventerrein Hessenpoort. De totale investeringskosten bedragen ongeveer €15,2 miljoen. In de onderstaande tabel zijn de kosten voor het distributienet en afgiftesysteem niet meegenomen, omdat ze niet typerend zijn voor TEO. Daarnaast kunnen de kosten met de werkelijke kosten verschillen, doordat kosten voor ontwerp & advies en onvoorzien niet zijn meegenomen. De subsidies zijn ook niet meegenomen in de berekeningen.

Tabel 25 Investeringskosten Bomhofsplas

|                                          | Eenheid    | Kosten<br>eenheid | per | Eenheid | Totaal kosten |
|------------------------------------------|------------|-------------------|-----|---------|---------------|
| <b>Oppervlaktewater-<br/>installatie</b> | €          | 120000            |     | €       | 120000        |
| <b>Ongeisoleerde leiding</b>             | €/m        | 100               |     | €       | 336693        |
| <b>WKO</b>                               | €/(GJ/jr.) | 40                |     | €       | 6710666       |
| <b>Warmtepompen</b>                      | €/(GJ/jr.) | 45                |     | €       | 7549500       |
| <b>Warmtewisselaar</b>                   | €/(GJ/jr.) | 2,5               |     | €       | 461358        |
| <b>Totaal</b>                            |            |                   |     | €       | 15178217      |

In tabel 26 zijn de onderhoudskosten weergegeven voor de bovenstaande beschreven situatie. De totale onderhoudskosten zijn ongeveer €2,0 miljoen per jaar. Het overgrote deel van deze kosten zijn voor de elektriciteit voor de warmtepompen. Door gebruik te maken van zonnepanelen kunnen de kosten voor de elektriciteit worden teruggedrongen. Wel moet worden opgemerkt dat de onderstaande waarden een inschatting zijn van de kosten en kunnen verschillen van de werkelijke kosten.

Tabel 26 Onderhoudskosten Bomhofsplas

|                                                 | Eenheid    | Kosten<br>per<br>eenheid | Eenheid | Totaal kosten |
|-------------------------------------------------|------------|--------------------------|---------|---------------|
| <b>Oppervlaktewater-<br/>installatie</b>        | €/(GJ/jr.) | 0,75                     | €/jr.   | 125825        |
| <b>Ongeïsoleerde leiding</b>                    | €/m        | 2,5                      | €/jr.   | 8417          |
| <b>WKO</b>                                      | €/(GJ/jr.) | 1,25                     | €/jr.   | 209708        |
| <b>Warmtepompen</b>                             | €/(GJ/jr.) | 1,5                      | €/jr.   | 251650        |
| <b>Warmtewisselaar</b>                          | €/(GJ/jr.) | 0,065                    | €/jr.   | 10905         |
| <b>Elektriciteit pompen en<br/>installaties</b> | €/(GJ/jr.) | 8,05                     | €/jr.   | 1350522       |
| <b>Totaal</b>                                   |            |                          | €       | 1957027       |

De opbrengsten voor het leveren van warmte aan de bedrijven op Hessenpoort zijn weergegeven in tabel 27. De waarden in de kolom 'kosten per eenheid' zijn afkomstig uit paragraaf 4.3. De totale opbrengsten per jaar bedragen ongeveer €4,4 miljoen. De kosten per bedrijf zullen ongeveer €98.000 per jaar bedragen. Deze opbrengsten kunnen verschillen met de werkelijk situatie doordat de vraag van de bedrijven is berekend middels kengetallen en ervan uit is gegaan dat alle bedrijven aansluiten op het warmtenet. De investeringskosten en de onderhoudskosten kunnen hierdoor in de werkelijk situatie ook verschillen met de waarden benoemd in deze paragraaf.

Tabel 27 Opbrengsten Bomhofsplas

|                      | Eenheid   | Kosten<br>per<br>eenheid | Eenheid | Totaal kosten |
|----------------------|-----------|--------------------------|---------|---------------|
| <b>Kosten per GJ</b> | €/GJ      | 26,06                    | €/jr.   | 4371999       |
| <b>Vastrecht</b>     | €/bedrijf | 469,17                   | €/jr.   | 21113         |
| <b>Meettarief</b>    | €/bedrijf | 26,63                    | €/jr.   | 1198          |
| <b>Totaal</b>        |           |                          | €/jr.   | 4394310       |

De kosten en opbrengsten voor koudewinning en -levering zijn in deze paragraaf niet meegenomen door gebrek aan informatie hierover. De CAPEX en OPEX zouden bij koude minder zijn doordat de WKO en warmtepompen wegvallen. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat in plaats van een warmtepomp, een waterpomp nodig is om het water te kunnen verplaatsten. De kosten voor een waterpomp die het water over twee kilometer verplaatst zijn ongeveer €25.000 - €50.000. In de situatie zoals hierboven beschreven met een collectieve warmtepomp zou een tweede distributiesysteem moeten worden aangelegd voor de levering van koude. Het zou financieel voordeliger zijn om één laagtemperatuur distributienet aan te leggen met bij elk bedrijf een warmtepomp die als nodig het water kan opwaarderen naar het gewenste niveau (Bloemers, 2020).

## Bijlage XVI      Toestemmingsformulieren geïnterviewde(n)

---

### XVI.1 Toestemmingsformulier Arne Wijnia

#### **Verklaring overeenkomst met geïnterviewde**

Naam: Arne Wijnia

Bedrijf: IF Technology

Functie: Engineer duurzame energie

Nader te noemen de geïnterviewde verklaart als volgt:

De geïnterviewde verleent aan de Dekkergroep B.V., te IJzendoorn en Hogeschool Van Hall Larenstein, te Velp het recht om het op **17 maart 2020** door **Nienke Braas en Carmen Hazeu** in het kader van het project **Afstudeeronderzoek aquathermie bij diepe plassen** opgenomen gesprek (Interview IF Technology 170320.M4A) te bewaren in haar archieven en voor het publiek op aanvraag bij de organisaties toegankelijk te maken. De geïnterviewde verklaart dat het doel van dit project hem/haar volkomen duidelijk is.

Geïnterviewde geeft hierbij uitdrukkelijk toestemming voor openbaarmaking van zijn/haar persoonsgegevens die in dit interview zijn vastgelegd.

De geïnterviewde verklaart dat hij/zij geen bezwaar heeft tegen openbaarmaking van het (beeld)materiaal en dat hij/zij ten aanzien van dit materiaal geen beroep zal doen op zijn/haar portretrecht.

