



Thermisch effect op oppervlaktewater studie: Duivendrechtstevaart

TEO installatie Duivendrechtstevaart t.b.v. ontwikkeling
Amstelkwartier 3e fase en Kauwgomballenkwartier

Sara Giorgi
Jan Olsman
Harry de Brauw

Datum

4 februari 2021

Ons kenmerk

RAP_20210204_DF01_TEO 3D
Duivendrechtstevaart

Versie

01

Projectnummer

01.2421

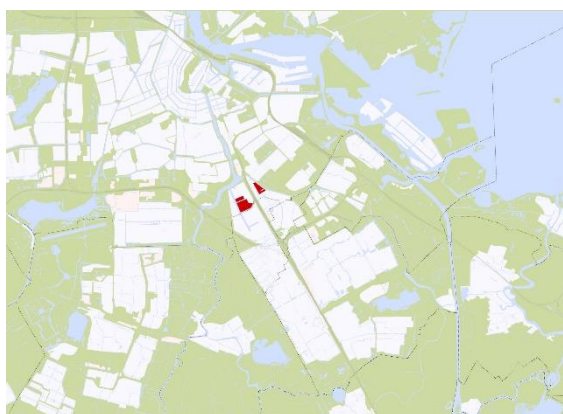
Inhoud

| | |
|--|-----------|
| Inhoud | 3 |
| 1 Samenvatting | 5 |
| 2 Disclaimer | 6 |
| 3 TEO – Thermische Energie uit Oppervlaktewater | 6 |
| 4 Het model | 7 |
| 4.1 Model kenmerken | 7 |
| 4.2 Temperatuur | 7 |
| 4.3 Debieten | 7 |
| 5 De casus | 7 |
| 6 Resultaten | 9 |
| 7 Discussie | 11 |
| 8 Conclusies | 11 |
| 9 Bijlagen | 12 |

1 Samenvatting

Deze notitie is onderdeel van de informatieve stukken van de aanbesteding van het warmte/koude systeem van het WAD-Kwartier. Aan deze notitie kunnen geen rechten worden ontleend en deze notitie dient enkel ter informatie en inspiratie over de mogelijke toepassing van TEO in het projectgebied. Deze notitie is opgesteld door Waternet in samenwerking met de gemeente Amsterdam.

In deze notitie staan de resultaten van het 3D model van de Thermische Energie uit Oppervlakte (TEO) installatie bij de Duivendrechtsevaart. Hierbij is gekeken naar het programma binnen de deelgebieden Amstelkwartier 3^e fase en Kauwgomballenkwartier waarbij warmte wordt gewonnen uit de Duivendrechtsevaart. De jaarlijkse warmte onbalans is geschat op 20.700 GJ/jaar¹ welke in een TEO vermogen van 2,3 MWth² is vertaald. Dit betekent een debiet van 395 m³/h met een afkoeling van 5 graden tijdens het zomer seizoen (2500 draaiuren).

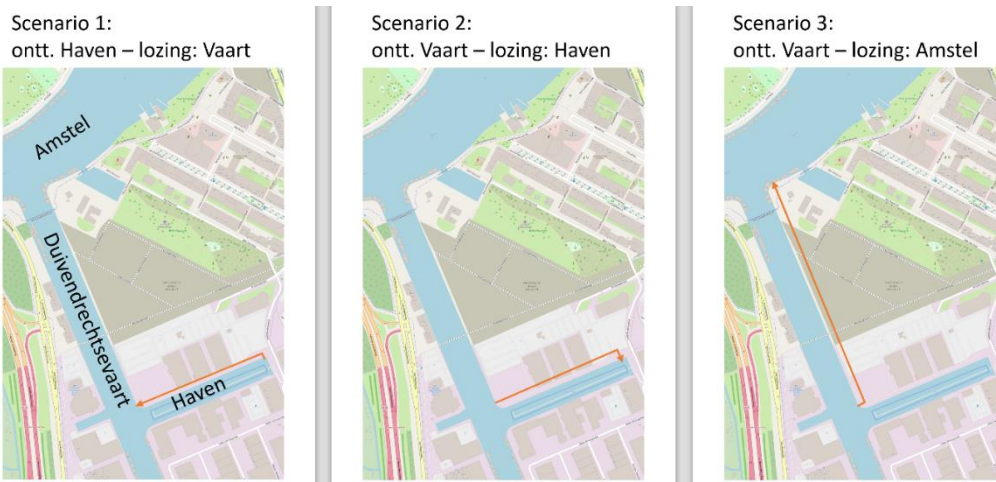


Figuur 1 Projectlocatie WAD-Kwartier.



Figuur 2 Deelgebieden binnen WAD-Kwartier.

