



Waterenergieplan Eindhoven

Potentie en kaders voor aquathermie

Gemeente Eindhoven en het Waterschap De Dommel



EINDHOVEN

Waterenergieplan Eindhoven

Kenmerken			
Projectnummer	22337	Datum	18 juli 2025
Auteurs		Co-lezers	
Onderwerp	Waterenergieplan Eindhoven		
Kenmerk	22337-1248587	Status	Definitief
Opdrachtgevers	Gemeente Eindhoven Stadskantoor, Stadhuisplein 1a 5611 EM Eindhoven 040 – 238 60 00	Uitgevoerd door	DWA B.V. Harderwijkweg 7 2803 PW Gouda 088 – 163 53 00
	Waterschap De Dommel Bosscheweg 56 5283 WB Boxtel 0411 – 618 618		IF Technology Velperweg 35 6824 BE Arnhem 026 – 353 55 55

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	5
1 Kaders voor duurzame warmte, binnen de grenzen van ecosystemen en het waterbeheer	8
1.1 Doelen Waterenergieplan	8
1.2 Belangen en belangenafweging	8
1.3 Juridische inkadering	9
1.4 Waterenergieplan 1.0	9
1.5 Leeswijzer	9
2 Uitgangspunten en onderzoeksmethodiek	10
2.1 Algemene uitgangspunten	10
2.2 Kaders voor TEO-potentie	10
2.2.1 Stromende wateren	10
2.2.2 Stilstaande wateren	13
2.3 Kaders voor TEA-potentie	17
3 Thermische potentie aquathermie TEO en TEA	20
3.1.1 Potentie TEO	20
3.1.2 Potentie TEA	21
4 Effecten op de Dommel – Delft 3D	24
4.1 Uitgangspunten en methodiek modellering	24
4.1.1 Modellering TEO-systemen voor de RWZI	25
4.1.2 Modellering TEA-systeem bij de RWZI	25
4.1.3 Resultaten TEO-modellering	27
4.1.4 Resultaten TEA-modellering	30
5 Warmtepotentie en warmtevraag	33
5.1 Totale potentie aquathermie voor Eindhoven	33
5.2 Energievraag	34
5.2.1 Kaders en uitgangspunten	34

5.3	Analyse	35
5.4	Verdeling van warmtepotentie naar warmtevraag	37
5.5	Conclusies totale potentie en verdeling van warmtepotentie naar warmtevraag	40
6	Strategie voor uitrol aquathermie	41
6.1	Strategie voor uitrol van energiesystemen: Hoe nu verder?	41
6.2	Mogelijke ondersteunende maatregelen	42
Bijlage 1 - Begrippenlijst		44
Bijlage 2 - Kaarten		45
Bijlage 3 - Baseline validatie Delft3D-model		50
Bijlage 4 - Resultaten Delft3D TEO en TEA		52

Managementsamenvatting

In dit rapport presenteren we het Waterenergieplan (WEP) voor aquathermie binnen de gemeente Eindhoven. Het Waterenergieplan geeft een kader voor de potentie van duurzame warmte gevoed door aquathermie, passend binnen de grenzen van ecosystemen en het waterbeheer. Hierbij worden de belangen van waterkwaliteit en ecologie (KRW) en leveringszekerheid van de vergunde warmte samen geborgd.

Het uitgangspunt van dit plan is om vanuit het voorzorgsprincipe te kijken naar de mogelijkheden van aquathermie, zonder beslissingen te nemen die later een negatieve impact kunnen hebben. We stellen voor de impact de komende jaren te monitoren om verdere uitrol en realisatie van energiesystemen op een maatschappelijk verantwoorde manier voort te zetten.

Potentie aquathermie

Hoofdstuk 3 beschrijft de potentie van Thermische Energie uit Oppervlaktewater (TEO) en Thermische Energie uit Afvalwater (TEA).

Tabel 1 Potentie aquathermie

Bron	Thermische potentie [TJ]
Stilstaande wateren	53
Stromende wateren	171
TEA	430
Totaal	654

Vervolgens analyseren we in hoofdstuk 5 de warmtepotentie van aquathermie in relatie tot de warmtevraag in Eindhoven. Er wordt onderzocht hoeveel woningen met de beschikbare warmtebronnen kunnen worden verduurzaamd. Hierbij wordt specifiek gekeken naar de verdeling van de warmtepotentie en hoe deze aansluit op de warmtevraag van verschillende typen woningen.

Strategie uitrol aquathermie

Hoofdstuk 6 geeft de strategie voor de uitrol van aquathermie in Eindhoven weer. Op basis van dit onderzoek is er plek voor drie TEO-systemen (360 m³/h) in de Dommel vóór de RWZI. De volledige warmtepotentie van de RWZI wordt niet gebruikt, omdat we deze begrenzen met het uitgangspunt dat in de maanden juni-juli de temperatuur van de Dommel minimaal vier weken gemiddeld 18°C is. Hiermee blijft de afkoeling van de Dommel binnen de grenzen van wat ecologisch verantwoord wordt geacht.

De volgende adviezen worden gegeven.

- Het advies is om nu **optimaal gebruik te maken van de maximale potentie van de RWZI**, binnen de gestelde ecologische kaders. Dit wordt gezien als de beste manier om de volledige potentie te maximaliseren, ook omdat het effluent uit de RWZI geen micro-organismen bevat. Hierdoor wordt het risico vermeden dat deze micro-organismen uit de Dommel gefilterd worden, een probleem dat bij TEO-systemen wel kan optreden.

- **Stel een monitoringsprogramma** op. Volg hierbij het rapport dat STOWA onlangs publiceerde: [Monitoringsadvies TEO-systemen](#). Met deze data en kennis kan dan over een tijd toegewerkt worden naar een Waterenergieplan 2.0, waarin er meer zicht is op met name de impact van aquathermie op ecologie.
- Werk gezamenlijk de rollen van de gemeente en het waterschap uit met betrekking tot de realisatie van aquathermie-systemen en de vergunningsverlening ten behoeve van het opstellen WEP 2.0.
- Start met het **realiseren van een collectief energiesysteem bij het Stadhuisplein** (dit traject loopt nu).
 - Dit kan als pilotproject worden gezien, waarbij de effecten op temperatuur en ecologie in de Dommel nauwgezet gemonitord worden de komende jaren. Dit gaat inzicht geven in de daadwerkelijke effecten van warmtewinning uit de Dommel.
- Start met het **winnen van warmte uit de RWZI** ten behoeve van de Generalenbuurt. Het gevraagde debiet van de Generalenbuurt (2.700 m³/h) past ruimschoots in dit WEP berekende debiet van 6.000 m³/h. Ontwerp het systeem wel zo dat eventueel de overige potentie gewonnen kan worden uit de RWZI.

Mogelijke optimalisaties

De volgende optimalisaties zijn mogelijk kansrijk. We adviseren deze verder te verkennen.

- Contacten met de omliggende gemeenten zijn van groot belang om inzicht te krijgen in hun ideeën en plannen met betrekking tot aquathermie, specifiek voor de Dommel. Door samen te werken en informatie uit te wisselen, kunnen regionale strategieën beter op elkaar worden afgestemd en kunnen kansen voor duurzame energieoplossingen optimaal worden benut.
 - Er kan een kans ontstaan voor de realisatie van een extra TEO-systeem na de RWZI, mits dit binnen de gestelde ecologische kaders blijft. Dit heeft mogelijk effect op de TEO-benutting in de gemeente Son, daar moet dan afstemming over plaatsvinden. Dit wordt met name relevant wanneer de gemeente Son en Breugel geen plannen heeft voor aquathermie in hetzelfde gebied of besluit deze verder stroomafwaarts te ontwikkelen.
- In de Delft3D-analyse is het debiet van de Kleine Dommel momenteel op 0 gezet vanwege de aannames rondom het droge jaar 2022. Dit betekent dat in de analyse in dit Waterenergieplan er geen bijdrage wordt meegerekend van de Kleine Dommel aan de thermische dynamiek van de Dommel. Echter, in natte jaren zou de Kleine Dommel mogelijk wel debiet kunnen hebben, wat zou bijdragen aan het opwarmen van de Dommel na de koudelozing van het effluent van de RWZI. Deze extra warmtetoevoer kan ertoe leiden dat het temperatuurseffect van de koudelozing uit het effluent van de RWZI minder groot wordt.
- Een mogelijke optimalisatie binnen de strategie voor aquathermie is om bewust te kiezen voor een lagere benutting van de volledige potentie van de RWZI. Door een deel van de warmtewinning uit de RWZI te beperken, kan er ruimte gemaakt worden voor de aanleg van een TEO-systeem na de RWZI.
- Bekijk per warmteproject specifiek welke debieten passend zijn en of het mogelijk/ wenselijk is om een dynamisch systeem te ontwerpen, waarbij het systeem varieert op debiet en dT.

Ondersteunende maatregelen

Tijdens het proces van het uitwerken van dit WEP zijn er ideeën naar voren gekomen die aquathermie en de waterkwaliteit van het watersysteem in Eindhoven kunnen ondersteunen.

-
- Bij aanhoudende droogte stelt het Waterschap een onttrekkingsverbod in. Binnen de bestaande kaders is het mogelijk om aquathermie als uitzondering mee te nemen bij het vaststellen van het onttrekkingsverbod. Dit moet dan ook een plek krijgen in de te verlenen vergunning voor het aquathermie-systeem.
 - Het Waterschap wil oppervlaktewater extra gaan beluchten met zuurstof. Dit gebeurt het liefst op zo koud mogelijk water. Dit biedt kansen voor de TEO en TEA configuratie: het toevoegen van zuurstof verbetert de waterkwaliteit.
 - Een aanvullende maatregel die overwogen kan worden, is om het water dat uit de Dommel wordt gehaald, extra te filteren. Bekijk hoe het water van warmtewinning weer terug gebracht wordt in de Dommel zodat het bijdraagt aan de waterkwaliteit.

1 Kaders voor duurzame warmte, binnen de grenzen van ecosystemen en het waterbeheer

Gemeente Eindhoven wil in 2050 klimaatneutraal zijn. Hiervoor moet een duurzaam, fossielvrije energievoorziening worden gerealiseerd voor bestaande woningen, kantoor- en bedrijfsgebouwen. Verder kent Eindhoven grote groeiambities. In 2040 zullen er 60.000 extra bewoners zijn en zijn er zeker 40.000 extra woningen nodig. Er is een schaarste aan duurzame warmtebronnen. Dat geldt ook voor duurzame koudebronnen. Een optimaal gebruik van de potentie van aquathermie¹ is daarom noodzakelijk. Tegelijkertijd staat de waterkwaliteit in Nederland onder druk. Er ligt een grote opgave om de waterkwaliteit te verbeteren. Een duurzame energievoorziening dient een robuust watersysteem niet in de weg te staan.

Dit Waterenergieplan is een eerste integrale benadering dat een onderbouwing geeft van de beschikbare potentie van aquathermie, de benodigde warmtevraag en van de mogelijke verdeling van deze potentie over de gemeente Eindhoven. Dit alles binnen de kaders van verantwoord waterbeheer. Het Waterenergieplan geeft zo meer inzicht in de toepassing van aquathermie bij gebieds- en projectontwikkelingen. Duurzame energiesystemen kunnen dan vanuit dit inzicht worden ontworpen.

1.1 Doelen Waterenergieplan

Het Waterenergieplan geeft een integrale benadering voor de potentie van duurzame warmte gevoed door aquathermie, passend binnen de grenzen van ecosystemen en het waterbeheer. Hierbij worden de belangen van waterkwaliteit en ecologie (KRW) geborgd, met in acht neming van leveringszekerheid van de benodigde warmte.

1.2 Belangen en belangenafweging

Aquathermie speelt een cruciale rol in de verduurzaming van het energiesysteem van de gemeente Eindhoven. Door het benutten van thermische energie uit waterlichamen, kunnen we een belangrijke bijdrage leveren aan het verminderen van de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen en het realiseren van een fossiel-vrije gebouwde omgeving in Eindhoven in 2050. Dit draagt niet alleen bij aan de leveringszekerheid van duurzame warmte voor onze gebouwde omgeving, maar ook aan het behoud en de bescherming van onze waardevolle waterbronnen en ecosystemen.

Het waarborgen van een goede waterkwaliteit is essentieel om de doelstellingen van de Kaderrichtlijn Water (KRW) te behalen en kwetsbare ecosystemen te beschermen. Aquathermie mag geen afbreuk doen aan de ecologische integriteit van onze wateren. Daarom is het van belang dat bij de toepassing ervan zorgvuldig wordt afgewogen hoe en hoeveel de thermische energie wordt onttrokken en teruggebracht, zodat het waterleven en de ecologie niet negatief beïnvloed worden.

¹ Aquathermie waarbij warmte wordt gewonnen uit oppervlaktewateren als meren, plassen, beken en rivieren (Thermische Energie uit Oppervlaktewater: TEO), of uit rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI - Thermische Energie uit Afvalwater: TEA).

Door een integrale benadering te hanteren waarin zowel de duurzame warmtevoorziening als de waterkwaliteit centraal staan, kunnen we twee maatschappelijke belangen verenigen. Dit betekent dat er robuuste systemen moeten worden ontwikkeld die zowel de levering van vergunde warmte waarborgen als de ecologische belangen dienen. Op deze manier dragen we bij aan een duurzame en gezonde leefomgeving voor de huidige en toekomstige generaties.

1.3 Juridische inkadering

Het Warmteprogramma (WP) is verplicht onder de Omgevingswet. Dit Waterenergieplan wordt een bijlage bij het Warmteprogramma (dat in de zomer van 2025 wordt opgesteld). Het Waterschap blijft individuele aanvragen voor aquathermie toetsen in het kader van de vergunningverlening.

Het opstellen van een Waterenergieplan is in lijn met een recent adviesrapport van STOWA, het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. In dit Waterenergieplan volgen we ook de Handreiking voor beoordeling van ecologische effecten van TEO-systemen (STOWA, 2023).

Dit Waterenergieplan is ter instemming voorgelegd aan zowel het college van de gemeente Eindhoven als aan het bestuur van het Waterschap De Dommel.

1.4 Waterenergieplan 1.0

Dit Waterenergieplan biedt een eerste kader voor de potentie van duurzame warmte door aquathermie binnen de gemeente Eindhoven. In dit Waterenergieplan 1.0 focussen we ons op koudelozingen op het oppervlaktewater door afkoeling van het oppervlaktewater (TEO) en/of afkoeling van het effluent (TEA). Echter, niet alle aspecten kunnen op dit moment volledig worden uitgewerkt. Met name de impact van koudelozingen op de ecologie is nog niet volledig bekend. Gedurende de komende jaren moet deze impact zorgvuldig gemonitord worden. De bevindingen dragen bij aan de ontwikkeling van een opvolgend Waterenergieplan 2.0, om zo de duurzame warmtevoorziening en ecologische integriteit optimaal te waarborgen.

Het uitgangspunt van dit Waterenergieplan is om een indicatie van verdeling van aquathermie te geven - kijkend naar wat er wel mogelijk is - zonder dat er nu beslissingen genomen worden die een negatieve impact hebben op bijvoorbeeld de ecologie en het watersysteem. We gaan nu aan de haalbare kant zitten. Het aanwezige warmtepotentieel wordt zo voorzichtig ingeschat. Daarnaast stellen we voor de impact de komende jaren te monitoren. Vanuit daar kan dan verdere uitrol en realisatie van energiesystemen worden voortgezet.

1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de toekomstige warmtevraag binnen Eindhoven geanalyseerd, gebaseerd op datasets en aannames, met aandacht voor de mogelijkheden van aquathermie als een duurzame warmtebron. Hoofdstuk 3 specificeert de kaders en uitgangspunten voor dit onderzoek. Hoofdstuk 4 geeft de analyse van de potentie van aquathermie. Hoofdstuk 5 brengt de warmtepotentie en de warmtevraag samen en laat de verdeling hiervan over de stad zien. Hoofdstuk 6 geeft adviezen en de strategie voor de uitrol van aquathermie in Eindhoven. Ook geeft het een aantal ondersteunende maatregelen hierbij.

2 Uitgangspunten en onderzoeksmethodiek

In hoofdstuk 2 bieden we een gedetailleerd overzicht van de uitgangspunten en onderzoeksmethodiek die zijn gebruikt om de thermische potentie van energie uit oppervlaktewater en afvalwater in de gemeente Eindhoven te bepalen.

Het doel van dit hoofdstuk is om duidelijkheid te verschaffen over de methodiek en uitgangspunten die gehanteerd zijn bij het bepalen van de thermische potentie van energie uit oppervlaktewater en afvalwater. Hiermee kan de lezer begrijpen op welke wijze de gegevens zijn verzameld en geanalyseerd, en welke ecologische effecten hierbij zijn beschouwd.

Hoofdstuk 2 biedt een gedetailleerd overzicht van de kaders en onderzoeksmethodiek die zijn gebruikt om de thermische potentie van energie uit oppervlaktewater en afvalwater te bepalen. Er wordt specifiek aandacht besteed aan de RWZI bij het Wasvenpad en alle wateren binnen de gemeentegrenzen.

In de drie werksessies hebben de gemeente en het waterschap samen de diverse ontwerpcondities vastgesteld voor de bepaling van de TEA potentie van de Dommel. De belangrijkste zijn deze.

- De watertemperatuur van de Dommel (na lozingspunt effluent) mag in de droge zomermaanden (juni en juli) in een aaneengesloten periode van minstens één maand niet onder gemiddeld 18°C uitkomen. Voorkomen moet worden dat er sterke fluctuaties in temperatuur voor langere tijd plaatsvindt.
- In de wintermaanden en het einde van het najaar is er geen ondergrens voor de maximale afkoeling van de Dommel.

2.1 Algemene uitgangspunten

In dit onderzoek is de warmtepotentie uit oppervlaktewater en afvalwater in de gemeente Eindhoven bepaald. Voor de thermische potentie van energie uit afvalwater is alleen gekeken naar de RWZI Eindhoven bij het Wasvenpad. Voor de bepaling van de totale thermische potentie (zie hoofdstuk 3) uit oppervlaktewater zijn alle wateren binnen de gemeentegrenzen meegenomen.

2.2 Kaders voor TEO-potentie

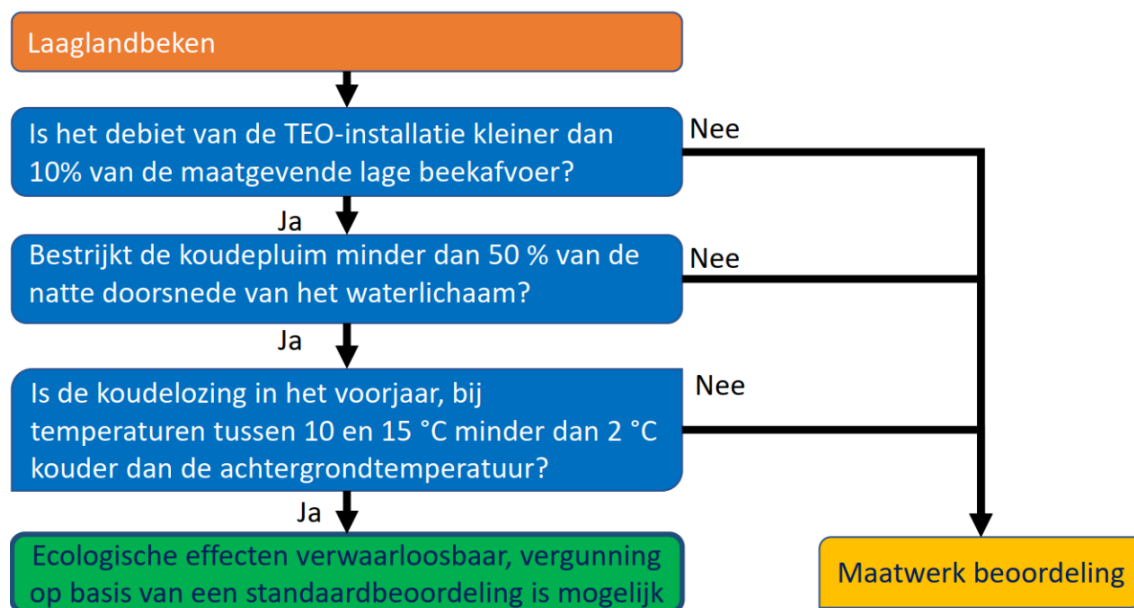
Voor de bepaling van de thermische potentie uit oppervlaktewater wordt allereerst onderscheid gemaakt tussen stromende en stilstaande wateren. De thermische potentie van stromende wateren is over het algemeen hoger, omdat hierbij bovenstrooms nieuwe warmte wordt aangevoerd.

2.2.1 Stromende wateren

Binnen de gemeente Eindhoven zijn met name laaglandbeken (R4/R5) met stromend water. Uit de handreiking voor de beoordeling van ecologische effecten van TEO-systemen van de STOWA (publicatie 40/2023) volgt dat voor dit type wateren het stroomschema in Figuur 1 **Fout!**

Verwijzingsbron niet gevonden. moet worden doorlopen voor de toetsing op ecologische effecten van een TEO-systeem. Parameters voor de TEO-potentieberekening zijn zo gekozen dat ze binnen de

kaders blijven waarbij ecologische effecten verwaarloosbaar zijn en er **geen** maatwerkbeoordeling van toepassing is.