Ondertekend formulier op te sturen naar het volgende emailadres:

[C.Hazeu@dekkergroep.nl](mailto:C.Hazeu@dekkergroep.nl)

Plaats en datum: Arnhem, 20-05-2020

Handtekening:



## XVI.2 Toestemmingsformulier Frank Niewold

### Verklaring overeenkomst met geïnterviewde

Naam: Frank Niewold

Bedrijf: IF Technology

Functie: Adviseur duurzame energie

Nader te noemen de geïnterviewde verklaart als volgt:

De geïnterviewde verleent aan de Dekkergroep B.V., te IJzendoorn en Hogeschool Van Hall Larenstein, te Velp het recht om het op **17 maart 2020** door **Nienke Braas en Carmen Hazeu** in het kader van het project **Afstudeeronderzoek aquathermie bij diepe plassen** opgenomen gesprek (Interview IF Technology 170320.M4A) te bewaren in haar archieven en voor het publiek op aanvraag bij de organisaties toegankelijk te maken. De geïnterviewde verklaart dat het doel van dit project hem/haar volkomen duidelijk is.

Geïnterviewde geeft hierbij uitdrukkelijk toestemming voor openbaarmaking van zijn/haar persoonsgegevens die in dit interview zijn vastgelegd.

De geïnterviewde verklaart dat hij/zij geen bezwaar heeft tegen openbaarmaking van het (beeld)materiaal en dat hij/zij ten aanzien van dit materiaal geen beroep zal doen op zijn/haar portretrecht.

Ondertekend formulier op te sturen naar het volgende emailadres:  
[C.Hazeu@dekkergroep.nl](mailto:C.Hazeu@dekkergroep.nl)

Plaats en datum: Arnhem, 13 mei 2020

Handtekening:



### XVI.3 Toestemmingsformulier Bob Bloemers

#### Verklaring overeenkomst met geïnterviewde

Naam: Bob Bloemers

Bedrijf: Duurzaam Opgewekt BV

Functie: directeur

Nader te noemen de geïnterviewde verklaart als volgt:

De geïnterviewde verleent aan de Dekkergroep B.V., te IJzendoorn en Hogeschool Van Hall Larenstein, te Velp het recht om het op **23 maart 2020** door **Nienke Braas en Carmen Hazeu** in het kader van het project **Afstudeeronderzoek aquathermie bij diepe plassen** opgenomen gesprek (Interview Duurzaam Opgewekt 230320.MP4) te bewaren in haar archieven en voor het publiek op aanvraag bij de organisaties toegankelijk te maken. De geïnterviewde verklaart dat het doel van dit project hem/haar volkomen duidelijk is.

Geïnterviewde geeft hierbij uitdrukkelijk toestemming voor openbaarmaking van zijn/haar persoonsgegevens die in dit interview zijn vastgelegd.

De geïnterviewde verklaart dat hij/zij geen bezwaar heeft tegen openbaarmaking van het (beeld)materiaal en dat hij/zij ten aanzien van dit materiaal geen beroep zal doen op zijn/haar portretrecht.

Ondertekend formulier op te sturen naar het volgende emailadres:

[C.Hazeu@dekkergroep.nl](mailto:C.Hazeu@dekkergroep.nl)

Plaats en datum: IJzendoorn, 13 mei 2020

Handtekening:



## XVI.4 Toestemmingsformulier Raymond van Bulderen

### Verklaring overeenkomst met geïnterviewde

Naam: Raymond van Bulderen

Bedrijf: Vattenfall Warmte

Functie: Business manager

Nader te noemen de geïnterviewde verklaart als volgt:

De geïnterviewde verleent aan de Dekkergroep B.V., te IJzendoorn en Hogeschool Van Hall Larenstein, te Velp het recht om het op **2 april 2020** door **Nienke Braas en Carmen Hazeu** in het kader van het project **Afstudeeronderzoek aquathermie bij diepe plassen** opgenomen gesprek (Interview Vattenfall 020420.MP4) te bewaren in haar archieven en voor het publiek op aanvraag bij de organisaties toegankelijk te maken. De geïnterviewde verklaart dat het doel van dit project hem/haar volkomen duidelijk is.

Geïnterviewde geeft hierbij uitdrukkelijk toestemming voor openbaarmaking van zijn/haar persoonsgegevens die in dit interview zijn vastgelegd.

De geïnterviewde verklaart dat hij/zij geen bezwaar heeft tegen openbaarmaking van het (beeld)materiaal en dat hij/zij ten aanzien van dit materiaal geen beroep zal doen op zijn/haar portretrecht.

Ondertekend formulier op te sturen naar het volgende emailadres:

[C.Hazeu@dekkergroep.nl](mailto:C.Hazeu@dekkergroep.nl)

Plaats en datum: Amsterdam, 14 mei 2020

Handtekening:



## XVI.5 Toestemmingsformulier Timo Veen

### Verklaring overeenkomst met geïnterviewde

Naam: Timo Veen

Bedrijf: TiMove

Functie: directeur

Nader te noemen de geïnterviewde verklaart als volgt:

De geïnterviewde verleent aan de Dekkergroep B.V., te IJzendoorn en Hogeschool Van Hall Larenstein, te Velp het recht om het op **3 april 2020** door **Nienke Braas en Carmen Hazeu** in het kader van het project **Afstudeeronderzoek aquathermie bij diepe plassen** opgenomen gesprek (Interview Timo Veen 030420.M4A) te bewaren in haar archieven en voor het publiek op aanvraag bij de organisaties toegankelijk te maken. De geïnterviewde verklaart dat het doel van dit project hem/haar volkomen duidelijk is.

Geïnterviewde geeft hierbij uitdrukkelijk toestemming voor openbaarmaking van zijn/haar persoonsgegevens die in dit interview zijn vastgelegd.

De geïnterviewde verklaart dat hij/zij geen bezwaar heeft tegen openbaarmaking van het (beeld)materiaal en dat hij/zij ten aanzien van dit materiaal geen beroep zal doen op zijn/haar portretrecht.

Ondertekend formulier op te sturen naar het volgende emailadres:

[C.Hazeu@dekkergroep.nl](mailto:C.Hazeu@dekkergroep.nl)

Plaats en datum: Zwolle, 12 mei 2020

Handtekening:



Timo Veen

## XVI.6 Toestemmingsformulier Ivo Pothof

### Verklaring overeenkomst met geïnterviewde

Naam: Ivo Pothof  
Bedrijf: Deltares  
Functie: Senior Specialist Renewable Energy and Industrial Flows

Nader te noemen de geïnterviewde verklaart als volgt:

De geïnterviewde verleent aan de Dekkergroep B.V., te IJzendoorn en Hogeschool Van Hall Larenstein, te Velp het recht om het op **15 april 2020** door **Nienke Braas en Carmen Hazeu** in het kader van het project **Afstudeeronderzoek aquathermie bij diepe plassen** opgenomen gesprek (Interview Deltares 150420.MP4) te bewaren in haar archieven en voor het publiek op aanvraag bij de organisaties toegankelijk te maken. De geïnterviewde verklaart dat het doel van dit project hem/haar volkomen duidelijk is.

Geïnterviewde geeft hierbij uitdrukkelijk toestemming voor openbaarmaking van zijn/haar persoonsgegevens die in dit interview zijn vastgelegd.