Dit vermogen is de bovengrens scenario – voor als het gebied volledig ontwikkeld wordt. Er zijn 3 verschillende opstellingen bestudeerd met verschillende plaatsing van onttrekkings- en lozingspunten. In alle 3 scenario's bevindt de TEO zich in of dichtbij de Duivendrechtsevaart.



Figuur 3 Locaties van onttrekking en lozing installaties voor de 3 bestudeerde scenario's.

In alle drie de scenario's is de kans op kortsluiting beperkt. Onder kortsluiting wordt verstaan dat de temperatuur van het inlaatwater wordt beïnvloed door de koude lozing. In scenario 1 is de kans op kortsluiting het grootst en in scenario 3 het kleinst. Scenario 3 (met lozing op de Amstel en onttrekking in de Vaart) heeft de grootste potentie/

¹ Afhankelijk van de configuratie en aannames kan deze onbalans verschelen. In dit document wordt deze waarde aangehouden bij de modellering.

² Onder de aanname van 2500 draaiuren van de installatie.

laat het minste kortsluiting zien. De temperatuur van het water bij het innamepunt wordt hier dus het minst beïnvloed door de koude lozing. Scenario 2 is mogelijk voordeliger vanuit ruimtelijke overwegingen.

2 Disclaimer

De aangeleverde informatie is opgesteld door Stichting Waternet namens het Waterschap Amstel, Gooi en Vecht en de gemeente Amsterdam. Alle informatie is verkregen van bronnen die als accuraat en betrouwbaar gezien worden. Vanwege de mogelijkheid op materiaal, interpretatie- en analysefouten, kan noch Stichting Waternet, noch Waterschap Amstel, Gooi en Vecht noch gemeente Amsterdam garantie geven op volledigheid dan wel juistheid van de verstrekte gegevens. Hoewel de aangeleverde informatie met de grootste zorg is samengesteld aanvaardt noch Stichting Waternet, noch Waterschap Amstel, Gooi en Vecht, noch gemeente Amsterdam enige aansprakelijkheid voor schade, veroorzaakt door mogelijke onjuistheden in de verstrekte informatie.

De resultaten in dit rapport zijn modelresultaten. De gebruikte software (Delft 3DFM Flexible Mesh Suite) is momenteel nog in Bèta-versie en is nog niet uitontwikkeld. Hierdoor missen er nog bepaalde functionaliteiten en kunnen er mogelijk fouten in de berekeningen zitten.

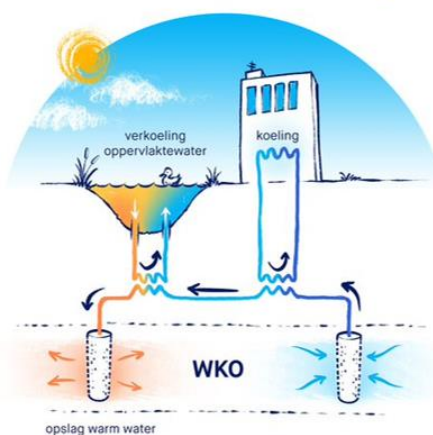
Met het model wordt de werkelijkheid zo goed mogelijk gesimuleerd. Het model en de werkwijze zijn getoetst op basis van gemeten en berekende temperaturen in oppervlaktewater. Hierop is het model zo nauwkeurig mogelijk gekalibreerd. Door vele parameters en invloeden (o.a. weersomstandigheden) zal de werkelijkheid altijd afwijken ten opzichte van de gesimuleerde resultaten.

In het toegepast model zijn als invoer gemeten debieten en meteorologische data uit 2013 gebruikt. Debieten en meteorologische data zijn voor ieder jaar uniek. Het jaar 2013 was een gemiddeld jaar zonder extremen wat betreft afvoer en is onder andere gekozen vanwege de goede beschikbaarheid van data.

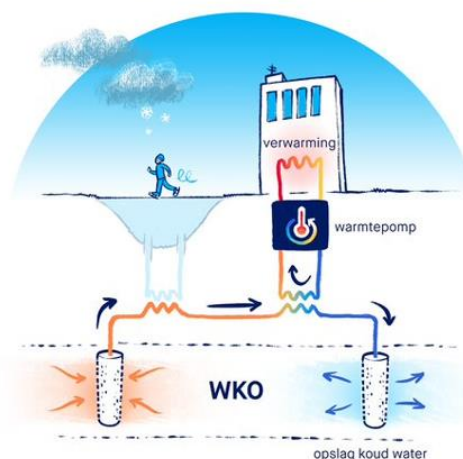
3 TEO – Thermische Energie uit Oppervlaktewater

Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) is de naam voor de winning, de opslag en het transport van warmte en/of koude vanuit oppervlaktewater, doorgaans voor de verwarming en/of koeling van gebouwen en woningen. De basis van dit systeem is een warmtewisselaar waar 's zomers oppervlaktewater doorheen wordt gepompt. Warmte wordt direct benut en/ of opgeslagen in de bodem in WKO bronnen. Het afgekoelde oppervlaktewater wordt geloosd. Om thermische kortsluiting te voorkomen, mag het geloosde koude water niet opnieuw worden aangezogen door de TEO-installatie (voordat het weer door de atmosfeer/ zonnestraling is opgewarmd).