Figuur 1 Stroomschema voor watertype laaglandbeken uit het STOWA beoordelingskader koudelozingen 2.0 (15 november 2023)

Voor het bepalen van de 10% maatgevende lage afvoer is gebruikgemaakt van meetdata van Waterschap De Dommel op de locaties die zijn weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2 Geel gearceerd de meetpunten waarvan meetdata beschikbaar is vanuit Waterschap De Dommel; in deze studie is gebruikgemaakt van de ADM-metpunten

Voor de meetpunten uit Figuur 2 resulteert dit in de maatgevende lage afvoerdebieten in Tabel 2.

Tabel 2 Maatgevende lage afvoer bij verschillende meetpunten (10-percentiel waarden)

Meetpunt	Naam	Maatgevende lage afvoer [m ³ /s]**	Maximaal debiet TEO-systeem (10%) [m ³ /h]
0023	Verdeelwerk Eindhoven	1,29 (2018-2023)	465
0091	ADM Tongelreep Eindhoven	0,31 (2014-2023)	112
0124	ADM Gennep Watermolen	0,97 (2014-2023)	350
0203	ADM Dommel Smits van Oyenbrug	2,66 (2014-2023)	958
0253	ADM Nortek Dommel Wasvenpad	0,96 (2018-2023)	345
0058	Gecombineerd meetpunt: Afwateringskanaal Stuw Blaarthem + Gender	0,017* (2014-2023)	0*

* Afwateringskanaal/Beatrixkanaal wordt verder beschouwd als een stilstaand water in de zomer.

** 10-percentiel waarden berekend (alleen hele jaren).

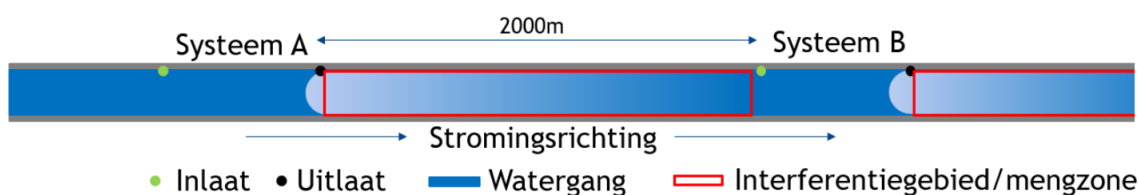
In de Kleine Dommel bevindt zich geen meetpunt van het debiet.

Voor de bepaling van de thermische potentie van een TEO-systeem in stromende wateren is het uitgangspunt dat het debiet van het TEO-systeem maximaal 10% van de maatgevende lage afvoer is. Voor de Dommel, in het centrum van de stad, houdt dit bijvoorbeeld in dat het debiet van een TEO-systeem circa 345 m³/h mag zijn. De uitgangspunten staan in Tabel 3 weergegeven. Voor de afkoeling van het TEO-systeem en het aantal vollasturen per jaar zijn aannames gedaan. Een afkoeling van 6°C is technisch goed haalbaar gedurende het hele zomerseizoen en zorgt voor een beperkte koudepluim (afkoeling > 4°C). De 2.500 vollasturen komen gebaseerd op het aantal uren dat de watertemperatuur groter is dan 17°C met daarbij voldoende ruimte voor onderhoudswerkzaamheden aan het systeem tijdens het zomerseizoen.

Tabel 3 Uitgangspunten stromende wateren

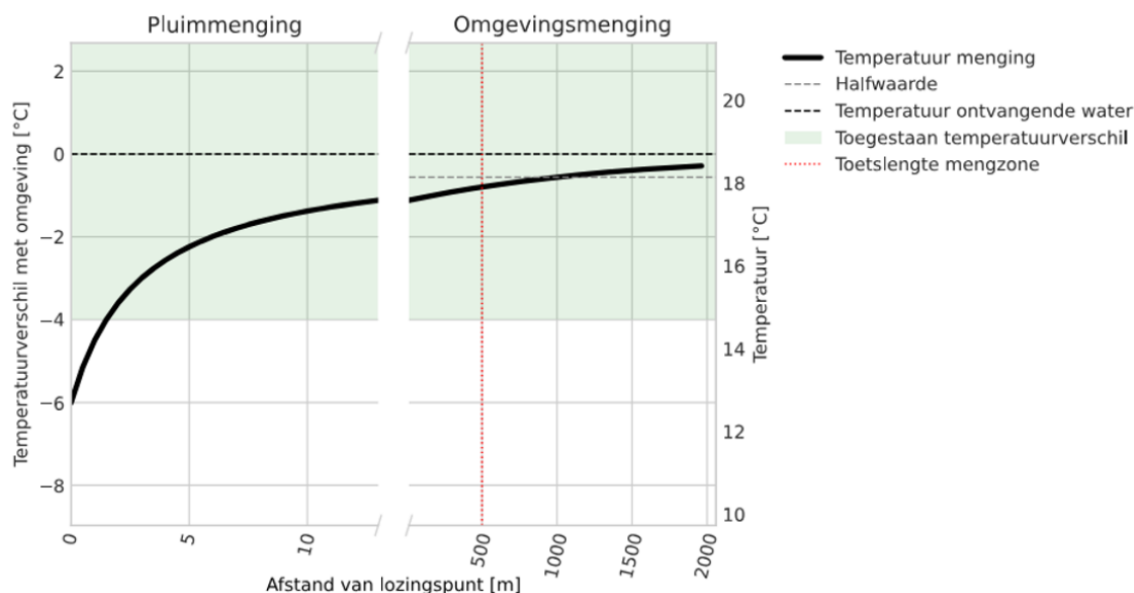
Parameters	Aannames
Breedtes	GIS-data
Dieptes watergangen	1,5 – 3 m (legger data)
Debiet	10% van de maatgevende lage afvoer
Afkoeling TEO-systeem	6°C (snelle menging door stroming)
Vollasturen per jaar	2.500

Daarnaast is voor de bepaling van de totale thermische potentie rekening gehouden met cumulatieve effecten van meerdere TEO-systemen achter elkaar. Hiervoor is de mengzone van een systeem berekend met de immissietoets van Rijkswaterstaat. De mengzone is de zone in het oppervlaktewater vanaf het lozingspunt tot aan het punt waar de lozing volledig is gemengd met het oppervlaktewater. De mengzone is dus het deel van het waterlichaam waar de temperatuur door een koudelozing lager is dan de achtergrondtemperatuur (watertemperatuur zonder invloed van TEO-systeem). In dit onderzoek wordt een afwijking kleiner dan 1°C (nauwkeurigheid) als gelijk beschouwd. Uit de immissietoets voor de Dommel komt dat de koudelozing na circa 2.000 meter volledig is gemengd (zie Figuur 4). Meerdere TEO-systemen in serie is schematisch weergegeven in Figuur 3.



Figuur 3 Principeschets van koude-effecten van meerdere TEO-systemen in serie

In Figuur 4 is een voorbeeldberekening van de immissietoets gegeven voor de Dommel. Hierin is de maatgevende lage afvoer van de Dommel ($\sim 1 \text{ m}^3/\text{s}$), een waterdiepte van 2 meter, een waterbreedte van 13 meter, een TEO-debiet van $360 \text{ m}^3/\text{h}$ (10% van de maatgevende lage afvoer) en een temperatuurverschil over het TEO-systeem van 6°C aangehouden. De koudepluim, het deel waar de afkoeling groter is dan 4°C, is beperkt tot 1 à 2 meter. De volledige mengzone is ongeveer 2.000 meter totdat het water weer op dezelfde temperatuur is als het zou zijn zonder TEO-systeem.



Figuur 4 Voorbeeldberekening mengzone met de immissietoets voor de Dommel met een waterdiepte van 2 meter en breedte van 13 meter

2.2.2 Stilstaande wateren

Voor stilstaande wateren gelden verschillende randvoorwaarden afhankelijk van het type watergang. Allereerst zijn alle stilstaande wateren in Eindhoven beoordeeld op basis van de openbare data zoals

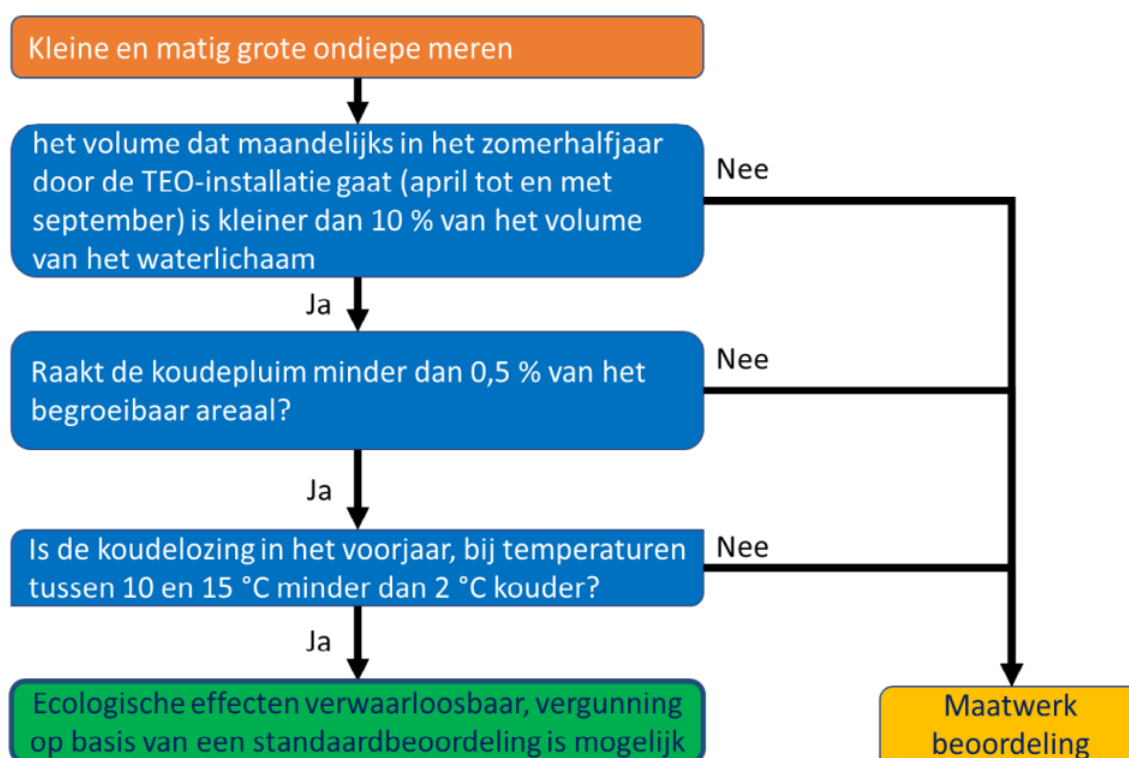
de aquathermievier, de legger van het waterschap en Google Maps. Hieruit volgt dat veel kleine wateren te weinig thermische potentie bevatten om een warmtenet met TEO-systeem toe te passen (zie Tabel 4). De gehanteerde grens hierbij is minimaal 15.000 GJ/jaar. Dat komt neer op circa 500 woningen. Dit is geen keiharde grens, maar wel het uitgangspunt voor deze studie. Voor de onttrekking van water is daarnaast als criterium aangehouden dat de waterdiepte minimaal 1,5 meter moet zijn.

Tabel 4 Alle onderzochte stadswateren en de selectie voor dit onderzoek; potentie kleiner dan 15.000 GJ/jaar is in deze studie niet meegenomen, maar mogelijk wel geschikt voor kleinere initiatieven

Stadswateren	Meegenomen in onderzoek?	Motivatie
Stadswandelpark	Nee	Te weinig potentie volgens aquathermievier
De Putten Oost	Nee	Te weinig potentie volgens aquathermievier
De Putten West	Nee	Te weinig potentie volgens aquathermievier
Vijver Bonifaciuspark	Nee	Te weinig potentie volgens aquathermievier
Jan van Eyckgracht	Nee	Te weinig potentie volgens aquathermievier
Cingelshouck	Nee	Te ondiep
Tongelrese Akkers	Nee	Te weinig potentie op basis van oppervlak
Hendrik de Keyzervijver	Nee	Te weinig potentie op basis van oppervlak
1 ^e Lieven de Keylaan	Nee	Te weinig potentie op basis van oppervlak
Blixembosch Noordoost	Nee	Te weinig potentie op basis van oppervlak
Gendervijver	Nee	Wel thermische potentie, maar gevoelige natuur door natuurvriendelijk oevers
Karpendonkse Plas	Ja	Groot oppervlak
IJzeren man	Ja	Diepere plas, wel zwemwater
Vijver Vlisstraat	Nee	Te weinig potentie volgens aquathermievier
Achtse Barrier	Nee	Te ondiep
Stiffeliovijver	Ja	
Genderdal	Nee	Te weinig potentie volgens aquathermievier
Vijver Henri Dunantpark	Ja	
Oude Gracht	Ja	Uitgegaan van stilstaand water
Meerhoven	Nee	Regenwatersysteem, te ondiep in de zomer
Vaarwater aan de Landsard	Nee	Wel potentie, maar niet veel warmtevraag in de buurt
Plas van Hanevoet	Nee	Wel thermische potentie, maar aandacht voor ecologie

Stadswateren	Meegenomen in onderzoek?	Motivatie
High Tech Campus	Ja	
Glorieuxpark	Nee	Te weinig potentie/te ondiep
Eindhovens Kanaal	Ja	
Afwateringskanaal/ Beatrixkanaal	Ja	

Voor de wateren die zijn meegenomen in dit onderzoek is vervolgens in meer detail gekeken naar de potentie op basis van het STOWA-kader. Voor kleine en matig grote ondiepe meren (stadswateren exclusief de twee kanalen) geldt het stroomschema uit Figuur 5. In de zomermaanden mag het volume dat maandelijks door het TEO-systeem gaat niet groter zijn dan 10% van het volume van het waterlichaam om een maatwerkbeoordeling te voorkomen.



Figuur 5 Stroomschema voor watertype kleine en matig grote ondiepe meren uit het STOWA-beoordelingskader koudelozingen 2.0 (15 november 2023)

Om tot de berekende potentie te komen zijn de volgende stappen doorlopen.

- 1 Oppervlakte van het water bepalen in GIS.
- 2 Volume van het water bepalen aan de hand van diepte en oppervlakte.
- 3 Debiet bepalen op basis van het volume en het STOWA kader.
- 4 Vermogen bepalen op basis van het debiet en het temperatuurverschil van het TEO-systeem.
- 5 De jaarlijkse potentie bepalen op basis van het thermisch vermogen en de vollasturen per jaar.

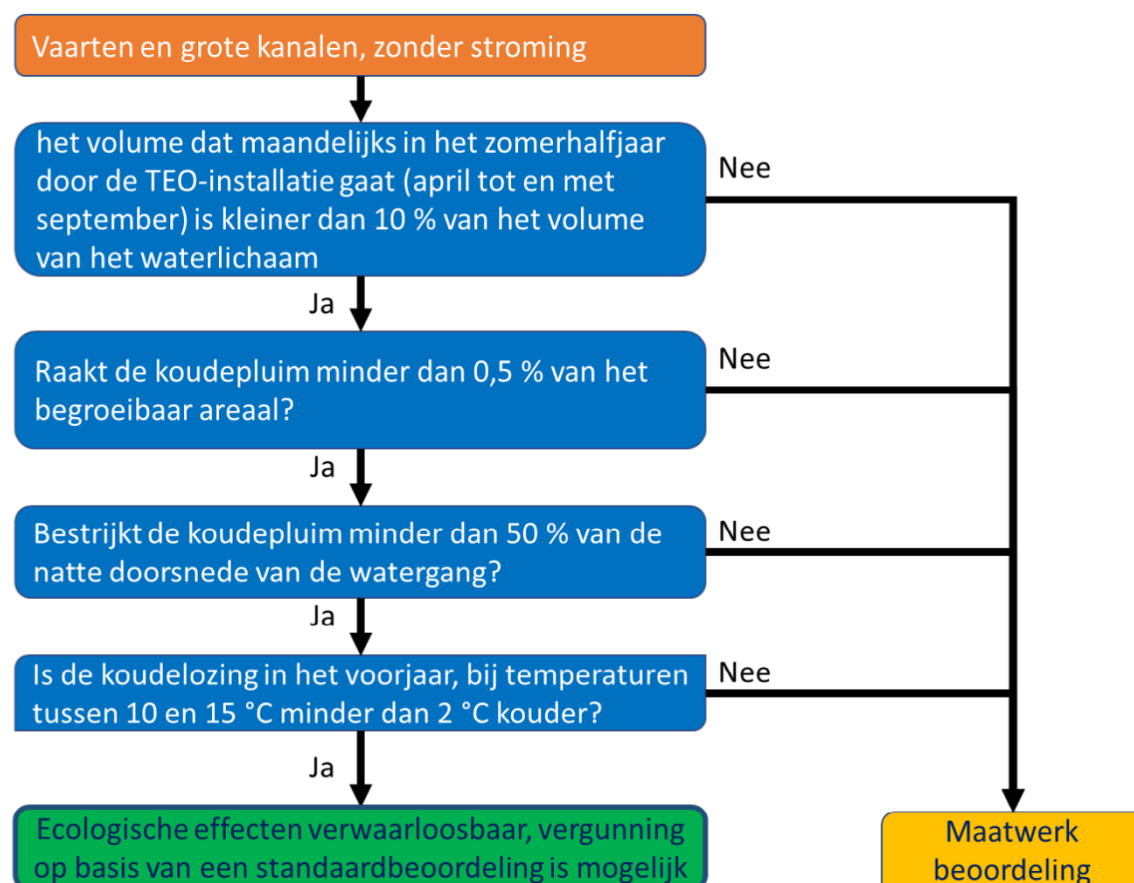
De gehanteerde uitgangspunten bij bovenstaande methode zijn in Tabel 5 weergegeven.

Tabel 5 Uitgangspunten ondiepe meren

Parameters	Aannames
Oppervlaktes	GIS-data
Dieptes watergangen	1,5 – 3 m (legger data)/gemiddeld 2 meter
Afkoeling TEO-systeem	5°C
Vollasturen per jaar	2.500

Voor de kanalen is een andere benadering gebruikt waarbij de volgende stappen zijn doorlopen.

- 1 Het kanaal opdelen in segmenten van 2 km (2,5 segmenten binnen de stadsgrenzen Eindhovens kanaal en 5 segmenten binnen Afwaterings-/Beatrixkanaal).
De afstand van 2 km is gekozen, omdat dit vaak praktisch haalbaar is. Een grotere afstand wordt snel te duur en een kleinere afstand betekent een kleiner TEO-systeem (lager debiet).
- 2 Per segment een maximaal debiet van 85 m³/h met een gemiddeld temperatuurverschil van 7°C.



Figuur 6 Stroomschema voor watertype vaarten en grote kanalen, zonder stroming, uit het STOWA-beoordelingskader koudelozingen 2.0 (15 november 2023)

De uitgangspunten zijn weergegeven in Tabel 6. Bij deze watertypen is **wel** afgeweken van het eerste criterium (10% van het volume per maand) en daarom is voor het benutten van deze potentie een maatwerkbeoordeling nodig (zie Figuur 6). De reden dat is afgeweken is omdat dit potentieel technisch wel haalbaar is. Er treedt namelijk geen thermische kortsluiting op. De ecologische beoordeling van de filtering zal doorslaggevend zijn. De aangehouden uitgangspunten zijn op basis

van een voorgenomen onttrekking, bij de Caai, van 6,48 TJ in het Eindhovens kanaal waarvoor een vergunningsaanvraag loopt. Hierbij is een maximale onttrekking aangehouden van één vergelijkbare warmtewinning per twee kilometer kanaal. Op basis van monitoring moet vervolgens worden vastgesteld hoeveel vergelijkbare onttrekkingen extra gerealiseerd kunnen worden.

Overigens nog wel een kanttekening bij hoe de grenzen van het waterlichaam worden bepaald. Het Eindhovens kanaal loopt door tot ver buiten de stad. Als het hele kanaal wordt meegenomen, dan komt het totale volume (lengte x breedte x diepte) uit op $13.900 \text{ m} \times 18 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 500.000 \text{ m}^3$. Maandelijks mag dan dus 50.000 m^3 water door een TEO-systeem. De potentie zoals berekend in deze studie zit daarmee op ongeveer 8,5 keer zoveel.