De geïnterviewde verklaart dat hij/zij geen bezwaar heeft tegen openbaarmaking van het (beeld)materiaal en dat hij/zij ten aanzien van dit materiaal geen beroep zal doen op zijn/haar portretrecht.

Ondertekend formulier op te sturen naar het volgende emailadres:  
[C.Hazeu@dekkergroep.nl](mailto:C.Hazeu@dekkergroep.nl)

Plaats en datum: 1-5-2020

Handtekening:



## XVI.7 Toestemmingsformulier Tim Idema

**Verklaring overeenkomst met geïnterviewde**

Naam: Tim Idema  
Bedrijf: Gemeente Zwolle  
Functie: milieuplanoloog

Nader te noemen de geïnterviewde verklaart als volgt:

De geïnterviewde verleent aan de Dekkergroep B.V., te IJzendoorn en Hogeschool Van Hall Larenstein, te Velp het recht om het op **11 mei 2020** door **Nienke Braas en Carmen Hazeu** in het kader van het project **Afstudeeronderzoek aquathermie bij diepe plassen** opgenomen gesprek (Interview Gemeente Zwolle 110520.MP4) te bewaren in haar archieven en voor het publiek op aanvraag bij de organisaties toegankelijk te maken. De geïnterviewde verklaart dat het doel van dit project hem/haar volkomen duidelijk is.

Geïnterviewde geeft hierbij uitdrukkelijk toestemming voor openbaarmaking van zijn/haar persoonsgegevens die in dit interview zijn vastgelegd.

De geïnterviewde verklaart dat hij/zij geen bezwaar heeft tegen openbaarmaking van het (beeld)materiaal en dat hij/zij ten aanzien van dit materiaal geen beroep zal doen op zijn/haar portretrecht.

Ondertekend formulier op te sturen naar het volgende emailadres:

[C.Hazeu@dekkergroep.nl](mailto:C.Hazeu@dekkergroep.nl)

Plaats en datum:

Zwolle

12-5-2020

Handtekening:



## XVI.8 Toestemmingsformulier Ilse Sijtsema

### Verklaring overeenkomst met geïnterviewde

Naam: Ilse Sijtsema

Bedrijf: Ondernemersvereniging Hessenpoort

Functie: Parkmanager

Nader te noemen de geïnterviewde verklaart als volgt:

De geïnterviewde verleent aan de Dekkergroep B.V., te IJzendoorn en Hogeschool Van Hall Larenstein, te Velp het recht om het op **20 mei 2020** door **Nienke Braas en Carmen Hazeu** in het kader van het project **Afstudeeronderzoek aquathermie bij diepe plassen** opgenomen gesprek (Interview Ilse Sijtsema 200520.MP4) te bewaren in haar archieven en voor het publiek op aanvraag bij de organisaties toegankelijk te maken. De geïnterviewde verklaart dat het doel van dit project hem/haar volkomen duidelijk is.

Geïnterviewde geeft hierbij uitdrukkelijk toestemming voor openbaarmaking van zijn/haar persoonsgegevens die in dit interview zijn vastgelegd.

De geïnterviewde verklaart dat hij/zij geen bezwaar heeft tegen openbaarmaking van het (beeld)materiaal en dat hij/zij ten aanzien van dit materiaal geen beroep zal doen op zijn/haar portretrecht.

Ondertekend formulier op te sturen naar het volgende emailadres:  
[C.Hazeu@dekkergroep.nl](mailto:C.Hazeu@dekkergroep.nl)

Plaats en datum: Zwolle, 28 mei 2020

Handtekening:



## Bijlage XVII Toestemmingsformulieren interviewers

### XVII.1 Toestemmingsformulier Nienke Braas

#### Verklaring overeenkomst met interviewer

Naam: Nienke Braas  
Opleiding: Land- en watermanagement  
Hbo-instelling: Van Hall Larenstein

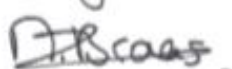
De interviewer verklaart als volgt:

De interviewer verleent aan de Dekkergroep B.V., te IJendoorn en Hogeschool Van Hall Larenstein, te Velp het recht om de nader te benoemen gesprekken die in het kader van het project **Afstudeeronderzoek aquathermie bij diepe plassen** zijn opgenomen te bewaren in haar archieven en voor het publiek op aanvraag bij de organisaties toegankelijk te maken.

De ondergetekende verklaart dat hij/zij geen bezwaar heeft tegen openbaarmaking van het beeld en/of geluidsmateriaal. Ondergetekende zal, voor zover hij/zij tijdens een gesprek zelf in beeld komt, geen beroep doen op zijn/haar portretrecht.

Deze verklaring heeft betrekking op de volgende opnames:

1. Interview IF Technology 170320.M4A
2. Interview Duurzaam Opgewekt 230320.MP4
3. Interview Vattenfall 020420.MP4
4. Interview Timo Veen 030420.M4A
5. Interview Deltares 150420.MP4
6. Interview Gemeente Zwolle 110520.MP4
7. Interview Ilse Sijtsema 200520.MP4

Plaats en datum: Nijverdal, 2 juni 2020  
Handtekening: 

## XVII.2 Toestemmingsformulier Carmen Hazeu

### Verklaring overeenkomst met interviewer

Naam: Carmen Hazeu

Opleiding: Land- en Watermanagement

Hbo-instelling: Hogeschool Van Hall Larenstein

De interviewer verklaart als volgt:

De interviewer verleent aan de Dekkergroep B.V., te IJzendoorn en Hogeschool Van Hall Larenstein, te Velp het recht om de nader te benoemen gesprekken die in het kader van het project **Afstudeeronderzoek aquathermie bij diepe plassen** zijn opgenomen te bewaren in haar archieven en voor het publiek op aanvraag bij de organisaties toegankelijk te maken.

De ondergetekende verklaart dat hij/zij geen bezwaar heeft tegen openbaarmaking van het beeld en/of geluidsmateriaal. Ondergetekende zal, voor zover hij/zij tijdens een gesprek zelf in beeld komt, geen beroep doen op zijn/haar portretrecht.

Deze verklaring heeft betrekking op de volgende opnames:

1. Interview IF Technology 170320.M4A
2. Interview Duurzaam Opgewekt 230320.MP4
3. Interview Vattenfall 020420.MP4
4. Interview Timo Veen 030420.M4A
5. Interview Deltares 150420.MP4
6. Interview Gemeente Zwolle 110520.MP4
7. Interview Ilse Sijtsema 200520.MP4

Plaats en datum: Rhenen, 29 mei 2020

Handtekening:



## Bijlage XVIII    Uitwerking gesprekken

---

### XVIII.1 Uitwerking gesprek Blauwvinger Energie Zwolle

Datum: 9 maart 2020

Aanwezigen; Kees de Vries (voorzitter Blauwvinger Energie), Martin Ilbrink (penningmeester Blauwvinger Energie), Pieter Mantel (projectleider Dekker), Nienke Braas & Carmen Hazeu (studentes Land- en Watermanagent).