Warmte winnen en koelen gebouw



Verwarmen gebouw



Figuur 4 Schematische weergave van het functioneren van een TEO installatie i.c.m. een WKO (Warmte Koude Opslag). In dit voorbeeld is de WKO een accu die zomers opgeladen wordt met warmte uit oppervlaktewater en warmte die vrijkomt uit koeling van gebouwen.

4 Het model

4.1 Model kenmerken

Om de invloed van de TEO installatie op de temperatuur in het oppervlaktewater te simuleren en analyseren is gebruikt gemaakt van het model Delft 3DFM Flexible Mesh Suite (D-Hydro). Dit door Deltares ontwikkelde model bestaat uit een 3D grid waarbij de diepte evenredig is ingedeeld in 5 lagen (ieder 20% van de diepte).

In het model is de periode van 1 april t/m 30 september 2013 gesimuleerd. Voor deze periode is gekozen omdat hiervan nauwkeurige meetdata beschikbaar is en omdat het jaar 2013 een relatief koud jaar is. Hierdoor zijn de berekeningen in dit document conservatief. **Figuur 10** in de bijlage geeft inzicht in de zomerse watertemperaturen over de afgelopen jaren.

WKO bronnen dienen binnen een periode van 5 jaar in balans te zijn. Dat wil zeggen dat in deze periode evenveel warmte onttrokken mag worden als wordt toegevoegd. Een relatief koud jaar kan resulteren in een extra warmte vraag en/of minder warmte aanbod vanuit het oppervlaktewater. Dat is geen probleem zolang het tekort aan warmte binnen 5 jaar aangevuld wordt in een warmer jaar.

4.2 Temperatuur

Om een TEO systeem te mogen exploiteren is een Watervergunning nodig. De vergunning verlener stelt qua temperatuur veelal de volgende randvoorwaarden aan het systeem:

- Warmte mag pas uit het oppervlaktewater onttrokken worden wanneer dit water 16 °C of warmer is.
- Het temperatuurverschil tussen het te onttrekken water en het te lozen water mag niet groter zijn dan 5 °C

Voor de temperatuur berekeningen is uitgegaan van meteo data van weerstation Schiphol (luchttemperatuur, straling, relatieve luchtvochtigheid, bewolking, en windsnelheid en -richting).

De (achtergrond) watertemperatuur in het model is initieel op 15 °C ingesteld. Dat betekent dat het water aan het begin van de simulatie overal 15 °C is. Door de loop van de tijd wijzigt deze temperatuur op basis van het D-Hydro temperatuur model (uitwisseling met de atmosfeer). De temperatuur van het instromende water aan de randen van het model volgt een temperatuur-tijdreeks wat een vereenvoudiging is van de werkelijkheid. **Figuur 9** in de bijlage geeft de gemodelleerde watertemperatuur van de Amstel in 2013 weer. Deze temperatuur is iets conservatiever dan de gemeten waarden in de Amstel, zie **Figuur 10**. In 2013 was de Amstel gedurende 2650 uur warmer dan 16°C. Gemiddeld over de periode 2012 – 2019 was de Amstel jaarlijks 3025 uur/jaar warmer dan 16°C.

4.3 Debieten

In het model zijn de ingevoerde debieten afkomstig uit het Sobek boezemmodel van Waternet. Deze zijn net als de temperatuur gesimuleerd voor 2013 op basis van gemeten data. In de bijlage zijn figuren opgenomen (**Figuur 12**) omtrent de stroomsnelheden (in de Amstel, Duivendrechtsevaart en de haven) ten gevolge van de TEO onttrekking en natuurlijke stroming.

5 De casus

Voor de warmte- en koudevoorziening van de nieuwbouw ontwikkeling in Amstelkwartier 3^e fase en Kauwgomballenkwartier wordt een collectief WKO systeem beoogt. Netto heeft deze ontwikkeling een warmtevraag. TEO uit de Duivendrechtsevaart biedt mogelijkheden om de benodigde warmte te leveren.