Tabel 6 Uitgangspunten kanalen

Parameters	Aannames
Breedte watergang	GIS-data
Afstand tussen in- en uitlaat per TEO-systeem	2 km
Debiet per TEO-systeem	$85 \text{ m}^3/\text{h}$
Afkoeling TEO-systeem	7°C
GJ per systeem	6.500 GJ

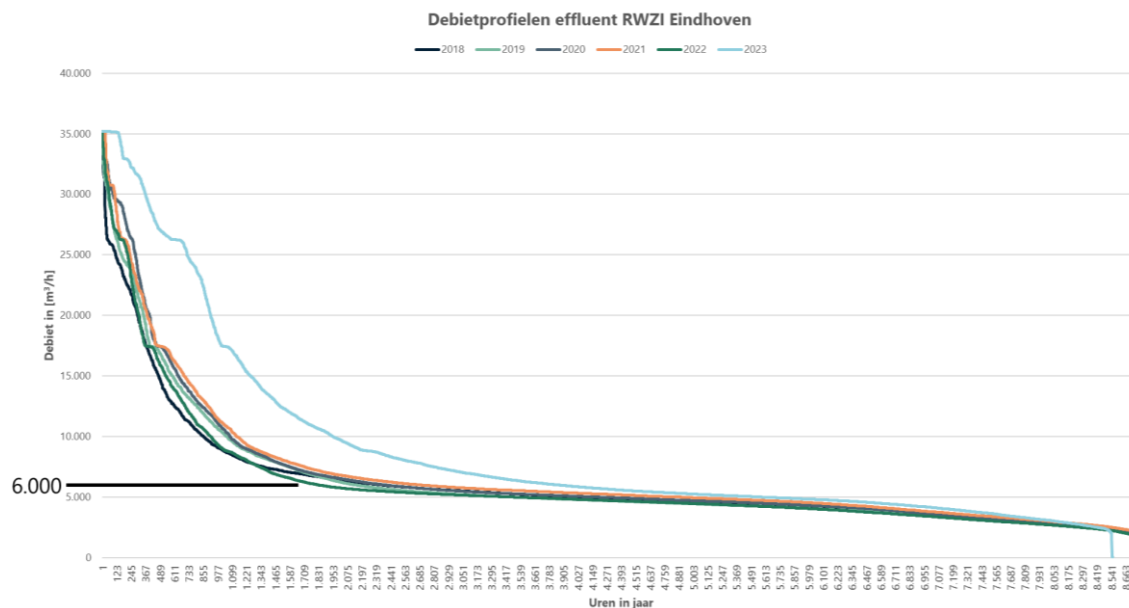
2.3 Kaders voor TEA-potentie

De potentiebepaling voor de inzet van TEA hangt af van verschillende factoren.

- Het gemiddelde effluentdebiet (droogweerafvoer) over meerdere meetjaren.
- De temperatuur van het effluent over meerdere meetjaren.
- Maximale acceptabele afkoeling van de Dommel.

Anders dan bij TEO-systemen zijn er voor TEA-systemen (nog) geen handreikingen of beoordelingskaders beschikbaar voor koudelozingen van effluentwater. In deze analyse wordt gebruikgemaakt van de meetdata van Waterschap De Dommel, betreffende zowel de effluenttemperatuur als het effluentdebiet van de RWZI Eindhoven. Hierbij is een meerjaarlijkse dataset van zes jaren (2018-2023) gebruikt.

De debietprofielen zijn hieronder grafisch weergegeven.



Figuur 7 Debietprofielen 2018-2023 effluent RWZI Eindhoven (gesorteerd)

De maatgevende grens voor het droogweerafvoer ontwerpdebiet is bepaald op 6.000 m³/h. In de potentie-analyse is uitgegaan van het werkelijk gemeten effluentdebiet. Bij hogere gemeten debieten wordt het ontwerpdebiet begrensd op 6.000 m³/h, omdat waarden daarboven beïnvloed worden door hemelwaterafvoer.

De basis van het systeem bestaat uit indirecte warmtewinning uit het effluent: in de warmere maanden wordt warmte onttrokken aan het effluent van de RWZI en opgeslagen in de WKO. In de koudere maanden wordt deze warmte via een centrale warmtepomp opgewaardeerd tot een bruikbaar temperatuurniveau voor het warmtenet.

Naast deze basisopzet is het technisch mogelijk om ook directe warmtelevering vanuit het effluent toe te passen. Dit is met name relevant in de koudere maanden, wanneer het effluent lagere temperaturen heeft dan de natuurlijke grondwatertemperatuur in de bodem (circa 11°C) en de warmte niet in de WKO kan worden geladen. In dat geval kan de warmte direct worden onttrokken aan het effluent en via een warmtepomp verder worden opgewaardeerd tot een bruikbaar temperatuurniveau voor de afnemers. Deze directe warmtelevering kan de inzet van TEA in de wintermaanden vergroten en de benodigde opslagcapaciteit van het WKO-systeem verkleinen.

Directe warmtelevering uit TEA is afhankelijk van het beschikbare effluentdebiet en de warmtevraag die op dat moment aanwezig is. Om dit goed te kunnen beoordelen, zijn projectspecifieke of fictieve uurlijkse warmtevraagprofielen nodig. Omdat deze gegevens niet beschikbaar zijn binnen de scope van dit onderzoek, is ervoor gekozen om de potentieanalyse te beperken tot het maximale potentieel van TEA in combinatie met een WKO-systeem.

In de drie werksessies hebben de gemeente en het waterschap samen de volgende ontwerpcondities vastgesteld voor de potentiebepaling.

- Het water uit het effluent is ecologisch dood water. Filtering ten behoeve van inzet TEA op dat water heeft geen effect op de ecologische waarde.
- Starttemperatuur voor warmte onttrekken uit effluent = 16°C ten behoeve van warmte laden in de WKO.
- Het gemiddelde effluentdebiet (droogweerafvoer), oftewel het ontwerpdebiet is bepaald op 6.000 m³/h.
- De watertemperatuur van de Dommel (na lozingspunt effluent) mag in de droge zomermaanden (juni en juli) in een aaneengesloten periode van minstens één maand niet onder gemiddeld 18°C uitkomen. Voorkomen moet worden dat er sterke fluctuaties in temperatuur voor langere tijd plaatsvindt.
- In de wintermaanden en het einde van het najaar is er geen ondergrens voor de maximale afkoeling van de Dommel.

Uit de ontwerpcondities is geconcludeerd dat de temperatuureisen voor de maximale afkoeling van de Dommel variëren over een heel jaar. Om een goed beeld te krijgen van de bandbreedte voor de TEA-potentie over een heel jaar zijn daarom een drietal temperatuurvarianten opgesteld voor het afkoelen van het effluent.

Temperatuurvarianten afkoeling effluent

- **Variant 1** *Effluent maximaal afkoelen met 10K, ongeacht mengtemperatuur Dommel na lozing.*
 - Maximaal temperatuurverschil effluent temperatuur en lozingstemperatuur op de Dommel = 10K, bij inzet van volledig beschikbaar effluentdebiet.
 - Op basis van STOWA best beschikbare technieken beoordelingskader koudelozingen.
- **Variant 2** *Gemiddelde Dommeltemperatuur niet verder afkoelen dan 1°C na lozing.*
 - Inschatting op basis van de STOWA-eis bij TEO koudelozingen (10% van maatgevende lage afvoerdebiet).
 - Uitgangspunt is geen tot weinig ecologische schade aan de Dommel.
- **Variant 3** *Effluent maximaal afkoelen tot maximaal 4K, gemiddelde Dommeltemperatuur in de droge zomermaanden > 18°C.*
 - Voorwaarde om in de droge zomermaanden (juni en juli), in een aaneengesloten periode van minstens één maand, de gemiddelde watertemperatuur van de Dommel (na lozingspunt) niet onder 18°C uit te laten komen.

3 Thermische potentie aquathermie TEO en TEA

De thermische potentie van stromende wateren wordt behandeld, waarbij deze wateren een hogere potentie hebben door nieuwe warmteaanvoer. We doen dit op basis van het STOWA-kader, rekening houdend met meetdata van Waterschap De Dommel.

3.1.1 Potentie TEO

Door de lagere waterdiepte dan eerder werd aangenomen (van 2 meter naar 0,64 meter) is de stroomsnelheid in de Dommel hoger. Dit betekent dat het water over dezelfde afstand minder tijd heeft om op te warmen tussen de TEO-systemen. Het gevolg hiervan is dat de totale thermische potentie van de Dommel afneemt ten opzichte van de eerste voorspelling in dit onderzoek. Door de hogere stroomsnelheid zal de mengzone verder reiken dan in Figuur 4 is berekend met een diepte van 2 meter. Bij jaren met hogere debieten in de Dommel (nattere zomers) is de verwachting dat de potentie hoger is. De voorlopige resultaten voor de thermische potentie voor TEO in Eindhoven zijn weergegeven in Tabel 7.

Bij deze tabel zijn belangrijke uitgangspunten meegenomen. Het debiet in de Kleine Dommel in de zomerperiode van 2022 is nagenoeg 0 m³/s, waardoor de thermische potentie van de Kleine Dommel als stromend water 0 TJ wordt.

Tabel 7 Thermische potentie voor TEO in Eindhoven

Watergang	Thermische potentie [TJ]
Stilstaande wateren	53,07
Karpendonkse Plas	1,76
IJzeren man	0,65
Stiffeliovijver	0,1
Vijver Henri Dunantpark	0,23
Oude Gracht	1,33
High Tech Campus	0,5
Eindhovens Kanaal	16
Afwateringskanaal/Beatrixkanaal	32,5
Stromende wateren	171,3
Dommel	97,3*
Kleine Dommel	0** - 60
Tongelreep	14
Totaal	224,37

* Voor de Dommel staat de analyse van de effecten van aquathermie in hoofdstuk 4.

** De maatgevende lage afvoer van de Kleine Dommel is in 2022, op basis van het berekende debiet door de Kleine Dommel (debiet Kleine Dommel = meetpunt 0203 – meetpunt 0253 – meetpunt RWZI), 0 m³/s.

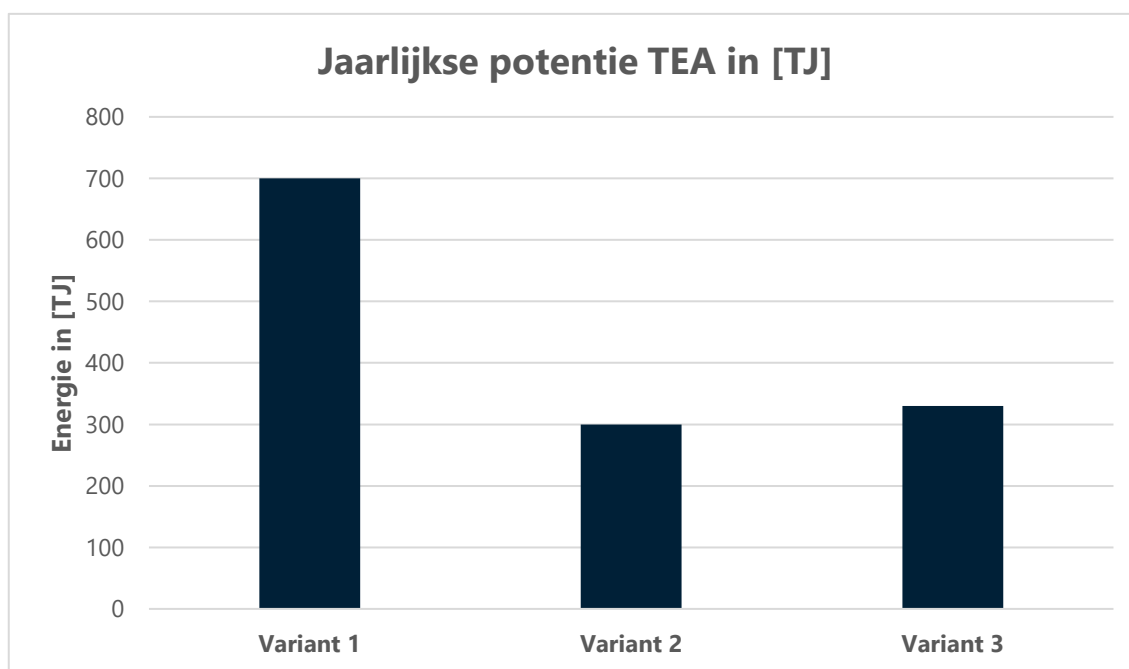
Optimalisaties in de verdeling tussen TEA en TEO zijn mogelijk waardoor mogelijk ruimte ontstaat voor TEO na de RWZI. Dit moet in een vervolgonderzoek verder worden onderzocht.

3.1.2 Potentie TEA

Op basis van de ontwerpcondities in hoofdstuk 2.3 zijn drie temperatuurvarianten opgesteld voor de maximale afkoeling van het effluent.

- **Variant 1** Effluent maximaal afkoelen met 10K, ongeacht mengtemperatuur Dommel na lozing.
- **Variant 2** Gemiddelde Dommeltemperatuur niet verder afkoelen dan 1°C na lozing.
- **Variant 3** Effluent maximaal afkoelen tot maximaal 4K, gemiddelde Dommeltemperatuur in de droge zomermaanden > 18°C.

Met deze temperatuurvarianten is de bandbreedte bepaald voor de thermische potentie van TEA. In de grafische weergave hieronder is te zien dat de potentie varieert tussen 300 TJ (variant 2) en 700 TJ (variant 1).



Figuur 8 Jaarlijkse potentie temperatuurvarianten TEA

Uit de resultaten van de modellering in paragraaf 4.1.4 is geconcludeerd dat bij het maximaal afkoelen van het effluent (temperatuurvariant 1) de watertemperatuur van de Dommel te veel afkoelt in de droge zomermaanden (juni en juli). Hierbij wordt niet voldaan aan de eis om in een aaneengesloten periode van minstens één maand, de gemiddelde watertemperatuur van de Dommel (na lozingspunt) niet onder 18°C uit te laten komen. Bij het lozingspunt nabij de RWZI ontstaat er een koudepluim die ook bij de verder gelegen meetpunten (kleine Dommel en Dommel Noord) onvoldoende herstelt tot de watertemperatuur van de Dommel voor TEA. Temperatuurvariant 1 kan

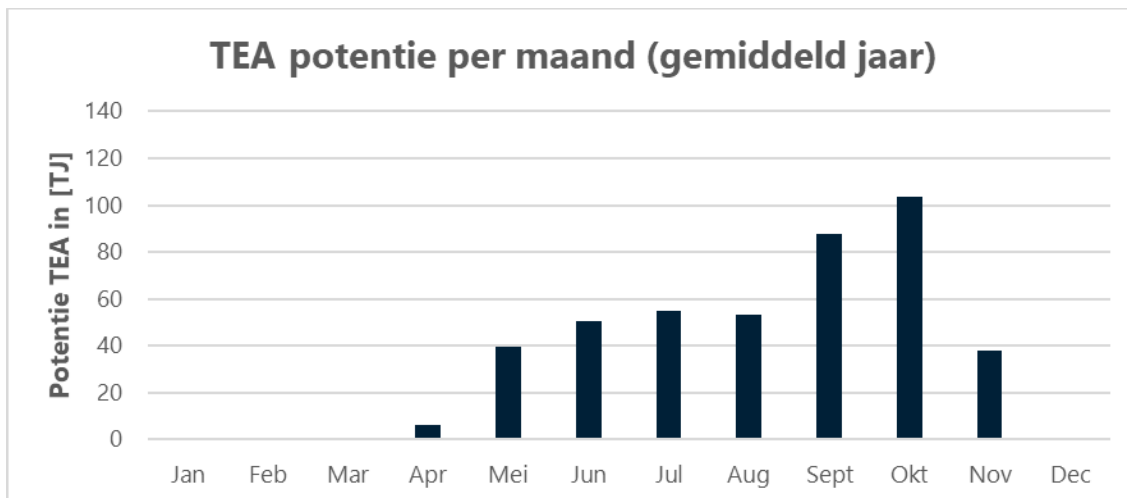
hierdoor alleen toegepast worden in de koudere wintermaanden en het najaar waarin er geen ondergrens voor de maximale afkoeling van de Dommel geldt.

Om de maximale potentie van TEA bij de RWZI vast te stellen en tegelijkertijd te voldoen aan de ontwerpcondities uit hoofdstuk 2.3, moet de maximale afkoeling van het effluent (dT) regeltechnisch flexibel worden toegepast. Deze flexibiliteit is gebaseerd op de gemeten temperatuur van de Dommel gedurende het jaar. De inzet van TEA is daarmee afhankelijk van de randvoorwaarden en eisen die per maand gelden, waarbij rekening wordt gehouden met de KRW-doelen van het waterschap en het voorkomen van ecologische schade aan het ontvangende oppervlaktewater. Door de mate van effluentafkoeling af te stemmen op de seizoensgebonden temperatuurontwikkeling van de Dommel, kan een realistisch en verantwoord temperatuurbeleid worden opgesteld. In de tabel hieronder is voor de analyse in het Waterenergieplan een voorstel gedaan op basis van een verdelingsbeleid van de drie temperatuurvarianten over een jaar.

Tabel 8 Voorstel temperatuurbeleid maximale afkoeling watertemperatuur Dommel per maand

Maanden	Temperatuurvariant	Toelichting
Januari	Variant 1	Wintermaanden en voorjaar In deze koudere maanden zijn geen aanvullende eisen voor maximale afkoeling van de Dommel en wordt uitgegaan van de temperatuurvariant met maximale afkoeling van het effluent.
Februari	Variant 1	
Maart	Variant 2	Bloeiseizoen flora en fauna en paringsseizoen vissoorten In deze periode wordt uitgegaan van de bescherming van de groei van flora en fauna. Om ecologische schade te vermijden is gekozen om de watertemperatuur van de Dommel in deze periode maximaal met 1°C af te koelen.
April	Variant 2	
Mei	Variant 2 (tot en met 14 mei) Variant 3 (vanaf 14 mei)	Zomermaanden In de droge zomermaanden (juni en juli) wordt met temperatuurvariant 3 gestuurd op een aaneengesloten periode van één maand, waarbij de watertemperatuur van de Dommel gemiddeld boven of gelijk aan 18°C blijft.
Juni	Variant 3	
Juli	Variant 3	
Augustus	Variant 3	
September	Variant 3 (tot en met 14 september) Variant 1 (vanaf 14 september)	
Oktober	Variant 1	Najaar en wintermaanden In deze periode gelden dezelfde randvoorwaarden als in het voorjaar en wintermaanden. Hierdoor wordt uitgegaan van een maximale afkoeling van het effluent met een dT van 10K.
November	Variant 1	
December	Variant 1	

Hieronder is de grafische weergave van de TEA potentie per maand van het hierboven beschreven temperatuurbeleid weergegeven.



Figuur 9 TEA-potentieverdeling per maand

De maximale potentie waarbij aan alle ontwerpcondities wordt voldaan resulteert met bovenstaande verdeling van varianten in een TEA-potentie van circa 430 TJ over een gemiddeld jaar.

4 Effecten op de Dommel – Delft 3D

In hoofdstuk 4 richten we ons op het onderzoeken van de effecten van aquathermie op de Dommel. We gebruiken data van het droge jaar 2022 en modellering met Delft3D om nauwkeurige simulaties te maken. Dit hoofdstuk analyseert de watertemperaturen en debieten van de Dommel, om het effect van toekomstige TEO- en TEA-projecten op de Dommel in beeld te brengen. Het doel is om de haalbaarheid en de impact van warmteonttrekking op de Dommel te beoordelen en bij te dragen aan duurzame energieoplossingen.

4.1 Uitgangspunten en methodiek modellering

In het vervolg van dit onderzoek is de focus gelegd op de thermische potentie van de Dommel. De Dommel is gekozen om in meer detail te bekijken, omdat hier al concrete TEO-projecten zijn en er ook al plannen zijn voor een TEA-systeem bij de RWZI. De Dommel is 2D-gemodelleerd in Delft3D (softwarepakket ontwikkeld door Deltares) op basis van de data van het waterschap. Er is een baseline validatie gedaan van het model ten opzichte van de metingen.

Voor de modellering is gebruikgemaakt van data uit het jaar 2022 voor de debieten en temperaturen. Dit jaar is gekozen omdat het een relatief droog jaar was. Door deze situatie te gebruiken is de 'veiligheid' voor ecologische effecten extra geborgd. Van dat jaar is ingezoomd op de zomerperiode van 14 mei tot 14 september, waarin de watertemperatuur grotendeels boven de 17°C ligt, zodat warmte kan worden onttrokken voor seizoensopslag in de bodem (WKO). In de zomerperiode is de stroming in de Kleine Dommel vaak nihil en soms zelfs negatief. Waterschap De Dommel erkent dat de lozing van de RWZI kan zorgen voor opstuwing waardoor water soms kortstondig de Kleine Dommel instroomt. Voor de modellering is aangenomen dat er geen water uit de Kleine Dommel in de Dommel stroomt of andersom. De actuele waterverdeling bij het verdeelwerk is als basis genomen. Mogelijke aanpassingen kunnen leiden tot méér afvoeren via de Dommel, door de stad, en zijn dus niet bedreigend voor ecologische effecten als gevolg van TEO.



Figuur 10 TEO-systemen die zijn opgenomen in de modelleringen; de "oogjes" zijn meetpunten in het model

4.1.1 Modelling TEO-systemen voor de RWZI

Zoals gezegd zijn er in de Dommel al twee concrete projecten waar aan TEO als warmtebron wordt gedacht, namelijk Stadhuisplein en Fellenoord. Omdat uit de eerdere analyse in hoofdstuk 2 kwam dat de afstand tussen TEO-systemen ongeveer twee kilometer moet zijn, waren er toen drie systemen voor de RWZI voorzien. Er is daarom nog een derde systeem (extra) toegevoegd aan de simulaties om te beoordelen of dit inderdaad mogelijk is in dit deel van de Dommel. De afstand tussen de TEO-systemen is in het model echter niet telkens twee kilometer vanwege de gekozen locaties voor TEO.

Daarnaast is voor de berekening in hoofdstuk 2 de aanname gedaan dat de Dommel gemiddeld 2 meter diep is. In de zomer bij lage debieten blijkt dit niet het geval en is de Dommel vaak ondieper. Dit betekent dat de stroomsnelheden hoger zijn dan eerder aangenomen. In het model is een gemiddelde waterdiepte van 64 centimeter aangehouden, zodat het model overeenkomt met de gemeten stroomsnelheden.