Opgenoemde personen:

- Rafael van de Velde, lid van Blauwvinger, werkzaam bij Witteveen+Bos als duurzaamheids-ingenieur o.a. in de richting van aquathermie;
- Timo Veen, onderzoek naar aardgasvrije wijken waaronder Berkum te Zwolle, ingehuurd door gemeente Zwolle als projectleider/coach;
- Maarten Epema, contactpersoon gemeente Zwolle; ambtenaar/Energiestrateg bij het energietransitieprogramma gemeente Zwolle at Gemeente Zwolle
- Tim Idema, gemeente Zwolle
- Raymond Frank, adviseur energietransitie gemeente Zwolle, warmtetransitie milieuplanoloog bij Gemeente Zwolle
- Aukje de Ridder en Gertjan Brands, WDOdelta, onderzoek naar warmte en koude levering aan industrieterrein Voorts
- Milou van Rijn, Blauwvinger Energie, projectleider en o.a. contactpersoon warmtetransitie

Afspraken; Blauwvinger wordt op de hoogte gehouden van onze vordering in het onderzoek. Wij laten Blauwvinger weten of de Bomhofsplas wel of niet geschikt is voor (toekomstige) thermische energiewinning. Uitnodigen voor de afstudeerpresentatie wanneer de datum bekend is.

➔ Informatie uit Zwolse warmtegids, nieuwsbrief Blauwvinger,

Uitwerking gesprek:

#### **Introductie**

Voorstelrondje langs alle aanwezigen, zoals hierboven omschreven.

Voor Dekker zijn Carmen en Nienke inmiddels ruim een maand bezig met het afstudeeronderzoek naar thermische energie uit oppervlaktewater.

De vraag naar (warmte)energie wordt steeds meer ingevuld met duurzame energiebronnen. Echter gebruiken veel huishoudens momenteel nog gas om de ruimte te verwarmen. Een duurzaam alternatief hiervoor is warmte uit oppervlaktewater. De toevoeging van energiewinning aan toekomstige situaties is een maatschappelijke meerwaarde voor projecten en een potentieel verdienmodel voor Dekker. Om deze kans invulling te geven, doen wij onderzoek naar de voorwaarden die gesteld worden aan het onttrekken van koude en warmte uit diepe plassen. Dit doen we door te kijken naar de mogelijke winnings- en opslagtechnieken, economische haalbaarheid en omgevingsaspecten van diepe plassen. Hieruit volgt een afwegingskader waaraan we verschillende projectlocaties van Dekker gaan toetsen.

Blauwvinger is begonnen bij een vraag vanuit de gemeente in 2011 om na te denken als bewoners over buurtenergie. Blauwvinger is een corporatie die het gat invult tussen aanbieders van energie in

en rond Zwolle en de afnemers in Zwolle. Het doel hiervan is de energie die opgewekt wordt in Zwolle, ook in Zwolle te kunnen gebruiken. Hiervoor worden ook huiseigenaren ingelicht. Doel: zo veel mogelijk eigenaarschap in Zwolle.

De projecten waar Blauwvinger nu bezig is zijn de Bomhofspas, Sekdoornse plas, zonnepark Weekhorst en Scholtensteeg.

Milou van Rijn gaat vanuit Blauwvinger over de warmtetransitie. Verder veel contact met de gemeente Zwolle, Raymond Frank, Tim Idema en Maarten Epema.

### **Bomhofspas**

De Bomhofspas is niet officieel onderzocht door een partij voor de mogelijkheid van aquathermie. De suggestie vanuit verschillende contactpersonen van Blauwvinger, waaronder Timo Veen, is dat de afstand van de Bomhofspas naar de stad Zwolle te groot is. Hierbij is dus ook niet specifiek naar de vraag vanuit het industrieterrein Hessenpoort gekeken, wat eventueel nog mogelijkheden kan bieden.

Verder is nog niet gekeken naar warmteopslag bij de Bomhofspas. Dit is een suggestie van Rafael van de Velde, hij ziet kansen in een combinatie van het industrieterrein en energie uit de Bomhofspas. Vanuit Witteveen en Bos zou hij dit kunnen onderzoeken, maar de stand van zaken is niet bekend.

### **Warmtetransitie Zwolle**

In Zwolle wordt voor de warmtetransitie nu de vraag van de gehele gemeente Zwolle in kaart gebracht. Dit is te zien in de Zwolse Warmtegids op de gemeentesite. Hierbij wordt verschil gemaakt tussen plekken waar hoge of lage warmte nodig is en welke isolatiewaarde de woningen hebben.

Timo Veen is bezig met wijk Berkum. Deze wijk wil Zwolle graag van het gas af hebben. Hij is door heel Nederland bezig met verschillende aardgasvrije wijken en ingehuurd als expert door de gemeente Zwolle. In de wijk Berkum zijn gesprekken gaande met de woningbouwvereniging voor renovaties. Hierdoor worden een deel van de wijk meer geschikt voor lage temperatuur warmte en koeling.

Blauwvinger voor een ringleiding door Zwolle, waar verschillende partijen warmte en koude op kunnen laden. Een van de opties zou een ringleiding met hoge en lage temperatuur warmte zijn. De infrastructuur zou dan publiek eigendom moeten zijn (een nutsfunctie) waar dan verschillende (commerciële) warmteleveranciers op kunnen aansluiten. Dit voorkomt een monopolypositie van een warmteleverancier die ook eigenaar is van het netwerk. Die infrastructuur zal in ieder geval beginnen met warmteoplossingen op wijkniveau die mogelijk, als het energie technisch en financieel nuttig en haalbaar is, zouden deze losse projecten op den duur gekoppeld kunnen worden.

PreZero Recycling zit op de Hessenpoort, is een onderdeel van de Swarz gruppe (waar ook Lidl bij hoort) en recyclet plastic, heeft mogelijk warmte/koeling nodig voor dit proces.

De meeste kans op succes voor het leveren van koude en warmte ligt bij nieuw te bouwen bedrijven. Al bestaande industrie heeft vaak al een eigen individuele aanpassing door middel van bijvoorbeeld airco. De bestaande bedrijven zijn vrij recent gebouwd en hun eigen energieoplossing is meestal nog niet afgeschreven/aan vervanging toe.

Voor opties met het oppervlaktewater moet worden gesproken met het plaatselijke waterschap; Waterschap Drents Overijsselse Delta. Hierbij horen Auke de Ridder (Auke is Afdelingshoofd Onderzoek en Advies), Gertjan Brands. Het Waterschap heeft een zuiveringsinstallatie op Industrierrein Voorst, samen met andere bedrijven wordt onderzocht of men gezamenlijk de warmte/koudevraag kan oppakken. Blauwvinger weet dat er al een tunneltje ligt onder de A28 tussen

de Bomhofspas en Industrierterrein Hessenpoort die misschien gebruikt kunnen worden voor de leidingen van het TEO-systeem.