De ongeveer 2.000 WEQ (woningequivalenten) hebben een jaarlijkse warmte onbalans van ongeveer 20.700 GJ/jaar. Om dit gedurende de zomerperiode (2500 uur) uit het oppervlaktewater te onttrekken is een TEO vermogen van 2,3 MWth nodig. Bij een maximale afkoeling van het oppervlaktewater met 5°C vergt dit een onttrekkingsdebiet

van 395 m³/h. Een draaiperiode van 2500 uur was gekozen als worst case op basis van gemeten data (zie Tabel 2 in de bijlage).



Figuur 5 Locatie van het project Amstelkwartier 3^e fase en Kauwgomballenkwartier.

Tabel 1 Samenvatting van uitgangspunten voor simulatie.

| | |
|---|----------------------------------|
| Simulatie periode | 1 april 2013 – 30 september 2013 |
| Draaiperiode van de TEO in model | 1 mei 2013 – 30 september 2013 |
| Aantal vollasturen TEO per jaar | 2.500 uur |
| Debiet TEO, continue | 395 m ³ /h |
| Afkoeling TEO, continue | 5 °C |
| Thermisch vermogen | 2,3 MWth |
| Positie van onttrekking | toplaag |
| Positie van lozing | toplaag |
| Stroomsnelheid in de buis bij onttrekking en lozing | 1 m/s |
| Diameter buis bij onttrekking en lozing | 0.11m ² |

Voor de locatie van onttrekking en lozing zijn 3 scenario's bekeken:

1. Onttrekking in de haven (zijtak van de Duivendrechtsevaart) en lozing in de Duivendrechtsevaart.
2. Onttrekking in de Duivendrechtsevaart en lozing in de haven (zijtak van de Duivendrechtsevaart).
3. Onttrekking in de Duivendrechtsevaart en lozing in de Amstel.

Scenario 1:
ontt. Haven – lozing: Vaart



Scenario 2:
ontt. Vaart – lozing: Haven



Scenario 3:
ontt. Vaart – lozing: Amstel



Figuur 6 Locaties van onttrekking en lozing installaties voor de 3 bestudeerde scenario's.