4.1.2 Modelling TEA-systeem bij de RWZI

De RWZI is op verschillende manieren gemodelleerd om de thermische invloed van de huidige RWZI en een toekomstig TEA-systeem goed te begrijpen. De RWZI is op de volgende manieren meegenomen in het model.

- 1 Een model met de RWZI met debieten en temperaturen zoals gemeten door het waterschap (huidige situatie).
- 2 Een model zonder de RWZI (fictief).
- 3 Een model met de RWZI en het TEA-systeem (temperatuurvariant 1 uit hoofdstuk 2.3).

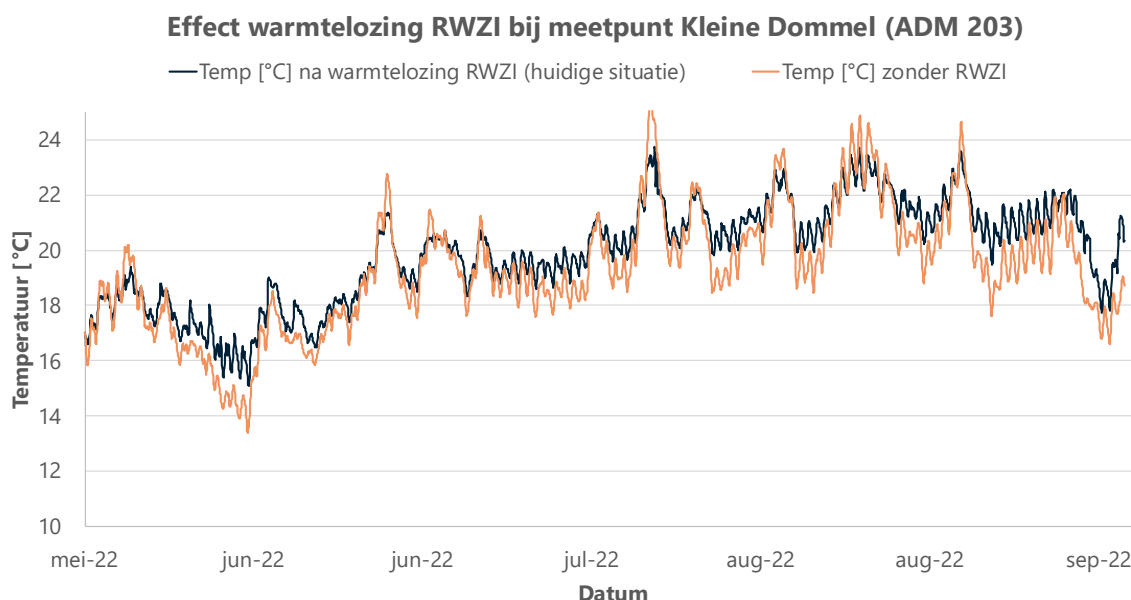
In de modellering wordt gekeken naar de watertemperatuur van de Dommel bij drie meetpunten (zie ook Figuur 11).

- Mengtemperatuur van de Dommel direct na lozing RWZI TEA.
- Temperatuur van de Dommel na de Kleine Dommel.
- Temperatuur van de Dommel bij Dommel Noord.



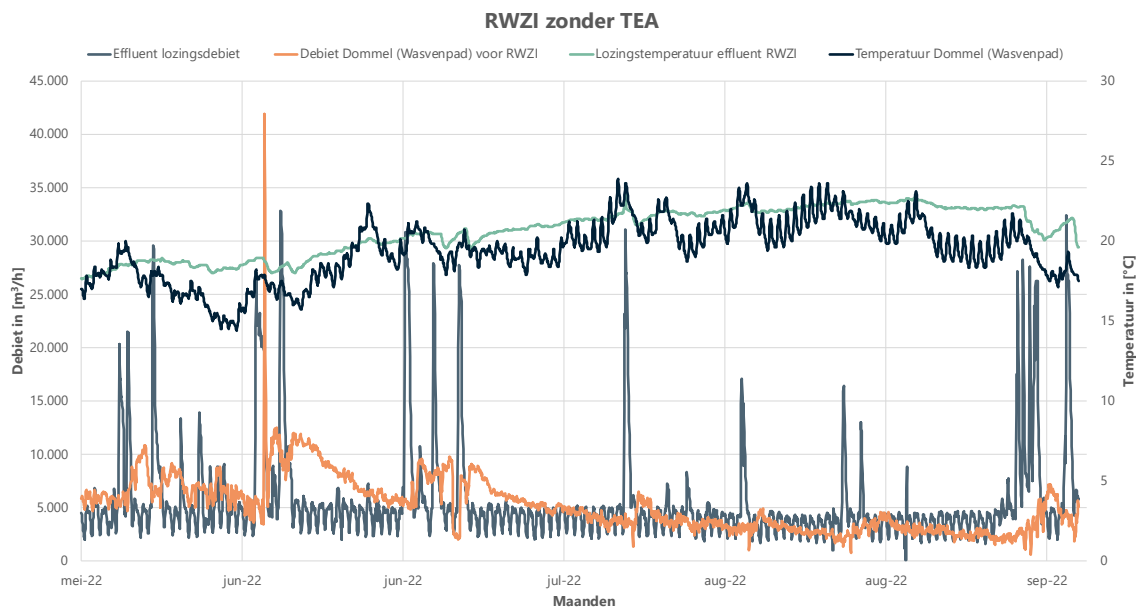
Figuur 11 Meetpunten watertemperatuur Dommel na RWZI in het model

Allereerst is de invloed van de RWZI in de huidige situatie onderzocht. Zoals in Figuur 12 zichtbaar is zorgt de RWZI in de huidige situatie vooral voor een warmtelozing, ook in de zomerperiode. De oppervlaktewatertemperatuur na de RWZI is daardoor hoger (blauwe lijn) dan de oppervlaktewatertemperatuur als de RWZI er niet was geweest (oranje lijn). Afkoeling van het effluent uit de RWZI leidt dus mogelijk niet in alle gevallen direct tot een koudelozing. Als input voor het model zonder TEA-systeem is de data van Waterschap De Dommel gebruikt uit 2022 (droog jaar).

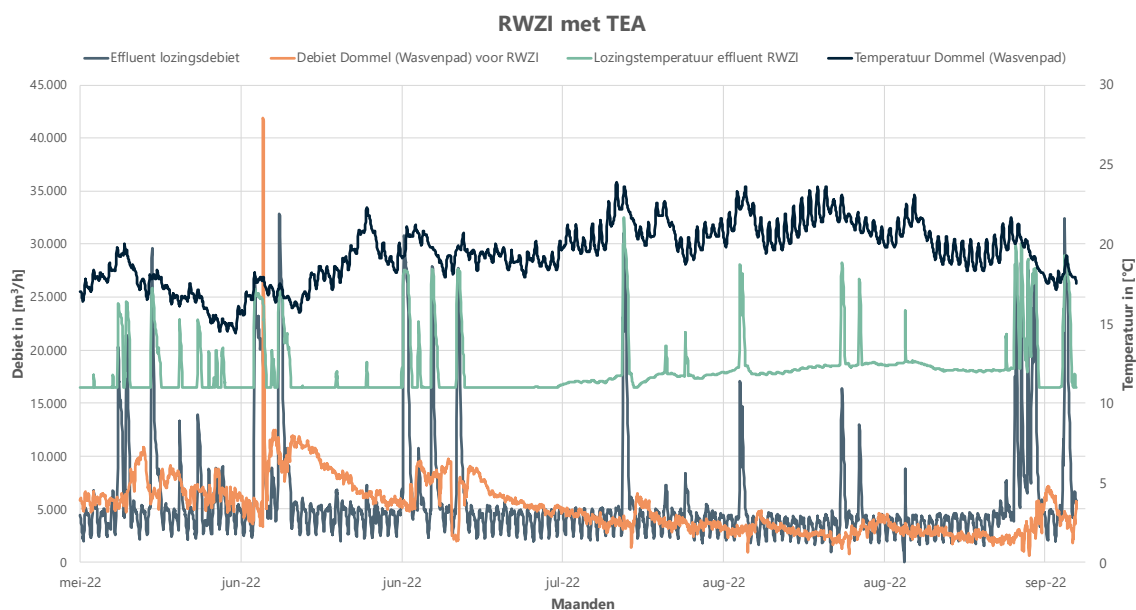


Figuur 12 Modelresultaten temperatuur oppervlaktewater voor de huidige situatie met RWZI (1) en de fictieve situatie zonder RWZI (2)

In de modellering is gekozen om de afkoeling van de Dommel te onderzoeken bij de maximale afkoeling van het effluent (temperatuurvariant 1 voor het effluent, maximaal 6.000 m³/h), waarbij geen rekening gehouden wordt met de mengtemperatuur van de Dommel. Daarmee wordt bedoeld dat de afkoeling van het effluent niet is begrenst om te veel afkoeling van de Dommel te voorkomen. In Figuur 13 en Figuur 14 hieronder is de verandering van de lozingstemperatuur van het effluent weergegeven bij toepassing van TEA. Het doel van deze modellering is om inzicht te krijgen in de temperatuur van de Dommel na de RWZI door toepassing van TEA.



Figuur 13 De debieten (linker as) en temperaturen (rechter as) van de Dommel en RWZI; input data voor modellering zonder TEA-systeem; data is gemeten door Waterschap De Dommel



Figuur 14 De debieten (linker as) en temperaturen (rechter as) van de Dommel en RWZI; input data voor modellering met TEA-systeem (variant 1); de temperatuur van het effluent water wordt maximaal afgekoeld

4.1.3 Resultaten TEO-modellering

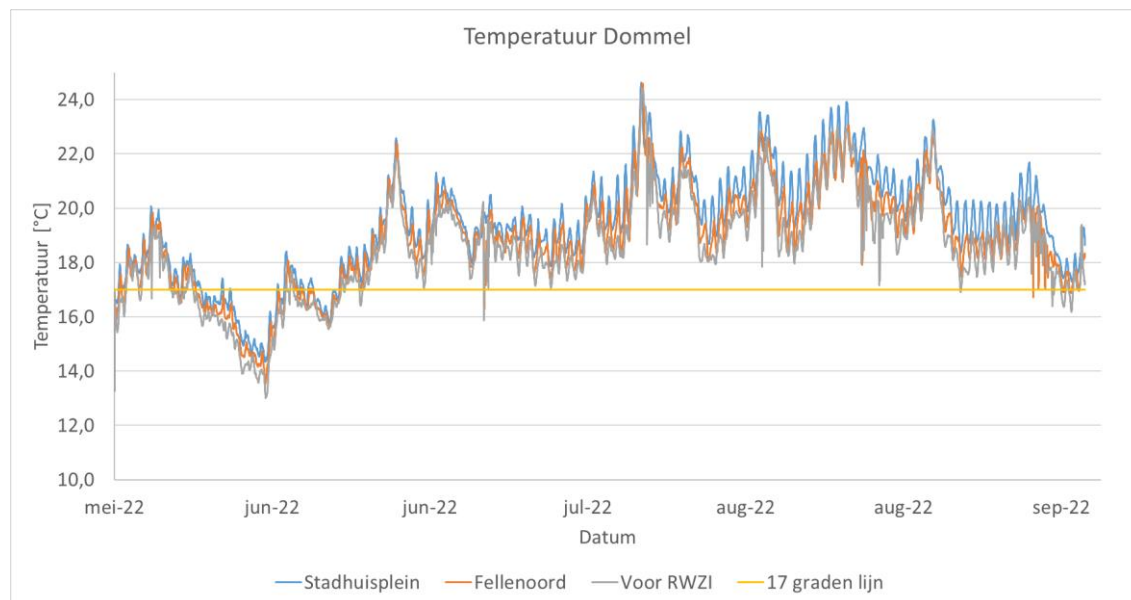
In het deel van de Dommel voor de RWZI is met een Delft3D-modellering nader onderzocht of er inderdaad drie TEO-systemen van 360 m³/h (10% van maatgevende lage afvoer) haalbaar zijn.

In

Figuur 10 zijn de locaties van de verschillende TEO-systemen weergegeven zoals deze in het model zijn opgenomen. Rond de in- en uitlaat van ieder systeem zijn "oogjes" geplaatst. Deze dienen als

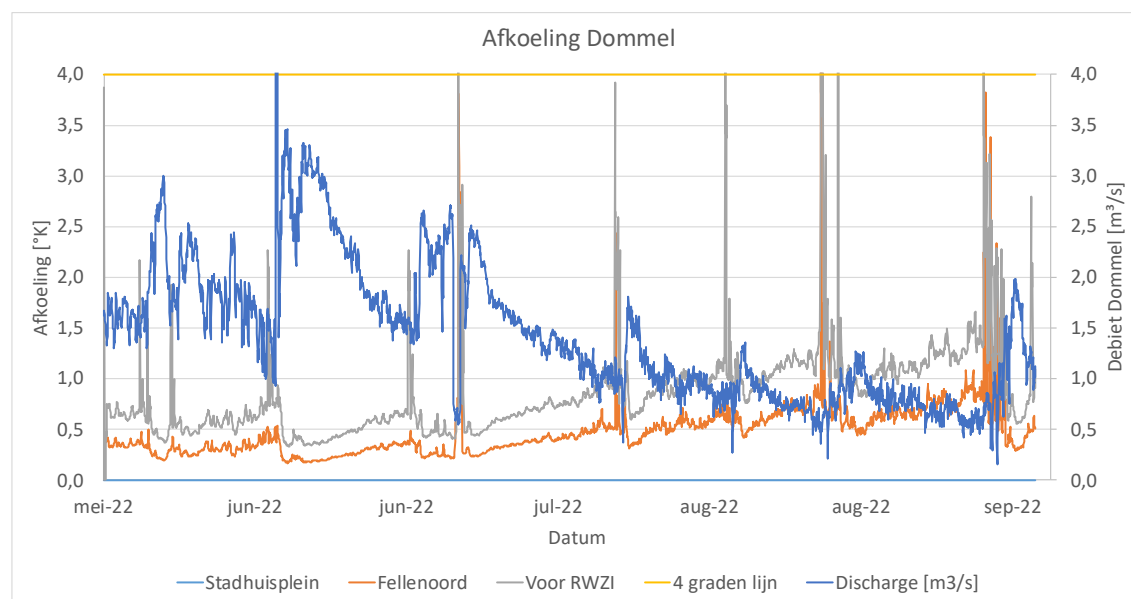
meetpunten in het model. Het model is gerund voor de periode van 14 mei tot 14 september 2022. De reden hiervoor is dat 2022 een relatief droog jaar was.

Als eerste is gekeken naar alleen de twee systemen waar al een concreet project voor is, namelijk Stadhuisplein en Fellenoord. In Figuur 15 is de watertemperatuur weergegeven bij de inlaat van ieder systeem.



Figuur 15 Watertemperaturen bij de inlaat van de genoemde TEO-systemen (twee) en voor de RWZI; de 17°C lijn geeft de minimaal benodigde watertemperatuur voor het laden van een WKO aan

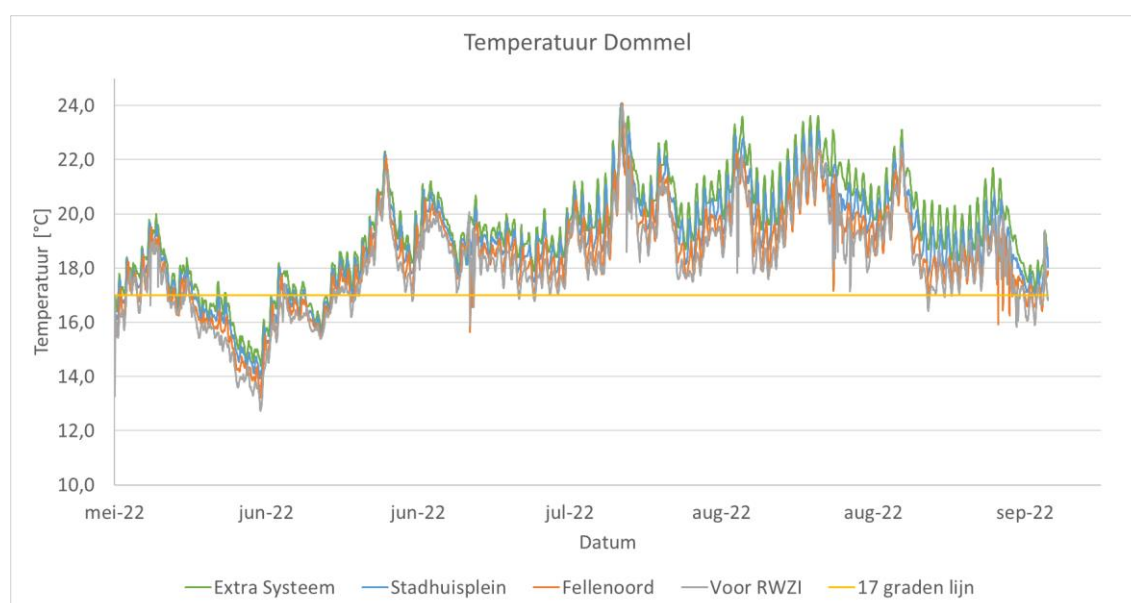
In Figuur 15 is te zien dat de temperatuur vrijwel altijd boven de 17°C blijft waardoor de technische warmtepotentie van de TEO-systemen gelijk blijft aan de huidige situatie zonder TEO-systemen. Technisch is deze situatie daarmee haalbaar.



Figuur 16 Gemeten debiet door de Dommel bij het Wasvenpad (rechter as); en het verschil in watertemperatuur tussen model met twee TEO-systemen en het model zonder TEO-systemen (linker as);

de uitschieters zijn fouten in de meetwaarden uit het model en moeten daarom buiten beschouwing worden gelaten

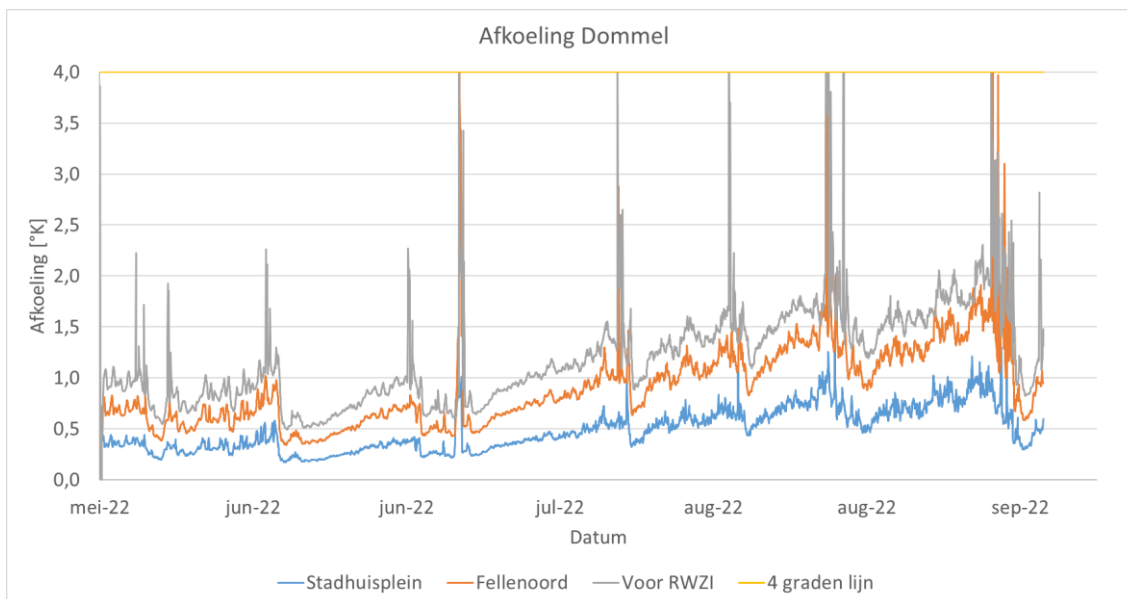
In Figuur 16 is het verschil in watertemperatuur weergegeven tussen het model met twee TEO-systemen en het model zonder TEO-systemen (huidige situatie). Daarnaast is het debiet door de Dommel ook weergegeven. Hieruit wordt duidelijk zichtbaar dat bij lagere debieten door de Dommel de effecten groter worden. Dit is ook te verklaren, omdat in dat geval een groter deel van het Dommelwater wordt afgekoeld door de TEO-systemen. De maatgevende lage afvoer voor de Dommel ligt op 0,96 m³/s. Aan het einde van de zomerperiode zit het Dommeldebiet hier onder waardoor het debiet per TEO-systeem groter wordt dan 10% van het Dommeldebiet. Wel blijft het temperatuurverschil het hele jaar onder de 4°C waardoor formeel geen sprake is van een koudepluim zoals bedoeld in het STOWA-kader.



Figuur 17 Watertemperaturen bij de inlaat van de genoemde TEO-systemen (drie) en voor de RWZI; de 17°C lijn geeft de minimaal benodigde watertemperatuur voor het laden van een WKO aan

In Figuur 17 en Figuur 18 zijn dezelfde grafieken weergegeven voor een model met drie TEO-systemen. In Figuur 17 is te zien dat de temperatuur vrijwel altijd boven de 17°C blijft waardoor de technische warmtepotentie van de TEO-systemen gelijk blijft aan de huidige situatie zonder TEO-systemen. Technisch is deze situatie daarmee haalbaar. Nog een extra systeem lijkt niet haalbaar, omdat de watertemperatuur daarbij vaker onder de 17°C zal komen.