Een voorbeeld van een bedrijf dat veel warmte vraagt is Sensus BV op industrierterrein Voorst een producent van voedingsvezels. Zij moeten van het gas af en willen graag een biomassacentrale. Hier is weerstand tegen/ zijn vragen vanuit de omgeving. Gezien de hoge temperaturen die Sensus nodig heeft, zal dit waarschijnlijk geen optie zijn

Contactpersoon voor de gemeente Zwolle is Tim Idema. Hij gaat over TEO-projecten.

Vermoeden Kees de Vries; in Zwolle momenteel meer vraag naar koude dan naar warmte rond de Bomhofspas. Dit kan daardoor rendabeler zijn dan warmte uit de plas halen.

### **Overige informatie**

- Lozingsvergunning wordt geregeld door het waterschap. Zij hebben de regels en moeten vergunnen.
- 5 belangrijke aspecten om TEO te realiseren;
  - o Fysieke uitvoering
  - o Regelgeving
  - o Bewoners/afnemers
  - o Communicatie
  - o Financiële plaatje

### **Afspraken**

Blauwvinger wordt op de hoogte gehouden door Nienke en Carmen over de voortgang van het onderzoek.

Wanneer het moment van de afstudeerpresentatie bekend is zullen Kees de Vries en Martin Ilbrink hiervoor worden uitgenodigd.

## **XVIII.2 Uitwerking gesprek financieel hoofdstuk**

Datum: 30 april

Aanwezigen; Bob Bloemers (commercieel directeur bij Duurzaam Opgewekt) en Carmen Hazeu (studente Land- en Watermanagent).

Tijdens dit gesprek hebben we het financiële hoofdstuk van ons rapport besproken. Hierbij zijn de volgende kengetallen met betrekking tot het TEO-systeem naar voren gekomen:

- Kosten ongeïsoleerde leidingen: €100 - €150 per meter. Voor het aanleggen van een ongeïsoleerde leiding in het buitengebied bedragen de kosten €100,- per gelegde meter. In bebouwd gebied zijn de kosten €150,- per meter.
- De investeringskosten voor een WKO-installatie beginnen bij €100.000,- en lopen dan verder op. De installatie van een doublet-bron kost circa €200.000 - €250.000 afhankelijk van de diepte en capaciteit (circa 50-100 m<sup>3</sup>/h).
- De kosten voor een waterpomp die het water over 2 kilometer verplaatst zijn ongeveer €25.000 - €50.000.
- De onderhoudskosten bedragen 2,5% per jaar van de investeringskosten. Bij warmtepompen wordt een percentage van 5% per jaar van de investeringskosten gerekend voor de onderhoudskosten.

### XVIII.3 Uitwerking gesprek Gemeente Neder-Betuwe

Datum: 11 mei 2020

Aanwezig; Peter van den Berg (Gemeente Neder-Betuwe), Nienke Braas & Carmen Hazeu (studentes Land- en Watermanagent).

In het interview van 11 mei zijn de volgende onderwerpen aanbod gekomen:

- Energietransitie
- Afnemers & vraag
- Meekoppelkansen
- Wettelijke kaders & regelingen

Hieronder zijn de belangrijkste punten samengevat per onderwerp.

#### **Energietransitie**

Op dit moment werkt men aan de Regionale Energie Strategie (RES). Dit jaar is de gemeente Neder-Betuwe gestart met het uitwerken van de gemeentelijk warmtevisie en een gefaseerd traject naar 'aardgasloos'. Eén van de opties voor verwarming van woningen waar de gemeente naar kijkt is thermische energie uit water.

#### **Afnemers & vraag**

Binnen de gemeente Neder-Betuwe bevinden zich veel fruit- en laanboombedrijven die behoefte hebben aan koeling (laanboombedrijven koelen in de zomer). Koeling van de woningen vindt nu nog beperkt plaats. Het is nu nog een luxe en nog geen levensbehoefte om te koelen. In de toekomst zal de koudevraag echter toenemen door klimaatverandering. Er komen steeds langere en warmere zomers, waardoor de vraag naar koeling zal stijgen.

Binnen de gemeente Neder-Betuwe is woningcorporatie Thius actief. Globaal bezitten zij 31% van de woningen in de gemeente. In IJzendoorn kan dit percentage iets hoger liggen, maar zal niet veel verschillen van het gemiddelde. In afspraak met de gemeente heeft Thius beloofd hun woningen te isoleren naar energielabel C. Een aantal van de woningen zal wellicht geïsoleerd worden naar energielabel B. De oudere woningen worden vaak niet geïsoleerd, maar op de verkooplijst gezet. De volgende punten zijn ook nog naar voren gekomen in het interview:

- Er zijn geen plannen voor vestiging van grote bedrijven rondom IJzendoorn/Ochten.
- Bij de plaatsen IJzendoorn en Ochten zal weinig tot geen uitbreiding plaatsvinden door gebrek aan mogelijkheden. Opheusden, Kesteren en Dodewaard zijn plaatsen in de gemeente Neder-Betuwe die in de toekomst nog uitbreidingen kunnen ondervinden. Bij Echteld en Dodewaard zijn er plannen voor ontwikkelen van één extra wijk.
- Rondom de Willemspolder zijn er geen bedrijven aanwezig die restwarmte produceren die gebruikt kan worden als warmtebron.
- De gemeente heeft zelf geen zicht op het energieverbruik van de gevestigde bedrijven. Bij de Omgevingsdienst Rivierenland (ODR) in Tiel is het verbruik van bedrijven die veel energie verbruiken wel enigszins bekend.
- De haalbaarheid van een TEO-systeem is zeer afhankelijk van de afstand tot de afnemers. Des te korter de afstand is, des te groter de haalbaarheid is van een TEO-project. Per project moet onderzocht worden of de afstand tussen het waterlichaam en de afnemers niet te groot is.

### **Meekoppelkansen**

Onder de bewoners van de gemeente Neder-Betuwe leeft het energieneutraal maken van de gemeente nog niet echt. De gemeente is wel druk bezig om haar bewoners te motiveren door middel van goede communicatie. De volgende punten met betrekking tot meekoppelkansen zijn aan bod gekomen:

- In 2021 staan voor een aantal wijken in Ochten, Kesteren, Dodewaard en Opheusden een rioleringsvervanging op de planning.
- Een rioleringsvervanging voor IJzendoorn staat op dit moment nog niet in de planning, maar zal over ongeveer vijf jaar plaatsvinden.
- In RAS (Regionaal Adaptatie Strategie) is de gemeente Neder-Betuwe ook bezig om beleid op te stellen om de gemeente bestand te maken tegen hittestress en verdroging. Plannen gelden ook voor IJzendoorn. *Er is hiervoor nog geen planning.* Dit beleid zal in aankomend jaar worden gemaakt.
- Op dit moment wordt er gewerkt aan dijkverbetering binnen de gehele gemeente.