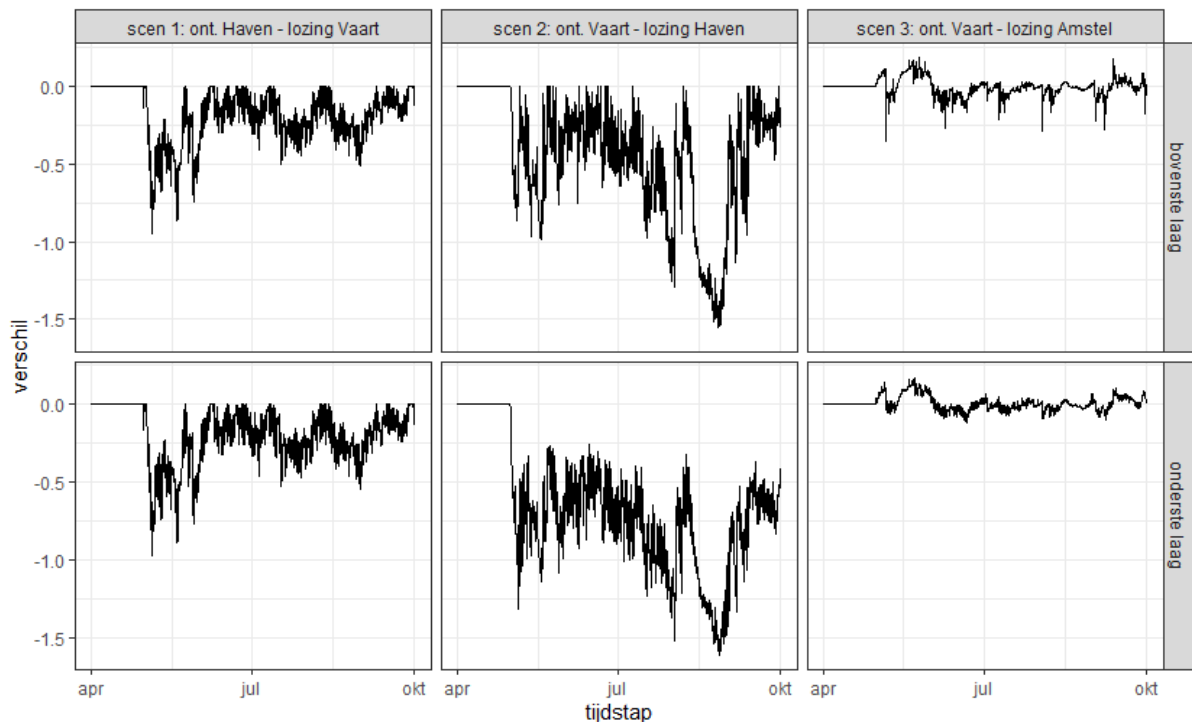
6 Resultaten

Randvoorwaarde voor een goed ontworpen TEO installatie is dat er geen thermische kortsluiting ontstaat; dat wil zeggen, dat de installatie geen koude uit zijn eigen lozing opzuigt. Geloosd afgekoeld water dient door thermische uitwisseling met de omgeving (water/ atmosfeer) opgewarmd te zijn alvorens eventueel opnieuw als bron voor de TEO benut te worden. Als onttrekkings- en lozingspunt te dicht bij elkaar liggen kan thermische kortsluiting voorkomen. Hierbij dient rekening gehouden te worden met eventuele omkering van de stromingsrichting, zoals in de Amstel zomers kan optreden onder invloed van opwaartse druk vanaf de sluizen bij IJmuiden.

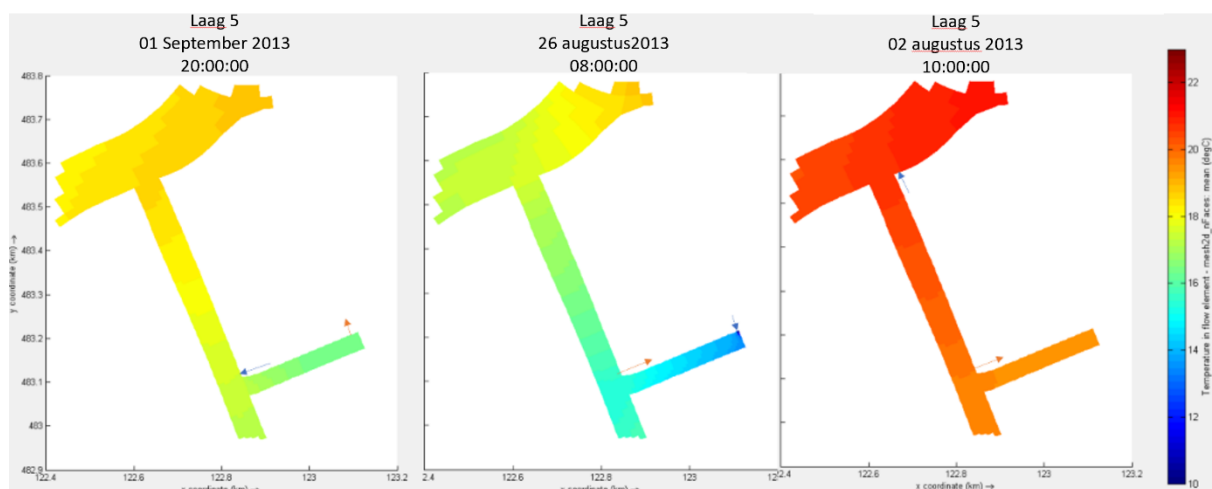
De manier waarmee we een eventuele kortsluiting detecteren is door te vergelijken met de referentiesituatie (m.a.w. zonder een draaiende TEO installatie). In de referentie situatie is de temperatuur bij het onttrekkingspunt de achtergrondtemperatuur. Indien de temperatuur hier onder invloed van een TEO afkoelt is er sprake van thermische kortsluiting.

Figuur 7 toont de temperatuurverschillen bij de onttrekkingslocatie tussen referentie scenario (natuurlijke situatie) en het TEO scenario. Een verschil van exact 0 °C bij het onttrekkingspunt blijkt in deze casus niet realistisch. Er blijft een marge en dus sprake van enige kortsluiting. Welke marge acceptabel is hangt af van verschillende factoren (zie discussie).

Let op: In de simulatie draait de TEO installatie van 1 mei tot 30 september. Tussen 1 mei en 15 april is het oppervlaktewater kouder dan 16°C. Op dat moment mag TEO in de praktijk geen warmte onttrekken.



Figuur 7 Temperatuurverschil bij onttrekkingslocatie ten gevolge van de TEO installatie. Negatieve waarde betekent een lagere temperatuur als gevolg van de koude lozing. Door een lichte verandering in debieten in de Duivendrechtsevaart (door de onttrekking en lozing) kan het voorkomen dat het verschil positief wordt (en er dus warmer water wordt onttrokken). De onderste afbeeldingen laten de temperatuur in de onderste laag zien. Het water is hier een kleine beetje kouder dan in de toplaag. Dit komt doordat koude naar beneden zakt.



Figuur 8 Momentopname van het moment met de grootste kortsluiting bij de 3 scenario's (gelijk kleurschaal) in de toplaag.