In Figuur 18 is te zien dat het temperatuurverschil ook bij drie TEO-systemen niet boven de 4°C uitkomt. Dat betekent wederom dat er volgens het STOWA-kader formeel geen sprake is van een koudepluim.



Figuur 18 Gemeten debiet door de Dommel bij het Wasvenpad (rechter as); en het verschil in watertemperatuur tussen model met drie TEO-systemen en het model zonder TEO-systemen (linker as); de uitschieters zijn fouten in de meetwaarden uit het model en moeten daarom buiten beschouwing worden gelaten

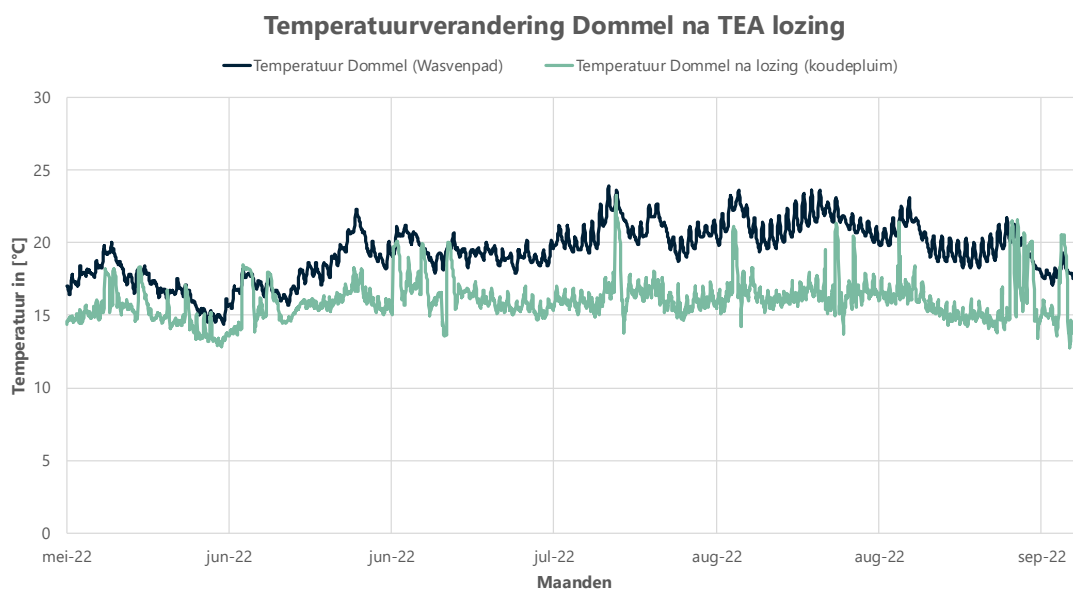
4.1.4 Resultaten TEA-modellering

Voor het bepalen van de effecten van TEA op de watertemperatuur van de Dommel na de RWZI is een Delft3D-modellering opgezet. In dit hoofdstuk zijn de uitgangspunten en resultaten van deze modellering weergegeven.

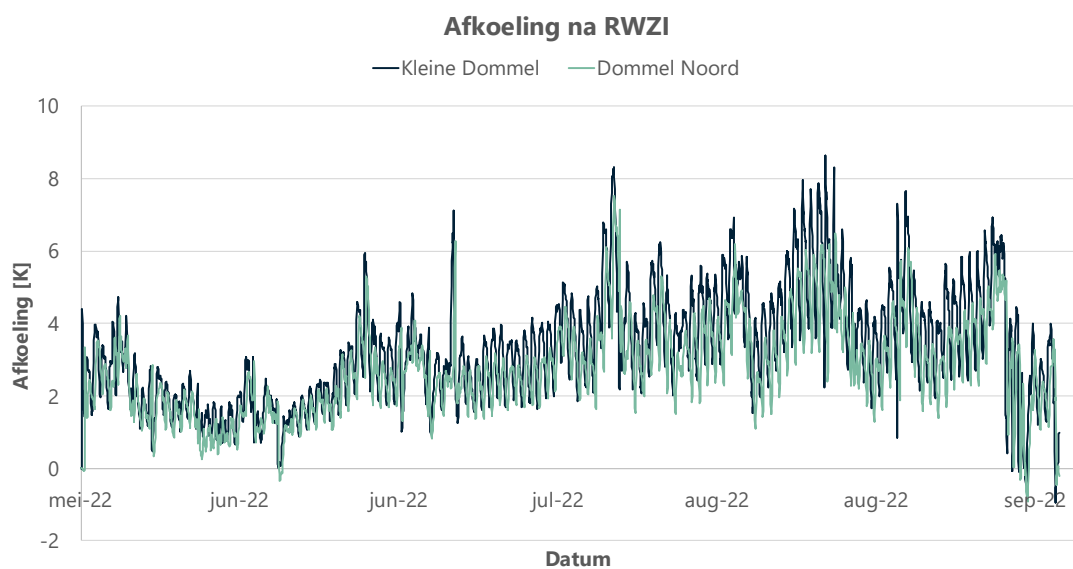
In de modellering wordt gekeken naar de watertemperatuur van de Dommel bij drie meetpunten (zie Figuur 11).

- Mengtemperatuur van de Dommel direct na lozing RWZI TEA.
- Temperatuur van de Dommel na de Kleine Dommel (ADM 203).
- Temperatuur van de Dommel bij Dommel Noord.

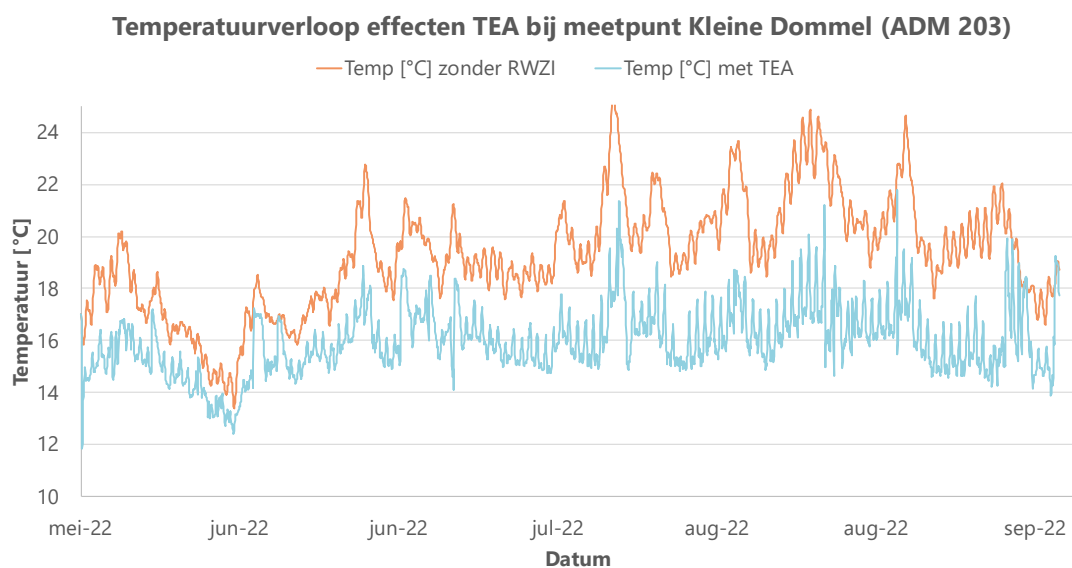
In de modellering is gekozen om de afkoeling van de Dommel bij de worst-case-situatie te onderzoeken (temperatuurvariant 1 voor het effluent), waarbij geen rekening gehouden wordt met de mengtemperatuur van de Dommel. Het doel van deze modellering is om inzicht te krijgen in de temperatuur van de Dommel na de RWZI door toepassing van TEA.



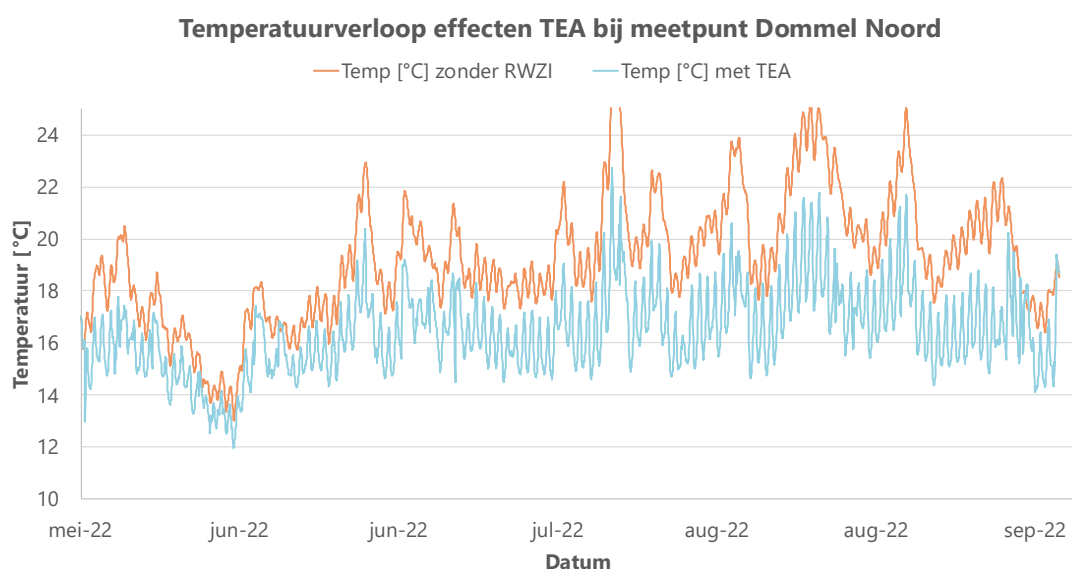
Figuur 19 Temperatuurverandering Dommel direct na lozing afgekoeld effluent na RWZI



Figuur 20 Afkoeling van de Dommel bij meetpunten na de RWZI ten opzichte van een fictieve situatie zonder RWZI



Figuur 21 Effect van TEA op de watertemperatuur van de Dommel bij meetpunt Kleine Dommel (ADM 203)



Figuur 22 Effect van TEA op de watertemperatuur van de Dommel bij meetpunt Dommel Noord

Uit de resultaten van de modellering komt naar voren dat de watertemperatuur van de Dommel gemiddeld afkoelt met een dT van 4K met een maximale afkoeling van circa 9K direct na de RWZI. Uit de resultaten van de meetpunten "Kleine Dommel" en "Dommel Noord" is te concluderen dat de watertemperatuur van de Dommel onvoldoende herstelt naar de watertemperatuur van de Dommel voor TEA en de RWZI. De opwarming bij Dommel Noord is beperkt tot circa 0,5 tot 1K. Verder kan worden geconcludeerd dat bij het maximaal afkoelen van het effluent (temperatuurvariant 1) in de droge zomermaanden (juni en juli) niet wordt voldaan aan de eis om in een aaneengesloten periode van minstens één maand, de gemiddelde watertemperatuur van de Dommel (na lozingspunt) niet onder 18°C uit te laten komen.

In de bijlage is voor de volledigheid nog de gecombineerde modellering van TEO + TEA opgenomen.

5 Warmtepotentie en warmtevraag

In dit hoofdstuk onderzoeken we de relatie tussen de warmtepotentie uit Thermische Energie uit Oppervlaktewater (TEO) en Thermische Energie uit Afvalwater (TEA) en de toekomstige warmtevraag in Eindhoven. Hoeveel woningen kunnen we met de beschikbare warmte verduurzamen? We kijken specifiek naar hoe de warmtepotentie verdeeld wordt en hoe deze aansluit op de warmtevraag van verschillende woningequivalenten. Dit geeft inzicht in de mogelijkheden en beperkingen van deze energiebronnen voor duurzame stadsverwarming.

Hierbij maken we gebruik van de dataset uit het Energiesysteemontwerp Eindhoven 2050 (ESOE), maar ook van openbare data. We onderzoeken de mogelijkheden van aquathermie als een van de warmtebronnen voor het verwarmen van nieuwbouwprojecten en het aardgasvrij maken van de bestaande gebouwde omgeving. We bepalen de energievraag op basis van aannames en uitgangspunten.

De vraag die we beantwoorden is of er noodzaak is voor aquathermie ten behoeve van het verduurzamen van de bestaande gebouwde omgeving van Eindhoven. Gezien de gemeente op zoek is naar duurzame warmtebronnen, wordt aquathermie beschouwd als een potentieel waardevolle toevoeging. Door de mogelijkheden van aquathermie binnen de kaders van het watersysteem te onderzoeken, streven we naar een optimale benutting van deze energiebron zonder de ecologische integriteit van het systeem te schaden.

5.1 Totale potentie aquathermie voor Eindhoven

In de tabel hieronder is de **totale potentie per systeem** weergegeven met daarbij de verwachte potentie van aan te sluiten woningequivalenten.

Tabel 9 Totale potentie aquathermie bronnen Eindhoven

Onderdeel	Potentie in [TJ]	Potentie aantal woningequivalenten (weq) – per bronwarmtevraag	
		30 GJ/woning	20 GJ/woning ²
TEO-stilstaande wateren	53	1.767	2.650
TEO-stromende wateren	171	5.700	8.550
TEA-RWZI	430	14.330	21.500

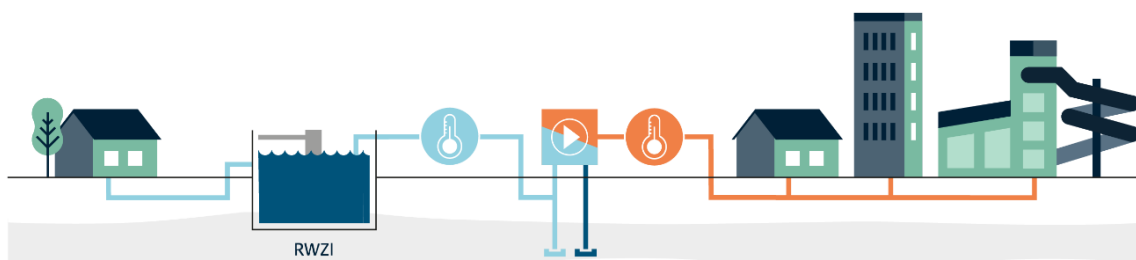
² Het is aannemelijk dat woningen verder worden geïsoleerd de komende jaren. Hiermee zal de warmtevraag per woning dalen.

5.2 Energievraag

5.2.1 Kaders en uitgangspunten

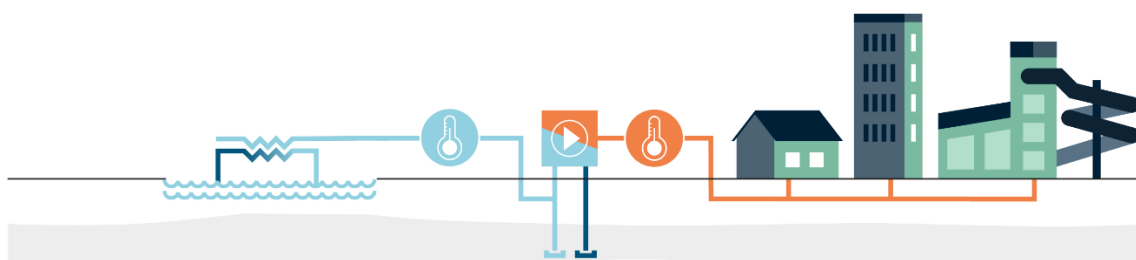
Aquathermie kan in de gemeente Eindhoven worden ingezet als een van de warmtebronnen voor het verwarmen van nieuwbouwprojecten en het aardgasvrij maken van bestaande gebouwen. Voor het bepalen van de toekomstige warmtevraag is gebruikgemaakt van de dataset die is toegepast in het Energiesysteemontwerp Eindhoven 2050 (ESOE). Voor de analyse in het Waterenergieplan wordt uitgegaan van een collectieve warmtenetconfiguratie met middentemperatuur (MT-warmtenet 70°C). Het is voor de gemeente Eindhoven prima mogelijk om lokaal met verschillende typen warmtenetten te werken (ZLT, LT en MT). Voor het Waterenergieplan zijn we vooral geïnteresseerd wat de warmtevraag van de stad betekent voor de bronwarmtevraag bij de toepassing van WKO en daaropvolgend de regeneratiebehoefte waar aquathermie een belangrijk rol in kan spelen als warmtebron. Zie ook de schematische weergave in Figuur 23 en Figuur 24 van warmtenetten gevoed door warmte uit de rioolwaterzuivering (RWZI) en uit oppervlaktewater.

/ Warmte uit RWZI (TEA) en WKO met MT warmtenet

Figuur 23 Warmtenetconfiguratie TEA (RWZI) met MT-warmte (70°C) met een warmte-/koudeopslag (WKO)

/ Warmte uit oppervlaktewater (TEO) en WKO met MT warmtenet

Figuur 24 Warmtenetconfiguratie TEO met MT-warmte (70°C) met een warmte-/koudeopslag (WKO)

De koudevraag en bronwarmtevraag zijn bepaald op basis van aannames en uitgangspunten van DWA, zoals weergegeven in Tabel 10 hieronder.

Tabel 10 Uitgangspunten analyse toekomstige energievraag Eindhoven voor WEP

Uitgangspunten uit energiesysteemontwerp Eindhoven (ESOE)	
Toekomstige warmtevraag voor nieuwbouw en bestaande bouw met isolatie	Bron: ESOE kolom AF Documentnaam: ESOE Buurt en Zone Tabel
Aantallen voor nieuwbouw	Aantal woningen: 42.279 Aantal m ² oppervlak utiliteit: 1.905.076 m ²
Uitgangspunten DWA voor bepalen van energievraag	
Warmteverlies distributienet/warmtenet	7 GJ per aansluiting
Koudevraag voor alleen nieuwbouw	Woningen: 5 GJ per aansluiting Utiliteit: 35 kWh/m ²
COP warmtepomp (middentemperatuur: 70°C)	3,5

In deze analyse worden de volgende onderdelen **niet** meegenomen.

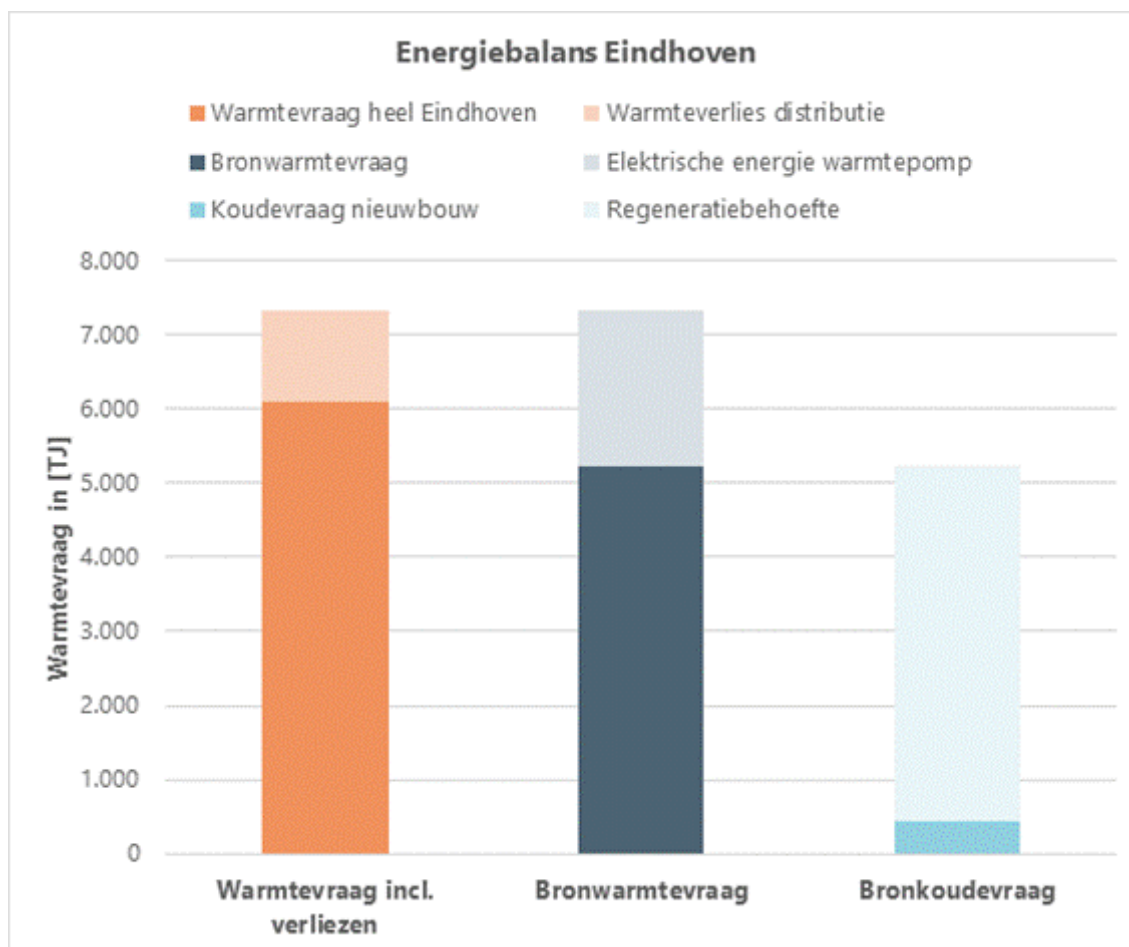
- Koudevraag in de huidige situatie of bij verduurzaming van bestaande bouw.