### **Wettelijke kaders & regelingen**

De volgende aandachtspunten met betrekking tot wettelijke kaders en regelingen zijn aan bod gekomen tijdens het interview:

- Vanuit het Rijk is er een RRE-subsidie beschikbaar voor kleine energiebesparende maatregelen.
- De gemeente Neder-Betuwe heeft zelf een duurzaamheidslening voor haar inwoners.
- De uiterwaarden bij de Willemspolder vallen onder de Natura2000-gebieden.
- Door de buitendijkse ligging van de Willemspolder moeten de leidingen voor het TEO-systeem onder de dijk door.
- Na verwachting zullen er geen grote problemen zijn om water uit de Willemspolder te mogen onttrekken.

Als blijkt dat het realiseren van een TEO-systeem bij de Willemspolder haalbaar is en Dekker hiermee door wil gaan, is de gemeente Neder-Betuwe bereid om Dekker hierbij te ondersteunen.

## Bibliografie

- Agentschap NL. (2013). *Beheer Warmte Koude Opslag: Maximale benutting van uw WKO*. Utrecht: Agentschap NL.
- Bloemers, B. (2020, april 30). Uitwerking gesprek financieel hoofdstuk. (C. Hazeu, Interviewer)
- Boehrer, B., & Schultze, M. (2008). *Stratification of lakes*. Magdeburg, Duitsland: Helmholtz Centre for Environmental Research.
- Bot, B. (2016). *Grondwaterzakboekje Gwz 2016*. Rotterdam: Bot Raadgevend Ingenieur.
- Bruyn, J. (2019). *Inrichtingsplan eindafwerking Zandwinning Zwolle*. Dekker Groep.
- Buijze, A., Akerboom, S., Van Doorn-Hoekveld, W., Gilissen, H. K., Groothuijse, F., Janssen, W. A., . . . Van Rijswijk, M. (2019). *Juridisch kader aquathermie 2019; speelruimte voor de praktijk*. Univeriteit Utrecht. Amersfoort: STOWA. Opgehaald van <https://www.aquathermie.nl/bibliotheek/HandlerDownloadFiles.ashx?idnv=1496990>
- CBS, PBL, RIVM, WUR. (2018, december 13). *Temperatuur oppervlaktewater, 1910-2017*. Opgeroepen op maart 6, 2020, van Compendium voor de Leefomgeving: <https://www.clo.nl/indicatoren/nl0566-temperatuur-oppervlaktewater>
- De Beijer RTB B.V. (sd). *Thermochemische energie opslag*. Opgeroepen op februari 24, 2020, van De Beijer RTB B.V.: <https://www.ares-rtb.nl/thermochemische-energieopslag>
- De Ingenieur. (2019, april 16). *Zouttechnologie voor warmteopslag*. Opgeroepen op februari 24, 2020, van De Ingenieur: <https://www.deingenieur.nl/artikel/zouttechnologie-voor-warmteopslag>
- Dekker Groep. (2019). *Huisvestingskosten Dekker*. Dekker Groep.
- Dekker Groep. (sd).
- Dekker Groep. (sd). *Onze projecten*. Opgeroepen op april 20, 2020, van Dekker Groep: <https://www.deknergroep.nl/projecten/-648-bomhofsplas-zandwinning-zwolle/>
- Ecovat. (2016). *Quick Scan: Wageningen Benedenbuurt*. Uden. Opgehaald van <https://www.wageningenduurzaam.nl/wageningenwoontduurzaam/wp-content/uploads/sites/2/2016/04/Quick-Scan-Wageningen-Benedenbuurt.pdf>
- Ecovat. (2017, juni 26). *De rol van opslag in een groter energiesysteem*. Opgeroepen op februari 24, 2020, van Ecovat: <https://www.ecovat.eu/video/rol-opslag-groter-energiesysteem/>
- Ecovat. (2019). *Hoe werkt Ecovat?* Opgeroepen op februari 24, 2020, van Ecovat: <https://www.ecovat.eu/over-ecovat/werkingsprincipe-energie-opslag/>
- Energieconsultant. (sd). *Omrekenen kWh naar MJ*. Opgeroepen op april 30, 2020, van Energieconsultant: <https://www.energieconsultant.nl/energiemarkt/energie-berekeningen-uit-de-praktijk/omrekening-kwh-naar-mj/>
- Fruit Masters. (sd). *Duurzaamheid: vandaag keuzes maken voor beter fruit van morgen*. Opgeroepen op mei 25, 2020, van Fruit Masters.: <https://fruitmasters.com/nl/organisatie/duurzaamheid/>
- FruityLine. (sd). *About*. Opgeroepen op mei 25, 2020, van FruityLine: <https://fruity-line.nl/nl/about/>

- Gelderman, E., & Scholten, B. (2017). *Potentieel thermische energie uit oppervlaktewater (TEO)*. Waterschap Rijn en IJssel.
- Gemeente Zwolle. (2020). *Hessenpoort*. Opgeroepen op mei 26, 2020, van zwolle.nl: <https://www.zwolle.nl/ondernemen/vestigen-in-zwolle/bedrijventerreinen/hessenpoort>
- Gemeente Zwolle. (sd). *Zwolle geeft je energie*. Opgeroepen op mei 26, 2020, van zwolle.nl: <https://www.zwolle.nl/natuur-en-milieu/zwolle-geeft-je-energie>
- Geologie van Nederland. (sd). *Aardwarmte*. Opgeroepen op mei 4, 2020, van Geologie van Nederland: <https://www.geologievannederland.nl/ondergrond/afzettingen-en-delfstoffen/aardwarmte>
- H2O waternetwerk. (2019, december 9). *Drijvende zonnepanelen en hun effect op de waterkwaliteit*. Opgeroepen op april 17, 2020, van H2O: [https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/het-effect-van-drijvende-zonnepanelen-op-de-waterkwaliteit?comment\\_id=155](https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/het-effect-van-drijvende-zonnepanelen-op-de-waterkwaliteit?comment_id=155)
- Hazeu, C. (2020). Eigen gemaakte foto's plassen Dekker.
- IKSR. (2012). *Warmte-uitwisselingsprocessen*. Opgeroepen op maart 2020, van www.iksr.org: <https://nioo.knaw.nl/nl/achtergrond>
- Jeltes, T. (2015, november 3). *Sluitstuk; zout als verwarming*. Opgeroepen op februari 24, 2020, van Cursor: <https://www.cursor.tue.nl/nieuws/2015/november/sluitstuk-zout-als-verwarming/>
- Kleiwegt, E., & De Co, W. (2018). *Handreiking Aquathermie*. Amersfoort: STOWA. Opgehaald van <https://www.stowa.nl/publicaties/handreiking-aquathermie>
- Kleiwegt, E., Van Opstall, E., Budding, B. (2017). *Thermische energie uit oppervlaktewater*. Amersfoort: Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer. Opgehaald van <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202017/STOWA%202017-35%20handreiking%20teo.pdf>
- Klimaat Nederland. (2020). *Klimaat Nederland volgens het klimaatsysteem van Köppen*. Opgeroepen op april 17, 2020, van Klimaat Nederland: <https://www.klimaatnederland.nl/>
- Knoppers, R. (2018, juli). *Duurzame warmte opslaan in zomer en winter*. Opgeroepen op februari 24, 2020, van rijckertknoppers.nl: <http://rijckertknoppers.nl/duurzame-warmte-opslaan-in-zomer-en-winter>
- Koninklijk Nederlands Waternetwerk. (2015, juni 26). *Kansenkaart voor energie uit oppervlaktewater*. Opgeroepen op maart 6, 2020, van H2O: <https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/kansenkaart-voor-energie-uit-oppervlaktewater>
- Kruit, K., Schepers, B., Roosjen, R., & Boderie, P. (2018). *Nationaal potentieel van aquathermie*. CE Delft. Delft: CE Delft. Opgehaald van <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PROJECTEN/Projecten%202016/project449.003%20thermische%20energie/Rapport%20Nationaal%20potentieel%20van%20aquathermie.pdf>
- Medrano, A. E., Wisse, K., & Uittenbogaard, R. (2009). *Energy capture using urban surface water: modelling and in-situ measurements*. Delft University of Technology, Deltares, DWA Installation and Energy Consultancy. Glasgow: Eleventh International IBPSA Conference. Opgehaald van