Figuur 8 geeft de situatie weer op het moment dat de meeste kortsluiting optreedt en het water warmer is dan 16°C. Let op dat dit voor elk scenario op een ander moment zich voordoet (zie tijdstippen bovenin figuur). Het figuur laat dus de koude pluim zien ten opzichte van de omgeving. Hierin is te zien dat scenario 3 de minste invloed heeft op de omgeving en scenario 2 het meest. Dit komt overeen met de grafieken in **Figuur 7**.

7 Discussie

Uit de drie berekende scenario's blijkt dat scenario 3, waarbij water wordt onttrokken in de vaart en geloosd op de Amstel, het minste kortsluiting geeft. Gedurende de hele simulatieperiode blijft het temperatuurverschil kleiner dan 0,3°C. Meestal zelfs kleiner dan 0,1°C. Deze configuratie heeft het minste effect op de temperatuur van het oppervlaktewater.

In Scenario 1 (onttrekking in de Haven en lozing op de Vaart) is het temperatuurverschil tijdens de simulatieperiode nooit groter dan 1°C. Vanaf begin juni (wanneer het water warmer wordt dan 16°C en de TEO mag draaien) is het temperatuurverschil kleiner dan 0,5°C.

In scenario 2 (onttrekking op de Vaart en lozing in de haven) treed de meeste kortsluiting op: temperatuurverschillen tot 1,5°C (in de periode de watertemperatuur warmer is dan 16°C) en vaak voor lange perioden groter dan 0,5°C.

In het algemeen geldt dat, hoe verder onttrekkings- en lozingspunt van elkaar verwijderd zijn, hoe minder kortsluiting optreedt. Dus als bijvoorbeeld scenario 1 niet acceptabel is kan er mogelijk voor gekozen worden om de 2 punten uit elkaar te schuiven. Kosten van leidingwerk en beschikbare ruimte in de ondergrond spelen hierbij tevens een rol.

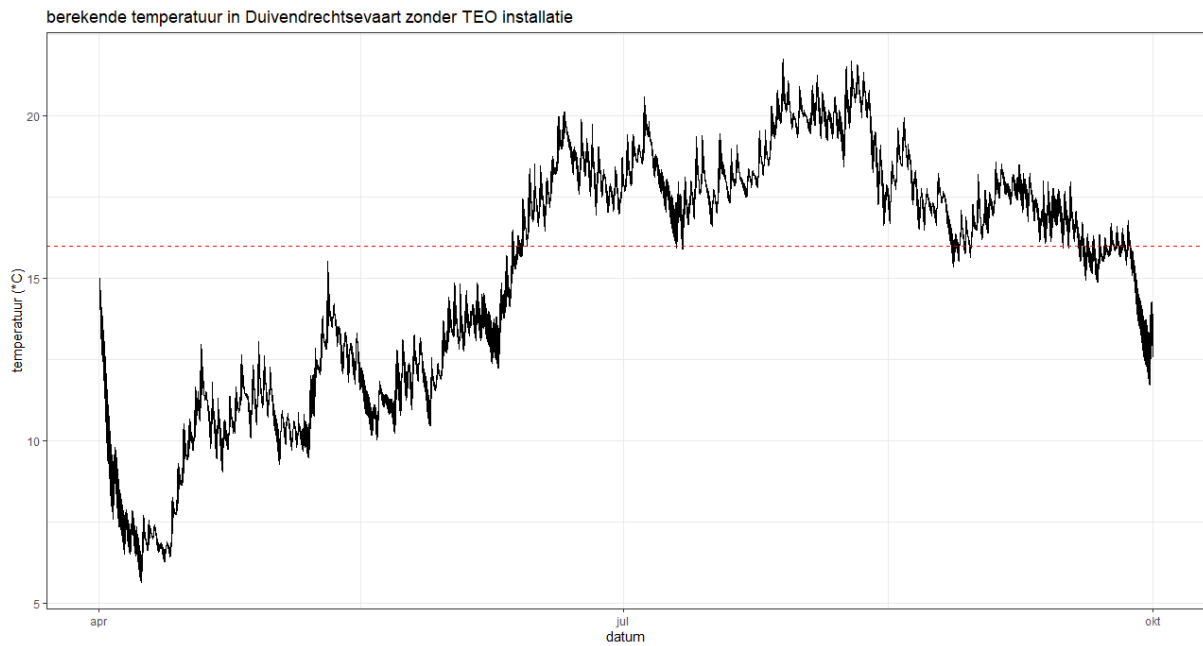
Wat voor kortsluiting "acceptabel" is hangt af van het interpreteren van de resultaten. Hierbij zijn verschillende aspecten te overwegen:

- 1) **Het voorkomen van een negatieve trend.** Loopt het temperatuur verschil steeds op – of is er een schommeling? Als het geval de eerste is, dan is het een serieuze kortsluiting. *In de Duivendrechtstevaart gebeurt dit niet.*
- 2) **Vergunningskader.** De draaiperiode van de installatie, en de toegestane maximale afkoelingen zijn afhankelijk van het vergunningskader. Dit kan afwijken van de condities waarop deze simulatie is gebaseerd.
- 3) **Ontwerp/installatie overwegingen.** De ontwerper dient aan te geven bij welke oppervlaktewatertemperatuur TEO economisch bruikbaar is als warmtebron.