5.3 Analyse

Met de hiervoor genoemde uitgangspunten is de jaarlijkse energievraag in Tabel 11 hieronder bepaald. In de bijlage zijn de kaarten met de uitkomsten opgenomen.

Tabel 11 Energievraag per jaar Eindhoven

Onderdelen	Energievraag in [TJ per jaar]
Toekomstige warmtevraag	6.100
Toekomstige warmtevraag inclusief distributieverliezen warmtenet	7.310
Koudevraag nieuwbouw	440
Bronwarmtevraag (laagwaardige warmte)	5.220



Figuur 25 Energiebalans Eindhoven

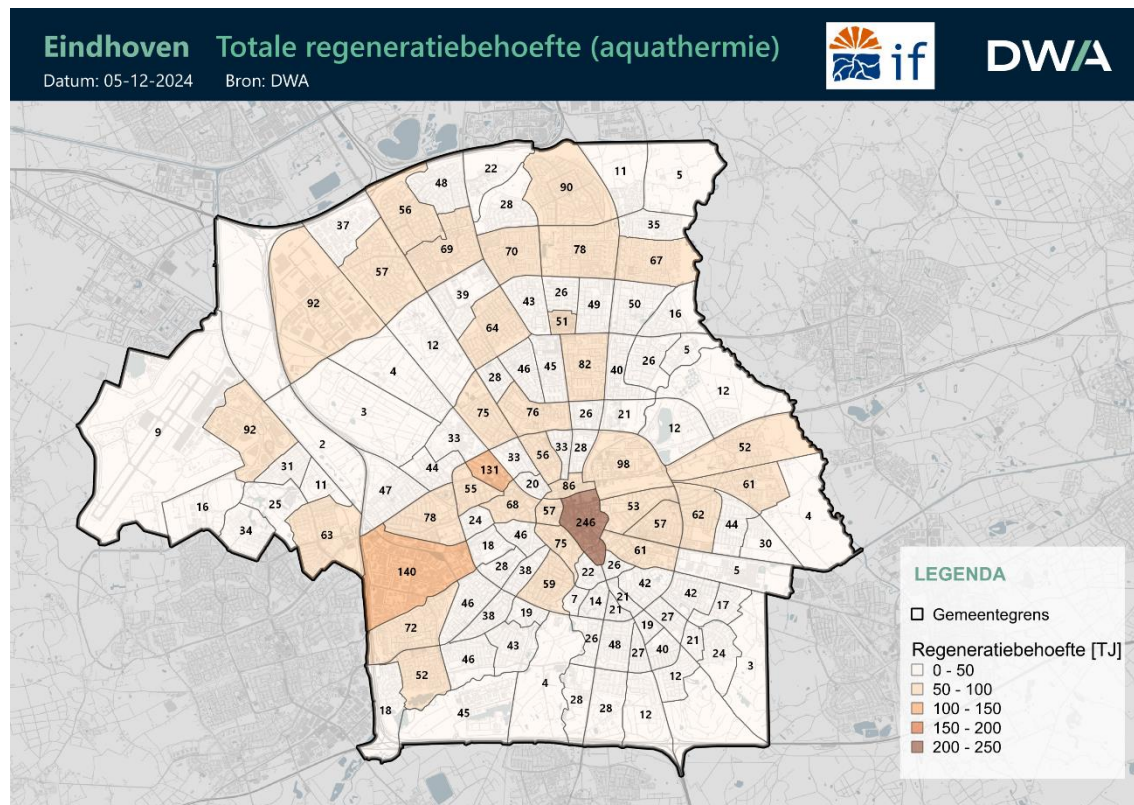
We rekenen voor wat de schaarste aan warmte is in Eindhoven. Nu zijn er grofweg warmtebronnen als lucht, aquathermie en restwarmte. Voor de analyse gaan we er nu van uit dat alle warmte en koude wordt geleverd via een WKO. Dit zal in de praktijk niet zo zijn.

De grafiek in Figuur 25 laat de energiebalans voor heel de stad Eindhoven zien. De totale warmtevraag bestaat uit de warmtevraag van alle woningen en utiliteit (6.100 TJ) en het warmteverlies van het MT-warmtenet (1.210 TJ). Deze warmtevraag moet worden ingevuld met elektrische energie van de warmtepomp, maar ook met de warmte uit een warmtebron. Op basis van een middentemperatuur warmtepomp met een COP van 3,5 is er een bronwarmtevraagbehoefte van 5.220 TJ. Voor de bronbalans kan deze bronwarmte voor een klein deel met de koudevraag uit nieuwbouw (die woningen leveren dan dus warmte terug in de zomer) ingevuld worden. De koudevraag van de nieuwbouw bedraagt circa 440 TJ. Op basis van deze resultaten is te concluderen dat de jaarlijkse bronwarmtevraag veel groter is dan alleen de koudevraag voor nieuwbouw.

Hierdoor blijft er een flink deel van de bronwarmtevraag niet ingevuld en ontstaat er een onbalans in de WKO (er wordt te veel warmte uit de bodem onttrokken). Een WKO dient over een periode van vijf jaar in balans te zijn. Hiervoor is het noodzakelijk om de WKO te regenereren met een regeneratievoorziening. Aquathermie (TEO en TEA) kan ingezet worden als regeneratievoorziening om (gedeeltelijk) deze regeneratiebehoefte van de WKO te voorzien. De regeneratiebehoefte voor de stad Eindhoven bedraagt circa 4.780 TJ. Idealiter wordt deze regeneratiebehoefte zoveel mogelijk

ingevuld met aquathermie, omdat dit een duurzamere warmtebron is dan het plaatsen van luchtwarmtepompen.

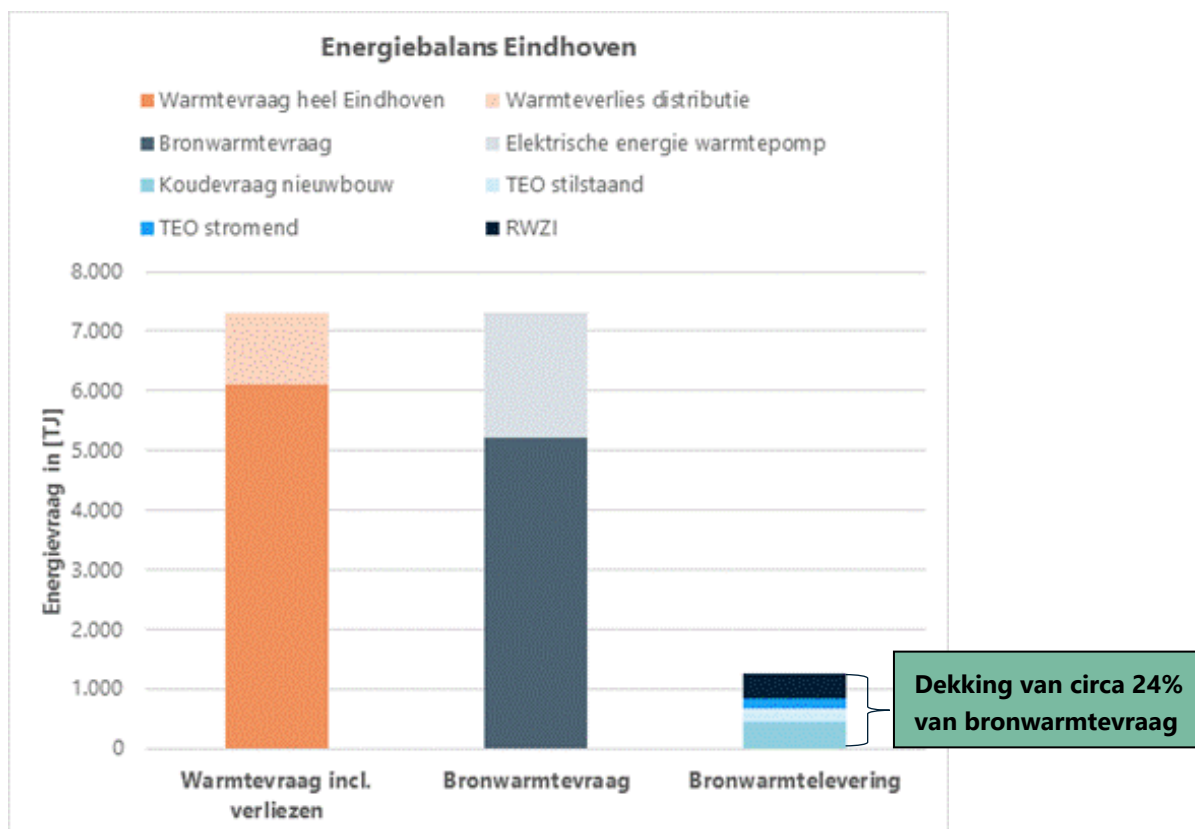
In Bijlage 2.4 en de afbeelding hieronder is de totale regeneratiebehoefte afgebeeld verdeeld over de hele stad. De grootste regeneratiebehoefte bevindt zich rondom de binnenstad.



Figuur 26 Totale regeneratiebehoefte Eindhoven

5.4 Verdeling van warmtepotentie naar warmtevraag

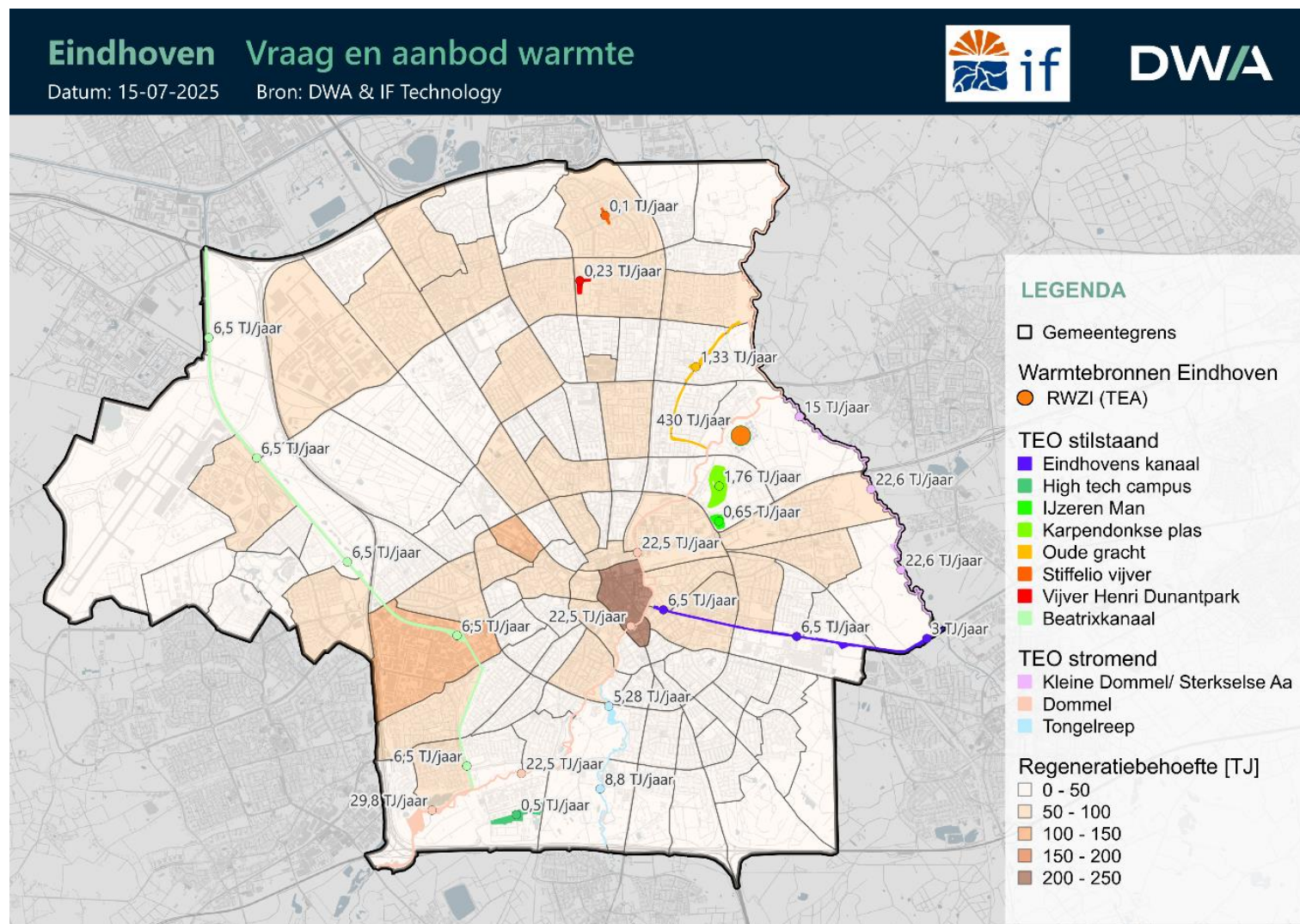
In de afbeelding hieronder is de energiebalans uit hoofdstuk 5.3 ingevuld met de resultaten uit de potentiebepaling van TEA en TEO. De totale warmtepotentie uit TEA en TEO bedraagt samen 821 TJ. Door de samenstelling van koude leveren uit de WKO (440 TJ) en regenereren van de WKO met aquathermie (TEO en TEA) kan circa 24% van de totale bronwarmtevraag geleverd worden. Van de totale regeneratiebehoefte voor de hele stad (4.780 TJ) wordt circa 17% ingevuld door aquathermie (TEO en TEA). Dit betekent dat aquathermie een belangrijke rol heeft als warmtebron voor de verduurzamingsopgave van de stad Eindhoven. Maar ook dat naast aquathermie nog andere duurzame warmtebronnen benodigd zijn om de volledige warmtevraag van Eindhoven in te vullen.



Figuur 27 Energiebalans met potentie uit aquathermiebronnen (TEA en TEO)

Figuur 28 hieronder laat de verdeling van de aquathermiesystemen zien op de kaart met de regeneratiebehoefte in de stad. Hieruit zijn de volgende conclusie(s) getrokken.

- In en rondom de binnenstad van Eindhoven is de regeneratiebehoefte het grootst.
- Alleen de inzet van aquathermie als warmtebron is onvoldoende om te voorzien in de warmtevraag van heel de stad Eindhoven.
- Aquathermie is bij lokale projectontwikkelingen dicht bij de bron kansrijk om delen van gebieden/buurtten te verwarmen met TEO en/of TEA.
 - De potentie uit TEA kan met de toepassing van een collectief warmtenet een groot gebied van Eindhoven rondom de RWZI voorzien van duurzame warmte.
 - Voor TEO is het kansrijk om koppelkansen te zoeken met lokale projectontwikkelingen dicht bij de bron.



Figuur 28 Verdeling vraag en aanbod aquathermie systemen Gemeente Eindhoven

5.5 Conclusies totale potentie en verdeling van warmtepotentie naar warmtevraag

Uit de bovenstaande resultaten zijn de volgende conclusie(s) getrokken.

- De RWZI heeft een grotere potentie dan losse TEO-systemen.
- De RWZI heeft geen beperkingen op ecologie door filtering van water (wel op de watertemperatuur)
- Bij TEO is het klimaateffect gevoeliger dan bij de RWZI. Het effluent heeft een constanter temperatuurverloop.
- Bij lokale TEO-toepassingen zijn de leidingafstanden tot afnemers kleiner dan vanuit de RWZI warmte transporteren naar verder gelegen wijken.
- TEO en TEA hebben samen met de koudevraag van de nieuwbouw een dekkinggraad van circa 24% van de totale bronwarmtevraag van Eindhoven.
 - De potentie uit TEO en TEA is onvoldoende om de volledige bronwarmtevraag van de stad Eindhoven te voorzien.
 - TEO en TEA spelen wel een belangrijke rol als warmtebron voor nieuwe projectontwikkelingen en nabijgelegen wijken en buurten van waterlichamen en/of RWZI.

6 Strategie voor uitrol aquathermie

Nu we de potentie van aquathermie helder in kaart hebben gebracht, is het tijd om concrete stappen te zetten. Het doel van hoofdstuk 6 is om een strategie te presenteren voor de uitrol van energiesystemen en het verbeteren van de waterkwaliteit. Dit hoofdstuk gaat in op de praktische stappen en afwegingen die nodig zijn om de energiesystemen effectief en ecologisch verantwoord te implementeren.

6.1 Strategie voor uitrol van energiesystemen: Hoe nu verder?

Op basis van dit onderzoek is er plek voor drie TEO-systemen (360 m³/h) in de Dommel vóór de RWZI. De potentie van de RWZI (debiet) begrenzen we op het uitgangspunt waarbij in de maanden juni-juli de temperatuur van de Dommel minimaal vier weken gemiddeld 18°C is. Hiermee blijft de afkoeling van de Dommel binnen de grenzen van wat ecologisch verantwoord wordt geacht.

De volgende strategie wordt voorgesteld bij het realiseren van de energiesystemen.

- Het advies is om nu **optimaal gebruik te maken van de potentie van de RWZI**, binnen de gestelde ecologische kaders. Dit is de beste manier om de potentie van aquathermie te maximaliseren, ook omdat het effluent uit de RWZI geen micro-organismen bevat. Hierdoor wordt het risico vermeden dat deze micro-organismen uit de Dommel gefilterd worden, een probleem dat bij TEO-systemen wel kan optreden.
- **Stel een monitoringsprogramma** op. Voor het opstellen van deze WEP 1.0. is gebruik gemaakt van modellen. Voor de WEP 2.0 is het wenselijk niet of nauwelijks te modelleren, maar daadwerkelijk inzicht krijgen in effecten van aquathermie op temperatuur en ecologie. Volg voor het opstellen van het monitoringsprogramma het rapport dat STOWA onlangs publiceerde: [Monitoringsadvies TEO-systemen](#). Werk onder andere dan de volgende onderdelen uit.
 - Wat wil je monitoren? Worden alle TEO- en TEA-systemen gemonitord in de toekomst?
 - Waar ga je monitoren?
 - Wie gaat deze monitoring uitvoeren/Wie gaat er betalen voor deze monitoring?

Met deze data en kennis kan dan over een tijd toegewerkt worden naar een Waterenergieplan 2.0, waarin er meer zicht is op met name de impact van aquathermie op ecologie.
- Werk gezamenlijk de rollen van de gemeente en het waterschap uit met betrekking tot de realisatie van aquathermie-systemen en de vergunningsverlening ten behoeve van het opstellen WEP 2.0.
- Start met het **realiseren van een collectief energiesysteem bij het Stadhuisplein** (dit traject loopt nu).
 - Dit kan als pilotproject worden gezien, waarbij de effecten op temperatuur en ecologie in de Dommel nauwgezet gemonitord worden de komende jaren. Dit gaat inzicht geven in de daadwerkelijke effecten van warmtewinning uit de Dommel.
 - Daarna kunnen de twee andere TEO-systemen voor de RWZI gerealiseerd worden.
- Start met het **winnen van warmte uit de RWZI** ten behoeve van de Generalenbuurt. Het gevraagde debiet van de Generalenbuurt (2.700 m³/h) past ruimschoots in dit WEP berekende debiet van 6.000 m³/h. Ontwerp het systeem wel zo dat eventueel de overige potentie gewonnen kan worden uit de RWZI.

- De volledige potentie aan woningen zal gefaseerd worden aangelegd, wat de ruimte biedt om de effecten op temperatuur en ecologie te monitoren. Waar nodig kan dan worden bijgestuurd de komende jaren.

De volgende optimalisaties zijn mogelijk kansrijk. We adviseren deze verder te verkennen.

- Contacten met de omliggende gemeenten Son en Breugel en Waalre zijn van groot belang om inzicht te krijgen in hun ideeën en plannen met betrekking tot aquathermie. Door samen te werken en informatie uit te wisselen, kunnen regionale strategieën beter op elkaar worden afgestemd en kunnen kansen voor duurzame energieoplossingen optimaal worden benut. Deze samenwerking kan bijdragen aan een effectieve implementatie van aquathermie binnen het watersysteem.
 - Er kan een kans ontstaan voor de realisatie van een extra TEO-systeem na de RWZI, mits dit binnen de gestelde ecologische kaders blijft. Dit wordt met name relevant wanneer de gemeente Son en Breugel geen plannen heeft voor aquathermie in hetzelfde gebied of besluit deze verder stroomafwaarts te ontwikkelen. Door een dergelijke afstemming wordt ruimte gecreëerd voor een duurzame en efficiënte benutting van het watersysteem, met behoud van de ecologische balans en de temperatuurgrens van gemiddeld 18°C in de maandag uni-juli.
- In de Delft3D-analyse is het debiet van de Kleine Dommel momenteel op 0 gezet vanwege de aannames rondom het droge jaar 2022. Dit betekent dat in de analyse in dit Waterenergieplan er geen bijdrage wordt meegerekend van de Kleine Dommel aan de thermische dynamiek van de Dommel. Echter, in natte jaren heeft de Kleine Dommel wel het debiet, wat bijdraagt aan het opwarmen van de Dommel na de koudelozing van het effluent van de RWZI. Deze extra warmtetoevoer kan ertoe leiden dat het temperatuurseffect van de koudelozing uit het effluent van de RWZI minder groot wordt. Dit effect biedt kansen voor de mogelijke implementatie van een extra TEO-systeem na de RWZI, doordat de ecologische en thermische impact beter in balans kan blijven.
- Een mogelijke optimalisatie binnen de strategie voor aquathermie is om bewust te kiezen voor een lagere benutting van de volledige potentie van de RWZI. Door een deel van de warmtewinning uit de RWZI te beperken, kan er ruimte gemaakt worden voor de aanleg van een TEO-systeem na de RWZI.