[https://pdfs.semanticscholar.org/0f04/5203a2e2d340264932c487e10ab44d1cce4d.pdf?\\_ga=2.110464709.1964867564.1591079445-207160118.1591079445](https://pdfs.semanticscholar.org/0f04/5203a2e2d340264932c487e10ab44d1cce4d.pdf?_ga=2.110464709.1964867564.1591079445-207160118.1591079445)

Milieu centraal. (2020). *Gemiddeld energieverbruik*. Opgeroepen op maart 25, 2020, van Milieu centraal: <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/snel-besparen/grip-op-je-energierekening/gemiddeld-energieverbruik/>

Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2019, november 29). *Kabinet: 'Omgevingswet kan op 1 januari 2021 ingaan'*. Opgeroepen op april 4, 2020, van omgevingswetportaal.nl: <https://www.omgevingswetportaal.nl/actueel/nieuws/2019/11/29/kabinet-omgevingswet-kan-op-1-januari-2021-ingaan>

Netwerk Aquathermie. (sd). *Kansen voor nieuwe initiatieven*. Opgeroepen op april 23, 2020, van Netwerk Aquathermie: [https://www.aquathermie.nl/praktijk/kansen+voor+nieuwe+initiatieven/default.aspx#een\\_rekenvoorbeeld\\_hoeveel\\_oppervlaktewater\\_heb\\_ik\\_nodig](https://www.aquathermie.nl/praktijk/kansen+voor+nieuwe+initiatieven/default.aspx#een_rekenvoorbeeld_hoeveel_oppervlaktewater_heb_ik_nodig)

Niewold, F. (2018, september 3). *Pas op voor blauwalg en botulisme*. Opgeroepen op februari 24, 2020, van IF Technology: <https://www.iftechnology.nl/pas-op-voor-blauwalg-en-botulisme>

Niewold, F. (2018). *Thermische Energie uit Oppervlaktewater - Business case "Genderdal" Eindhoven*. IF Technology.

Ojah. (sd). *Projecten*. Opgeroepen op mei 18, 2020, van Ojah: <https://www.ojah.nl/duurzaamheid/projecten/>

Osté, A., Jaarsma, N., & Van Oosterhout, F. (2010). *Een heldere kijk op diepe plassen*. Amersfoort: Libertas. Opgehaald van <https://www.stowa.nl/publicaties/een-heldere-kijk-op-diepe-plassen>

Pennartz, A., & Van den Bovenkamp, M. (2016). *Het elektrisch energieverbruik en het warmteaanbod van koelinstallaties voor een veertigtal bedrijfssectoren*. Utrecht: Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Persteam TU/e. (2019, september 12). *Miljoenensubsidie brengt thuisgebruik warmtebatterij dichterbij*. Opgeroepen op februari 24, 2020, van Cursor: <https://www.cursor.tue.nl/nieuws/2019/september/week-2/miljoenensubsidie-brengt-thuisgebruik-warmtebatterij-dichterbij/>

Programma aardgasvrije wijken. (sd). *Programma aardgasvrije wijken*. Opgeroepen op april 19, 2020, van Programma aardgasvrije wijken: <https://www.aardgasvrijewijken.nl/overpaw/default.aspx>

Provincie Drente. (sd). *WKO-systemen*. Opgeroepen op april 13, 2020, van Provincie Drente: <https://www.provincie.drenthe.nl/bodemenergie/bodemenergiesystemen/wko-systemen/>

QGIS. (2020, maart). QGIS. Opgeroepen op mei 2020

RCC Koude & luchtbehandeling. (2016, maart 24). *Koel- en vrieshuizen; energiegebruik en veiligheid*. Opgeroepen op mei 7, 2020, van RCC Koude & luchtbehandeling: [https://www.koudeenluchtbehandeling.nl/nieuws/koel-en-vrieshuizen-energiegebruik-en-veiligheid-62774?vakmedianet-approve-cookies=1&\\_ga=2.115208263.1172540218.1588940897-2127742119.1587723539](https://www.koudeenluchtbehandeling.nl/nieuws/koel-en-vrieshuizen-energiegebruik-en-veiligheid-62774?vakmedianet-approve-cookies=1&_ga=2.115208263.1172540218.1588940897-2127742119.1587723539)