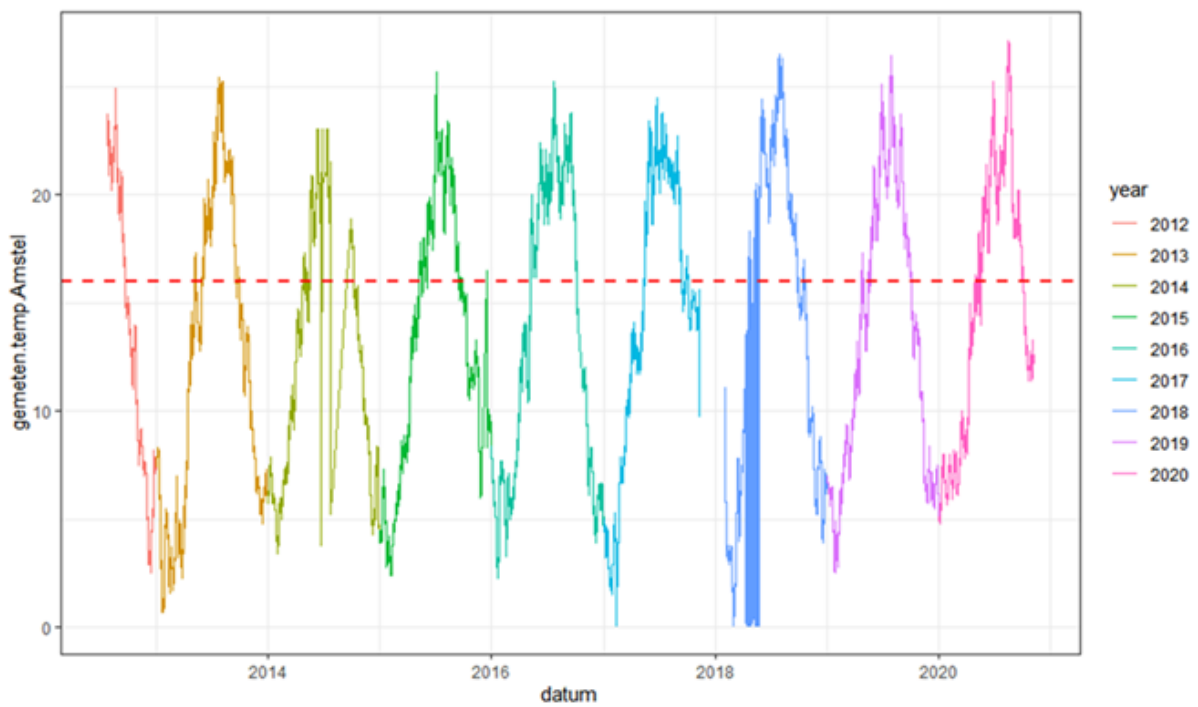
8 Conclusies

Een TEO installatie bij de Duivendrechtstevaart is vanuit het watersysteem gezien technisch toepasbaar. Er is voldoende potentie in dit waterlichaam. Goed uitgevoerd zal dit een heel beperkt effect hebben op de temperatuur van de Amstel. De keuze voor de configuratie (locaties van onttrekkings- en lozingspunt) is afhankelijk het te verkrijgen vergunningskader, alsmede overige relevante aspecten zoals configuratie van het warmtenet, beschikbare ruimte etc.