6.2 Mogelijke ondersteunende maatregelen

Tijdens de werksessie en vanuit de gezamenlijk expertise zijn er ideeën naar voren gekomen die aquathermie en de waterkwaliteit van het watersysteem in Eindhoven kunnen ondersteunen. Deze suggesties geven we in deze paragraaf en kunnen de komende jaren ook verder verkend en uitgewerkt worden.

- Bij extreme droogte stelt het Waterschap een onttrekkingsverbod in. Binnen de bestaande kaders is het mogelijk om aquathermie als uitzondering daarop voor te stellen. Dit moet dan ook een plek krijgen in de te verlenen vergunning voor het aquathermie-systeem. Daarbij is het wel zo dat de warmtewinning uit bijvoorbeeld de Dommel is ten behoeve van het regenereren van de WKO en dat de bodem dan over een periode van vijf jaar in balans is. Dat maakt dat er ook wel flexibiliteit is voor het winnen van warmte uit oppervlaktewater.
- Bekijk per warmteproject specifiek welke debieten passend zijn en of het mogelijk/ wenselijk is om een dynamisch systeem te ontwerpen, waarbij het systeem varieert op debiet en dT.

-
- Het Waterschap wil oppervlaktewater extra gaan beluchten met zuurstof. Dit gebeurt het liefst op zo koud mogelijk water. Dit biedt kansen voor de TEO- en TEA-configuratie.
 - Het toevoegen van zuurstof verbetert de waterkwaliteit.
 - Hier ligt een koppelkans met warmteonttrekking uit water, waarbij de zuurstof kan worden toegevoegd in het afgekoelde water, wanneer dat weer op het oppervlaktewater geloosd wordt.
 - Meer warmte onttrekken uit het water, of het verder koelen van het lozingswater/het accepteren van een verdere (lokale) afkoeling van de Dommel is wellicht wenselijk om de zuurstof effectief toe te voegen.
 - Een aanvullende maatregel die overwogen kan worden, is om het water dat uit de Dommel wordt gehaald, extra te filteren. Bekijk hoe het water van warmtewinning weer terug gebracht wordt in de Dommel zodat het bijdraagt aan de waterkwaliteit. Deze aanpak sluit aan bij de ambities om aquathermie te combineren met duurzaam waterbeheer en biedt een kans om de ecologische impact van warmtewinning verder te minimaliseren.

Bijlage 1 - Begrippenlijst

Deze bijlage biedt een overzicht van belangrijke begrippen die in dit rapport worden gebruikt. De begrippenlijst is bedoeld om verduidelijking te geven bij termen en concepten die specifiek zijn voor aquathermie en gerelateerd waterbeheer.

- **Achtergrondtemperatuur:** de temperatuur van het water op een specifieke locatie waar externe bronnen van warmte of koude geen invloed hebben op de temperatuur van het watersysteem.
- **Aquathermie:** alle vormen van thermische energie (warmte of koude) uit water. Voorbeelden zijn TEO (oppervlaktewater), TEA (afvalwater) en TED (drinkwater).
- **Koudepluim:** het deel van de mengzone waar het meer dan 4°C kouder is dan de achtergrondtemperatuur.
- **Maatgevende lage afvoer:** het debiet in het waterlichaam (rivier of kanaal) dat 10% van de tijd onderschreden wordt.
- **Mengzone:** de zone in het oppervlaktewater vanaf het lozingspunt tot aan het punt waar de lozing volledig is gemengd met het oppervlaktewater. De mengzone is dus het deel van het waterlichaam waar de watertemperatuur door een koudelozing lager is dan de achtergrondtemperatuur.
- **STOWA-kader:** verwijzing naar STOWA publicatie 2023/40: Handreiking voor beoordeling van ecologische effecten van TEO-systemen (van 15 november 2023).
- **TEA:** Thermische Energie uit Afvalwater. In deze studie kijken we naar het onttrekken van warmte uit het effluent van de RWZI.
- **TED:** Thermische Energie uit Drinkwater.
- **TEO:** Thermische Energie uit Oppervlaktewater. In deze studie onderzoeken we het onttrekken van warmte uit het oppervlaktewater.

Bijlage 2 - Kaarten

In deze bijlage zijn de kaarten voor de warmte-en koudevraag en regeneratiebehoefte opgenomen.

2.1 Toekomstige warmtevraag Eindhoven 2050

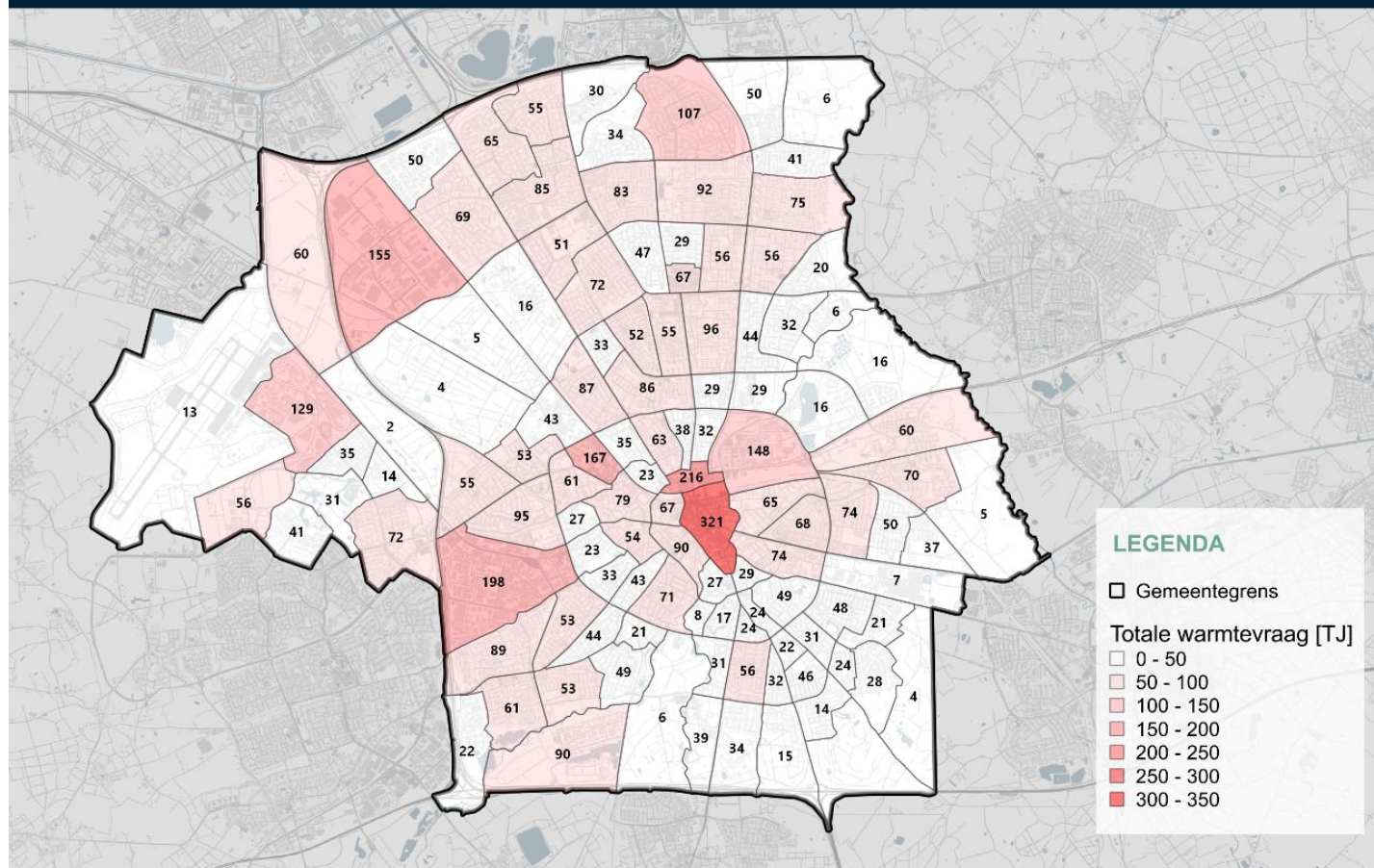
De warmtevraag uit de kaart hieronder is afgeleid uit kolom "AF" uit de analyse van het Energiesysteemontwerp (ESOE) van Eindhoven (brondocument: ESOE Buurt en Zone Tabel). De totale toekomstige warmtevraag in woningen en gebouwen per buurt van bestaande bouw en nieuwbouw. Hierbij is rekening gehouden met de toekomstige schilverbetering van bestaande bouw.

Eindhoven Totale warmtevraag woningen + utiliteit

Datum: 05-12-2024 Bron: ESOE

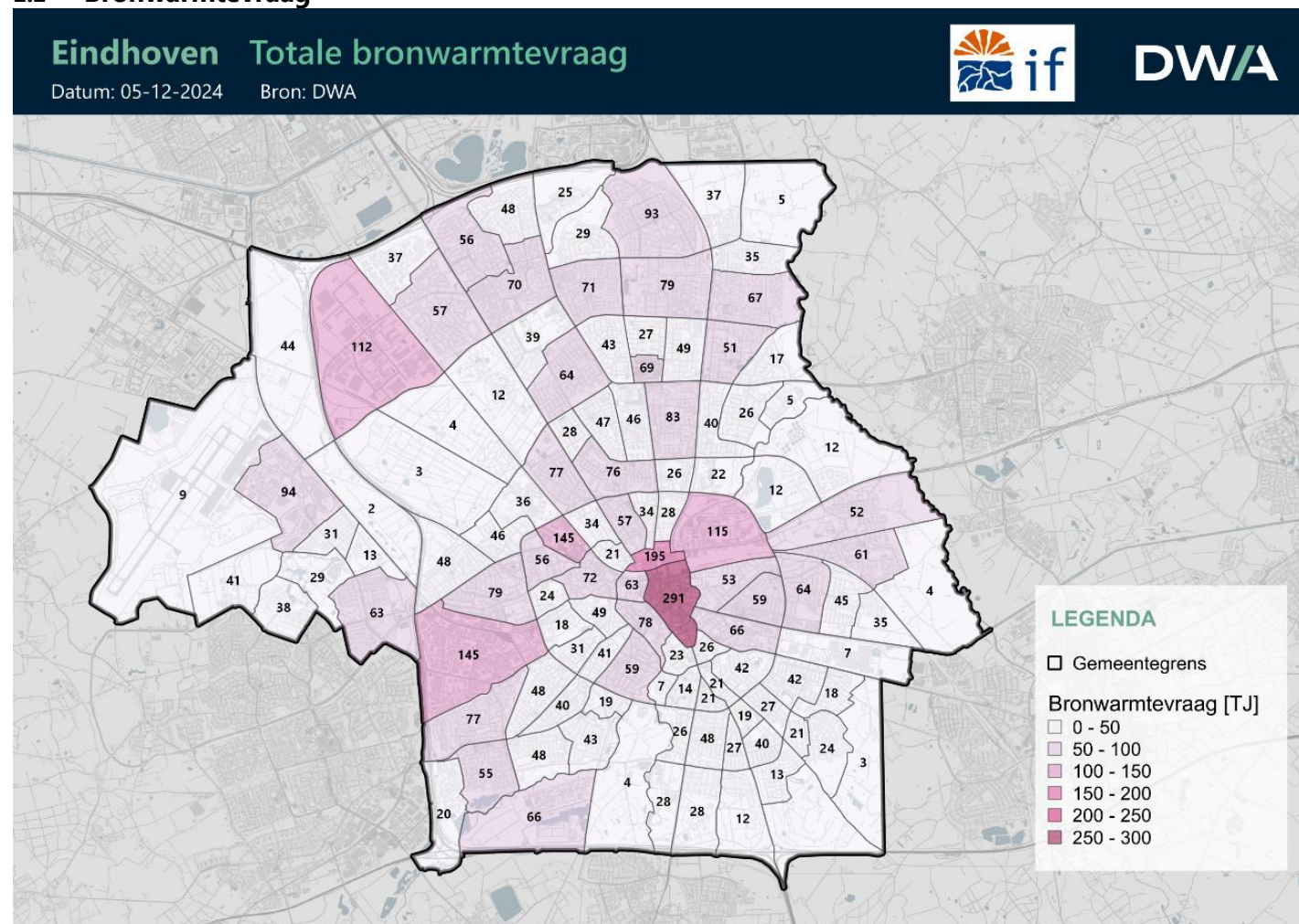


DWA



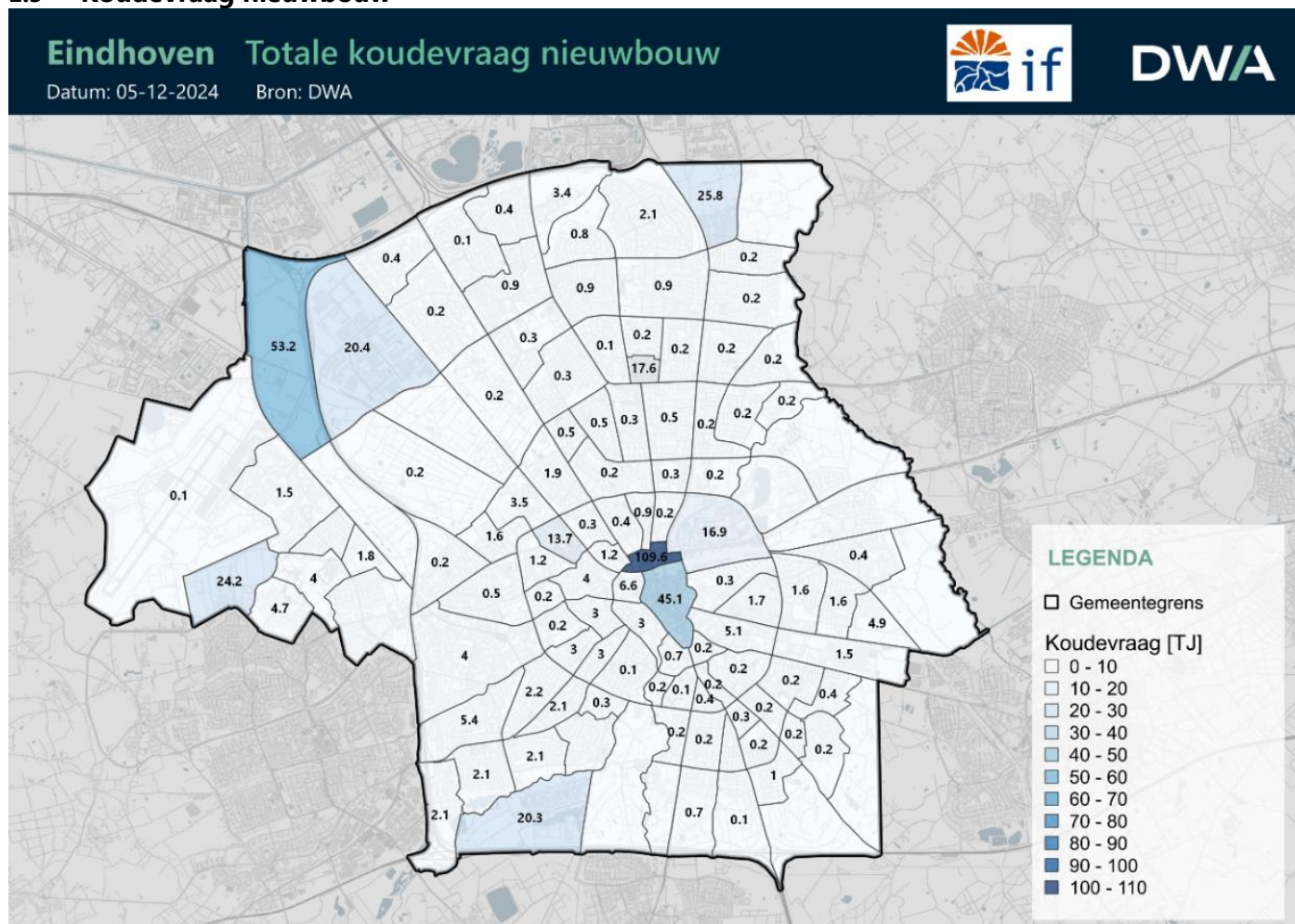
Figuur 29 Toekomstige warmtevraag Eindhoven 2050

2.2 Bronwarmtevraag



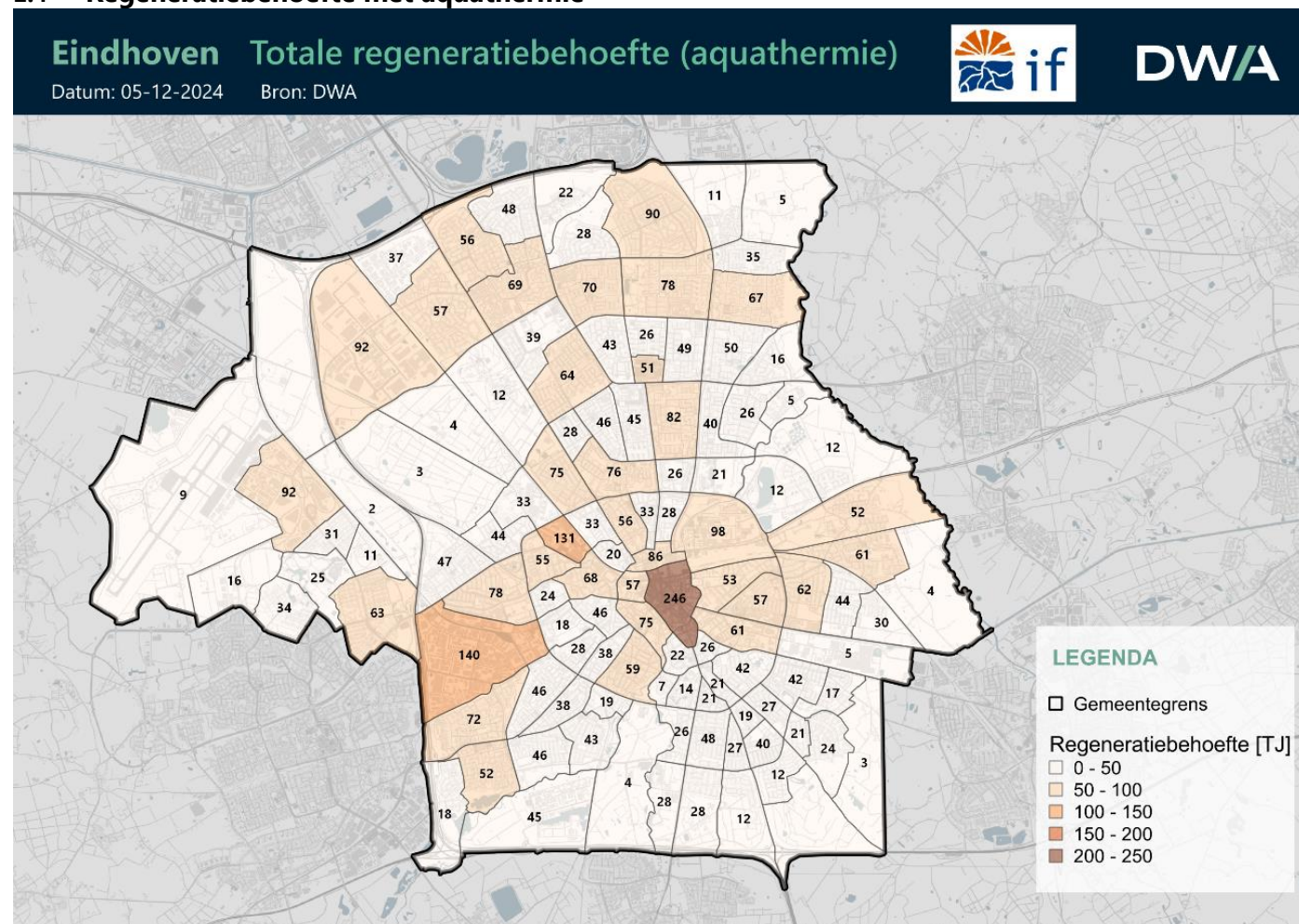
Figuur 30 Bronwarmtevraag

2.3 Koudevraag nieuwbouw



Figuur 31 Koudevraag nieuwbouw

2.4 Regeneratiebehoefte met aquathermie



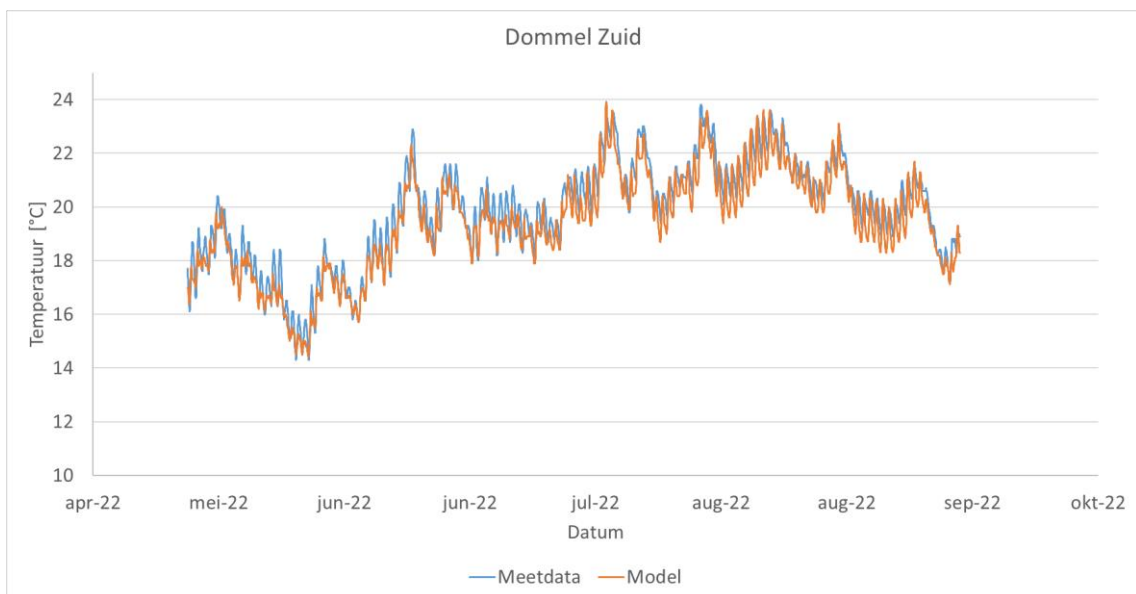
Figuur 32 Regeneratiebehoefte met aquathermie