- RebelGroup Energie B.V. (2018, juni 7). TEO-cockpit. *TEO\_financiele\_cockpit\_2d*. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer. Opgehaald van <https://www.stowa.nl/onderwerpen/circulaire-economie/produceren-van-energie-om-aquathermie/thermische-energie-uit#1634>
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (2019). *Energie-investeringsaftrek (EIA), Energielijst 2020*. Zwolle: RVO.
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (2020a). *Energie-investeringsaftrek (EIA)*. Opgeroepen op mei 13, 2020, van RVO: <https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/energie-investeringsaftrek-eia>
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (2020b). *ISDE Apparatenlijst Warmtepompen 2020*. RVO.
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (2020c). *WKO-bodemenergietool*. Opgeroepen op april 18, 2020, van wkotool.nl: <https://wkotool.nl/>
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (sd). *ISDE: Subsidie duurzame energie voor particulieren*. Opgeroepen op maart 27, 2020, van RVO: <https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/isde/particulieren>
- Rijkswaterstaat. (2016). *Factsheet: NL93\_8 Bovenrijn, Waal*. Waterkwaliteitsportaal.
- Rijkswaterstaat. (2020, april 8). Waterhoogte t.o.v. NAP in cm voor 07/04/2015 t/m 07/04/2020. Opgehaald van <https://waterinfo.rws.nl/#1/kaart/waterhoogte-t-o-v-nap/>
- Rijkswaterstaat. (sd). *Hoe is de omrekening van verbruik stadsverwarming naar m3 aardgas?* Opgeroepen op april 30, 2020, van InfoMil: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/duurzaamheid-energie/energiebesparing/vragen-antwoorden/overige-vragen/omrekening-verbruik/>
- ROM3D & Inenergie. (sd). *Energie uit oppervlaktewater*. Opgeroepen op februari 24, 2020, van Arcgis: <https://www.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=4753396c44b64f27a5f8ca7e0314db4b>
- Rotman, E. (2020, maart 23). *De grootste van Europa: hoe Nederland de toon zet met drijvende zonneparken*. Opgeroepen op mei 7, 2020, van Duurzaam Bedrijfsleven: <https://www.duurzaambedrijfsleven.nl/energietransitie-business/33473/drijvende-zonneparken-europa>
- RTV Oost. (2020, januari 31). *Grootste drijvende zonnepark van Europa wordt gebouwd in Zwolle*. Opgeroepen op februari 11, 2020, van RTV Oost: <https://www.rtvooost.nl/nieuws/325197/Grootste-drijvende-zonnepark-van-Europa-wordt-gebouwd-in-Zwolle>
- Scholten, T., Kruit, K., Van de Water, S., Nieuwenhuijse, I., & Wielders, L. (2019). *Duurzame energie projectgebied Grebbedijk*. Delft: CE Delft. Opgehaald van [https://grebbedijk.com/images/downloads/VKA/Duurzame\\_Energie\\_Projectgebied\\_Grebbedijk.pdf](https://grebbedijk.com/images/downloads/VKA/Duurzame_Energie_Projectgebied_Grebbedijk.pdf)
- Sipma, J., & Rietkerk, M. (2016). *Ontwikkeling energiekentallen utiliteitsgebouwen*. Petten: ECN.
- SolarEis. (2019). *Zo werkt het*. Opgeroepen op februari 24, 2020, van Solareis: [https://www.solareis.nl/zo\\_werkt\\_het.html](https://www.solareis.nl/zo_werkt_het.html)

- Stolk, A., & Van Haaren, T. (2017). *Ecoscan Bomhofsplas*. Amsterdam: Sweco.
- STOWA. (2018). *Factsheet - thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) - Harderweide in Harderwijk*. Amersfoort: Wageningen University & Research. Opgehaald van <https://edepot.wur.nl/460792>
- STOWA. (2020). *Potentie Aquathermie*. Opgeroepen op april 25, 2020, van [stowa.geoapps.nl](https://stowa.geoapps.nl/Overzichtskaart?permalink=3514fc3011aa4a6295f6a2030afccbe7): <https://stowa.geoapps.nl/Overzichtskaart?permalink=3514fc3011aa4a6295f6a2030afccbe7>
- SWECO. (2017). *Oppervlaktewaterkwaliteit verondieping Bomhofsplas*. IJendoorn: Dekker.
- SWECO. (2018). *Geohydrologisch onderzoek verondieping*. Arnhem: Dekker.
- Syitraal & Deltares. (sd). *Rekenregels warmte uit oppervlaktewater*. Opgeroepen op mei 23, 2020, van [https://stowa.omgevingswarmte.nl/upload/rekenregels\\_teo.pdf](https://stowa.omgevingswarmte.nl/upload/rekenregels_teo.pdf)
- TKI Urban Energy. (sd). *Warmteopslag*. Opgeroepen op februari 24, 2020, van Topsector Energie: <https://www.topsectorenergie.nl/tki-urban-energy/kennisdossiers/warmteopslag>
- TNO. (sd). *Drijvende zonnepanelen*. Opgeroepen op mei 30, 2020, van TNO: <https://www.tno.nl/nl/aandachtsgebieden/energietransitie/roadmaps/naar-een-overvloed-aan-zonnestroom/zonne-energie-slim-integreren-in-onze-leefomgeving/drijvende-zonnepanelen/>
- Unie van Waterschappen. (2020, februari 19). *Aquathermie komt in aanmerking voor subsidie*. Opgeroepen op maart 23, 2020, van Unie van Waterschappen: <https://www.uvw.nl/aquathermie-komt-in-aanmerking-voor-subsidie/>
- Van den Berg, P. (2020, mei 11). *Uitwerking gesprek Gemeente Neder-Betuwe*. (N. Braas, & C. Hazeu, Interviewers)
- Van der Grinten, E., Van Herpen, F., Van Wijnen, H., Evers, C., Wuijts, S., & Verweij, W. (2007). *Afleiding maximumtemperatuurnorm goede ecologische toestand (GET) voor Nederlandse grote rivieren*. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Bilthoven: RIVM.
- Van der Velden, N., & Smit, P. (2019). *Energiemonitor van de Nederlandse glastuinbouw 2018*. Wageningen: Wageningen Economic Research.
- Van Dongen, A. (2019, juni 13). *Zorgen over zonnepanelen op water: 'Leg eerst de daken vol'*. Opgeroepen op mei 12, 2020, van AD: <https://www.ad.nl/binnenland/zorgen-over-zonnepanelen-op-water-leg-eerst-de-daken-vol~ad5352f5/?referrer=https://www.google.com/>
- Van Mierloo, T., & Holtrust-Westerbeek, J. (2019). *Herinrichting Willemspolder Fase 1; Notie over de inhoud van de milieueffectrapportage*. Dekker Grondstoffen B.V.
- Veen, T. (2020, april 3). Interview Timo Veen. (N. Braas, & C. Hazeu, Interviewers)
- Waterforum. (2019, september 16). *Dringende behoefte aan beleid voor aquathermie*. Opgeroepen op april 4, 2020, van Waterforum: <https://www.waterforum.net/dringende-behoefte-aan-beleid-voor-aquathermie/>
- Wiebes, E. (2020, februari 17). *Kamerbrief over voortgang SDE++ en eerste openstelling SDE++ 2020*. Opgeroepen op april 6, 2020, van

<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2020/02/17/kamerbrief-over-voortgang-verbrede-sde-en-eerste-openstelling-sde-2020>

Wijnia, A., & Schuitemaker, J. (2020, mei 11). *Aquathermie Webinar*. Opgeroepen op mei 25, 2020, van IF Technology: [https://www.iftechnology.nl/media/downloads/vragen\\_en\\_antwoorden\\_webinar\\_aquathermie.pdf](https://www.iftechnology.nl/media/downloads/vragen_en_antwoorden_webinar_aquathermie.pdf)

Wikipedia. (2019, maart 26). *Koude-warmteopslag*. Opgeroepen op februari 24, 2020, van Wikipedia: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Koude-warmteopslag>

Wikipedia. (2020, april 5). *Zeeklimaat*. Opgeroepen op mei 14, 2020, van Wikipedia: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Zeeklimaat>