9 Bijlagen



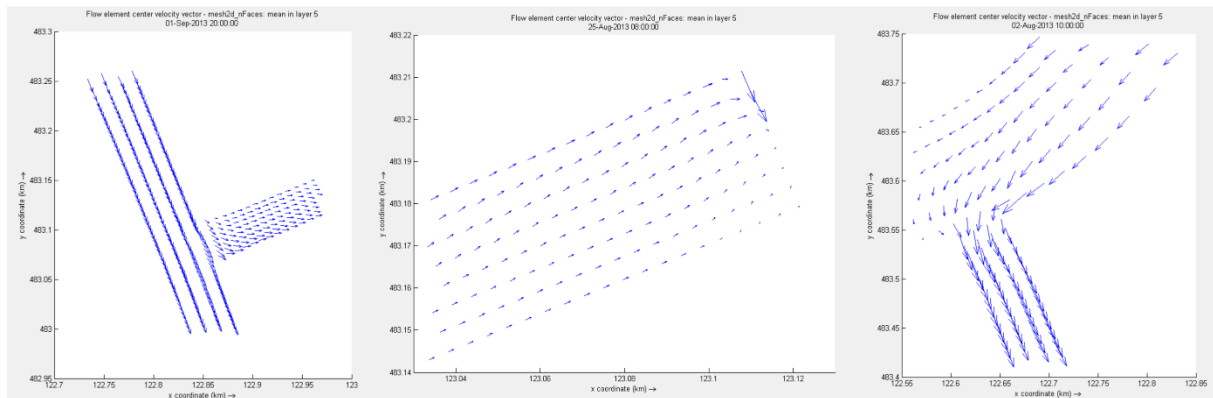
Figuur 9 Gemodelleerd temperatuur in de Amstel in 2013.



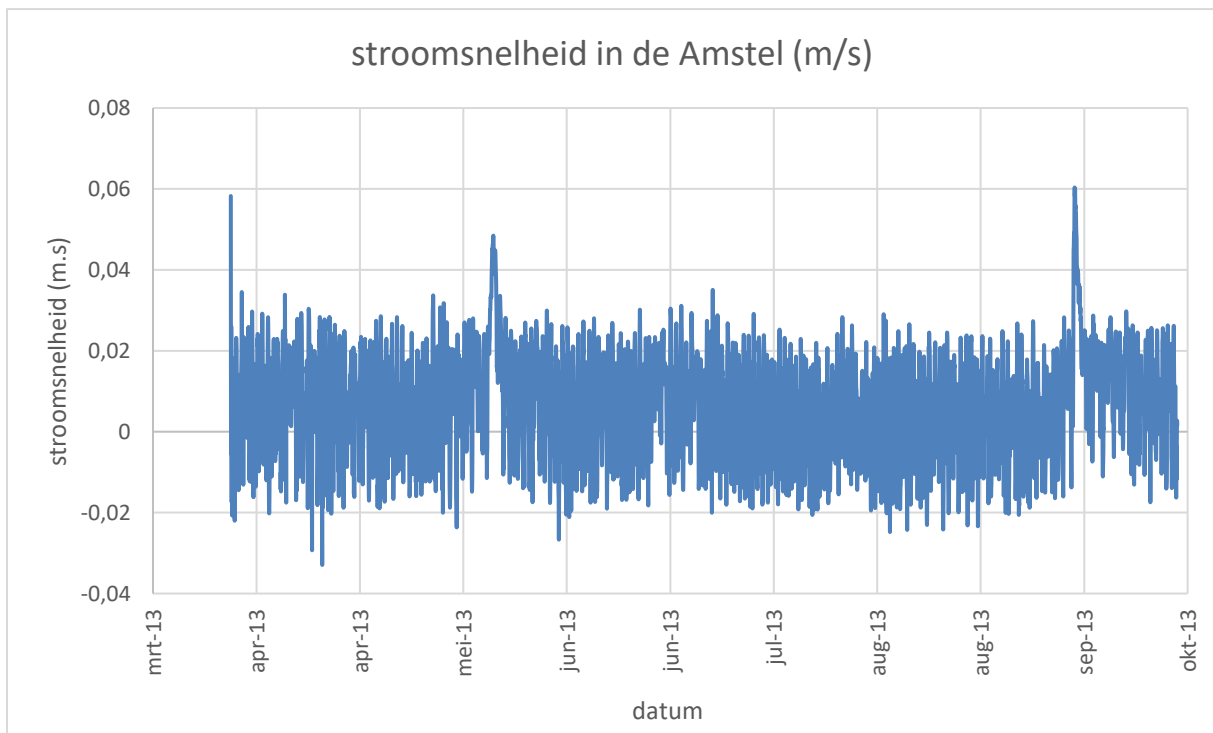
Figuur 10 Gemeten temperatuur in de Amstel vanaf 2012 tot 2020.

Tabel 2 Aantal uren waar het water warmer is dan 16°C tussen 2013 en 2019.

| Jaar | Aantal uur boven 16 graden (gemeten) |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 2013 | 2625 |
| 2014 | 1739 |
| 2015 | 3048 |
| 2016 | 3607 |
| 2017 | 3133 |
| 2018 | 3633 |
| 2019 | 3388 |
| Gemiddeld periode 2013 - 2019 | 3025 |



Figuur 11 Stroomrichting (pijlen) en indicatieve stroomsnelheid (grootte van pijl) bij de onttrekking van de drie scenario's.



Figuur 12 Stroomsnelheid in de Amstel.