Bijlage 3 - Baseline validatie Delft3D-model

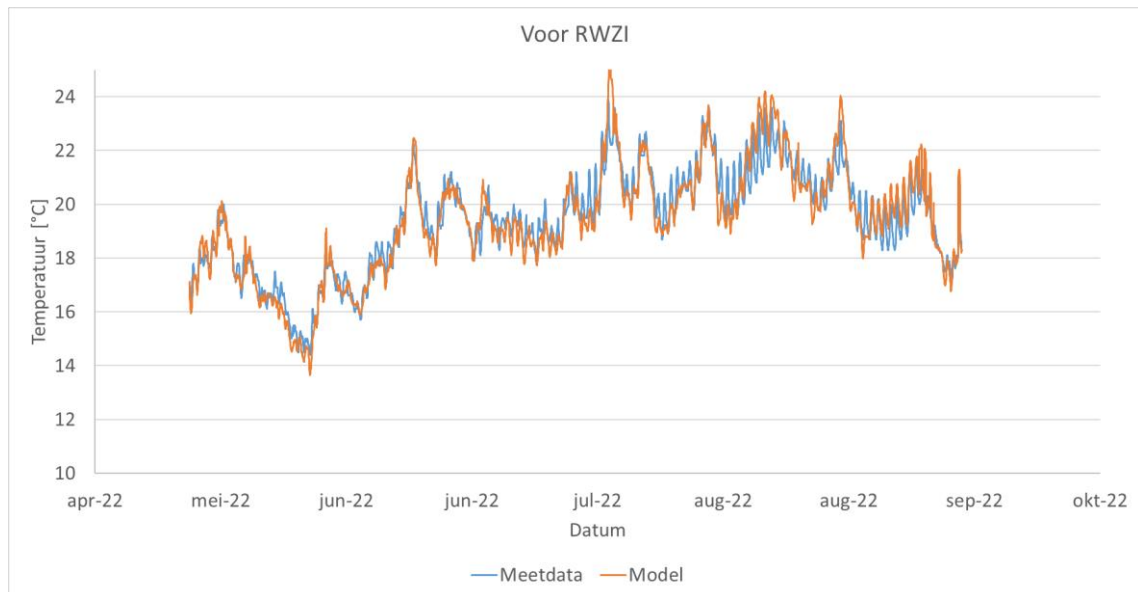
Op verschillende meetlocaties zijn de watertemperaturen uit het model vergeleken met de gemeten watertemperaturen.



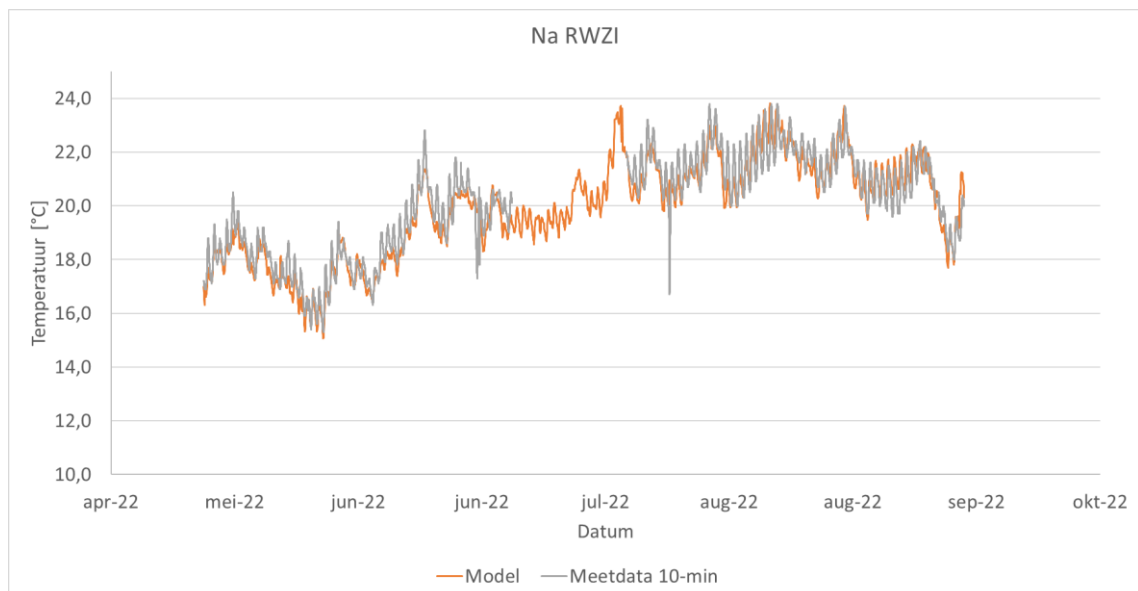
Figuur 33 Meetpunten Waterschap De Dommel



Figuur 34 Dommel Zuid – Meetpunt 0124 Gennep Watermolen



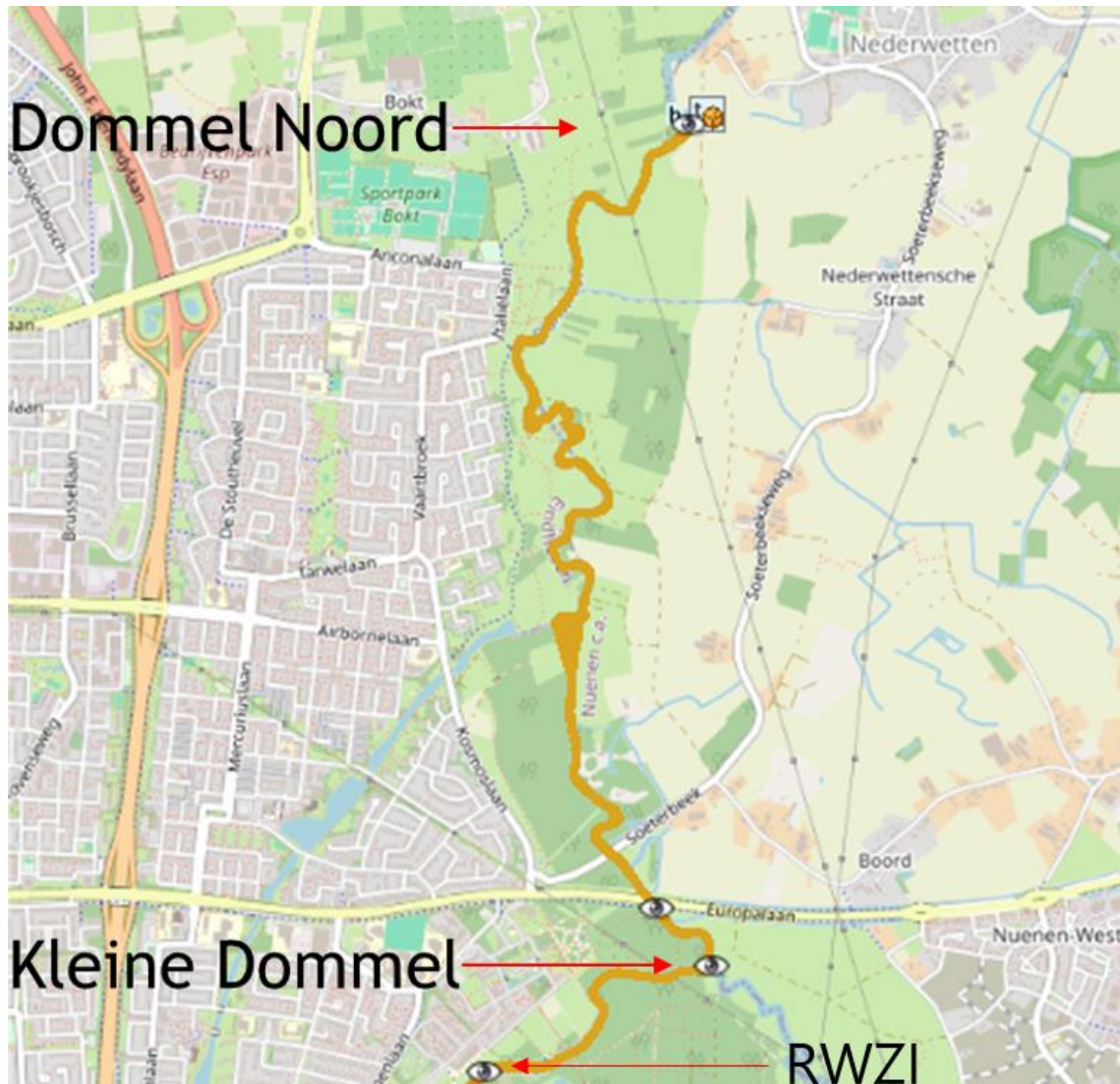
Figuur 35 Voor RWZI – Meetpunt 0253 Wasvenpad



Figuur 36 Na RWZI – Meetpunt 0203 Smits van Oyenbrug

Bijlage 4 - Resultaten Delft3D TEO en TEA

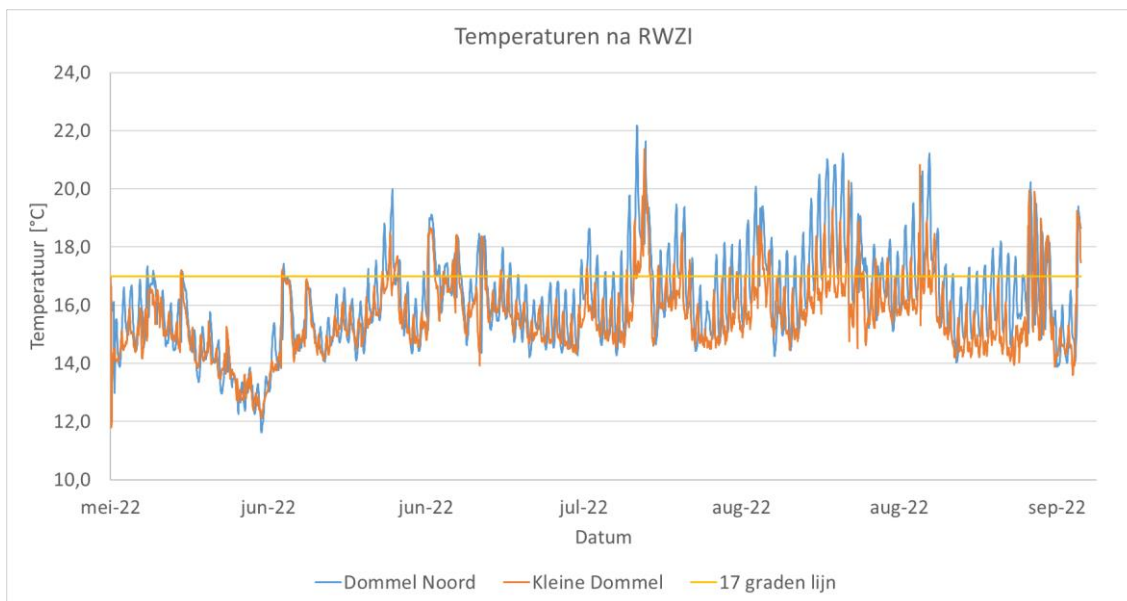
In het deel van de Dommel na de RWZI is met een Delft3D-modellering nader onderzocht of er voldoende thermische potentie overblijft in de Dommel voor TEO-systemen van 360 m³/h (10% van maatgevende lage afvoer) wanneer ook een TEA-systeem wordt toegepast.



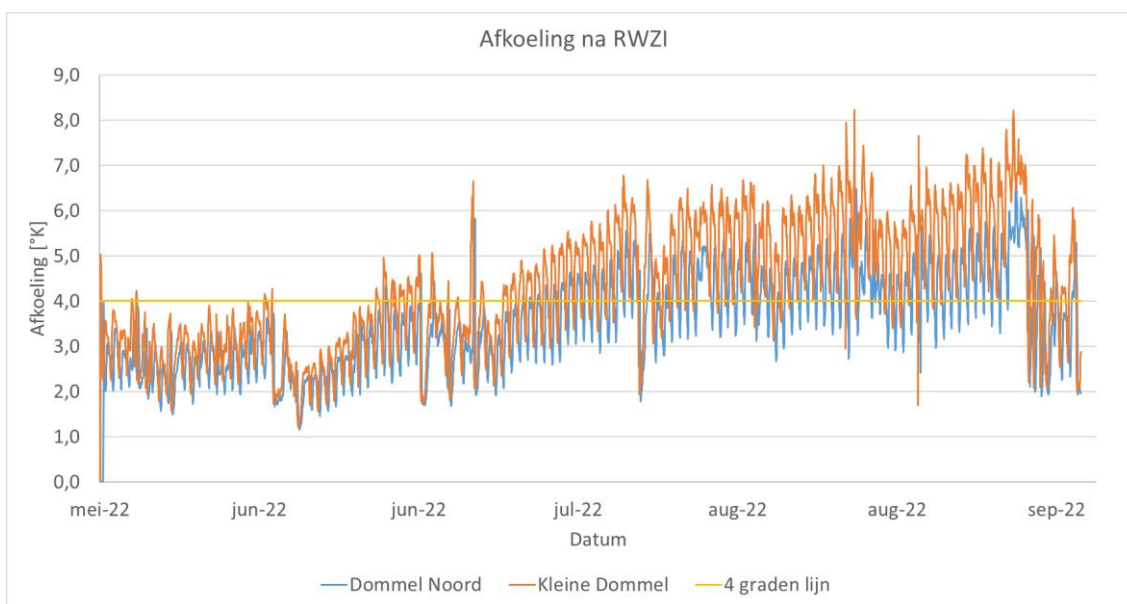
Figuur 37 Meetpunten van de watertemperatuur ("oogjes") in de Dommel na de RWZI

In Figuur 38 en Figuur 39 zijn de resultaten weergegeven voor de modellering met twee TEO-systemen en een TEA-systeem bij de RWZI. Voor het TEA-systeem is in de modellering uitgegaan van variant 1 uit hoofdstuk 2.3 voor de maximale TEA-potentie.

In Figuur 38 is duidelijk te zien dat de watertemperatuur in de Dommel na de RWZI grotendeels onder de 17°C komt, wat betekent dat de thermische potentie van de Dommel daar drastisch wordt verlaagd. In Figuur 39 is zichtbaar dat de afkoeling groter is dan 4°C waardoor er sprake is van een koudepluim. Deze koudepluim reikt helemaal tot het meetpunt bij Dommel Noord en is daarmee waarschijnlijk niet haalbaar.



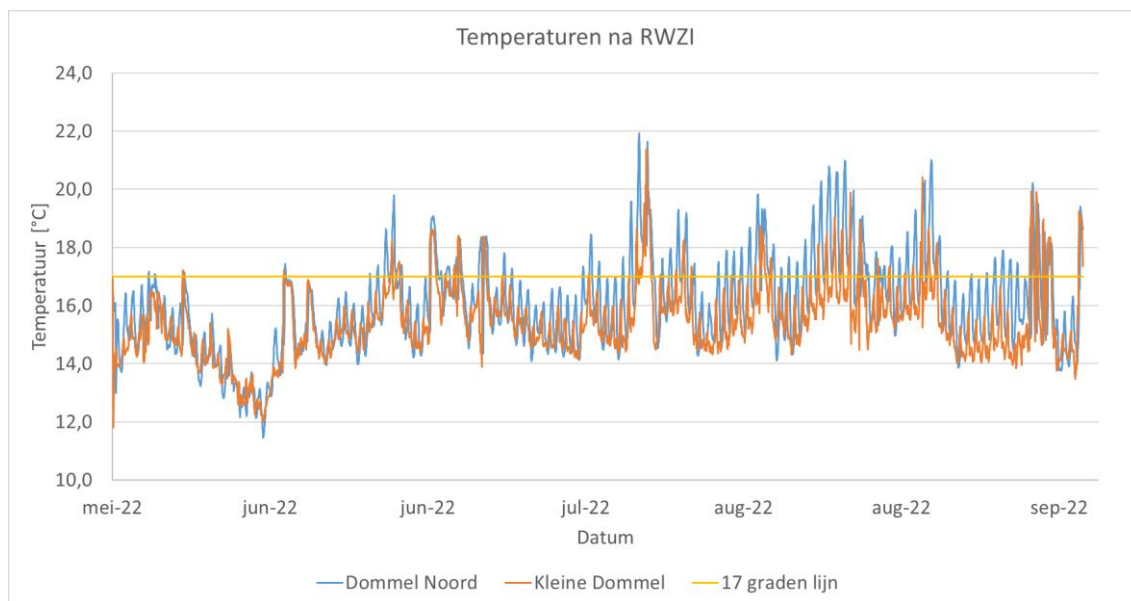
Figuur 38 Watertemperaturen op verschillende meetpunten in het model met twee TEO-systemen en een TEA-systeem bij de RWZI



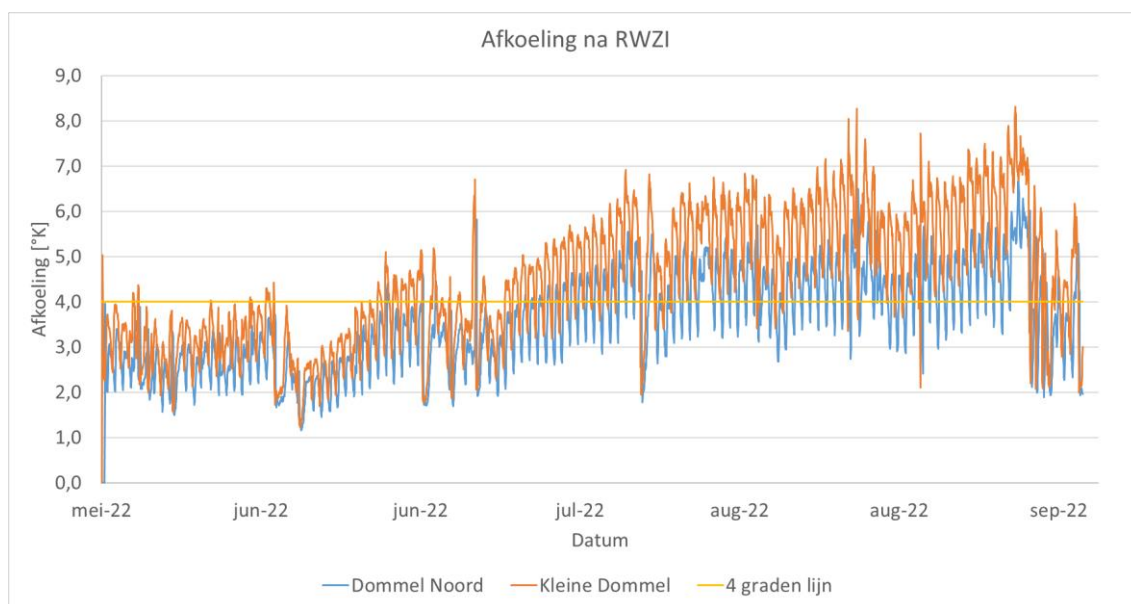
Figuur 39 Verschil in watertemperatuur tussen model met twee TEO-systemen en TEA-systeem en het model zonder TEO-systemen en TEA-systeem (huidige situatie)

In Figuur 40 en Figuur 41 zijn de resultaten weergegeven voor de modellering met drie TEO-systemen en een TEA-systeem bij de RWZI. Voor het TEA-systeem is in de modellering uitgegaan van temperatuurvariant 1 uit hoofdstuk 2.3 voor de maximale TEA-potentie.

In Figuur 40 is duidelijk te zien dat de watertemperatuur in de Dommel na de RWZI grotendeels onder de 17°C komt wat betekent dat de thermische potentie van de Dommel daar drastisch wordt verlaagd. In Figuur 41 is zichtbaar dat de afkoeling groter is dan 4°C waardoor er sprake is van een koudepluim. Deze koudepluim reikt helemaal tot het meetpunt bij Dommel Noord en is daarmee waarschijnlijk niet haalbaar.



Figuur 40 Watertemperaturen op verschillende meetpunten in het model met drie TEO-systemen en een TEA-systeem bij de RWZI



Figuur 41 Verschil in watertemperatuur tussen model met drie TEO-systemen en TEA-systeem en het model zonder TEO-systemen en TEA-systeem (huidige situatie)