



ekwadraat
ARCHITECTS OF THE SUSTAINABLE CHAIN



Zonder watermeting de potentie van aquathermie berekenen

Alle watertemperaturen in Nederland gemodelleerd

Potentie aquathermie van alle wateren inzichtelijk

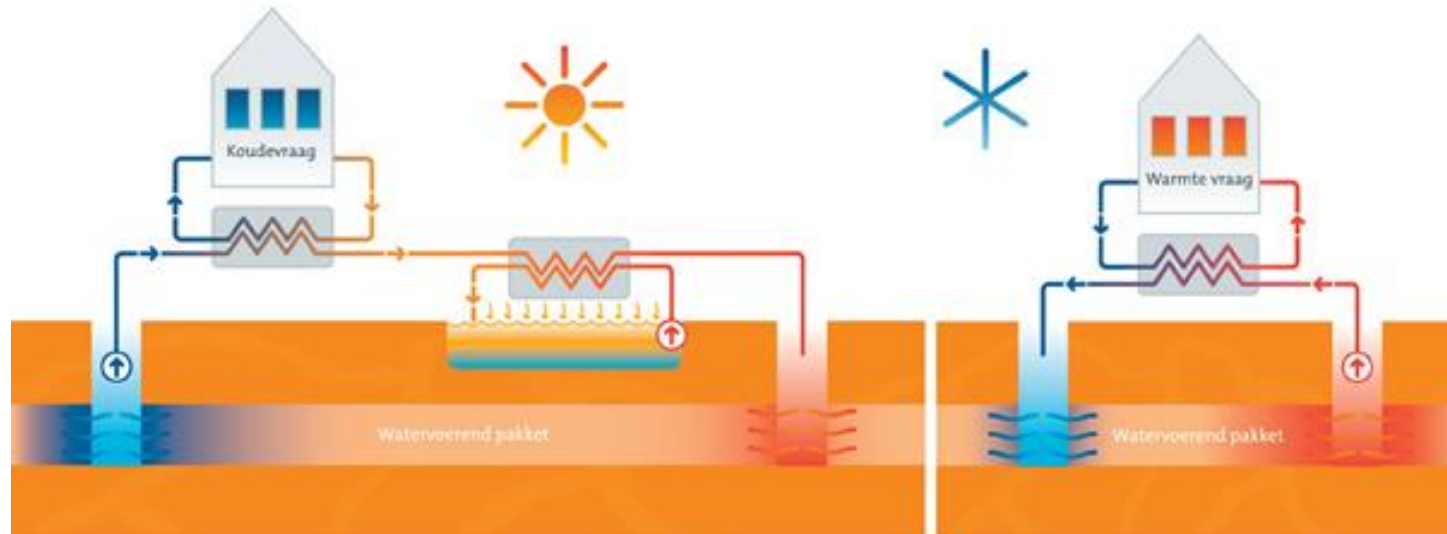
Warmtetransitie als uitdaging

Warmtetransitie

Nederland is aan het verduurzamen. Dit is nodig om de klimaatverandering te verminderen. Waar woningen nu veelal worden verwarmd met aardgas zal dit de komende decennia worden afgebouwd. Hiervoor zijn verschillende duurzame alternatieven beschikbaar, aquathermie is daar één van.

Benaderd vanuit de situatie/bron

Lokaal speelt de vraag bij bewoners en gemeenten hoe de wijk en individuele woningen duurzaam verwarmd kunnen worden. Aquathermie is een van de opties, waar aan gedacht kan worden, indien oppervlaktewater in de omgeving beschikbaar is. De volgende vraag is dan of dit water voldoende is voor het verwarmen van de wijk.



Wij zochten het uit!

Binnen Ekwadraat werken we al een aantal jaren aan het systematisch opbouwen van kennis. De afgelopen tijd hebben we ons verdiept in de potentie van aquathermie in de warmtetransitie.

We hebben een breed toepasbaar rekenmodel ontwikkeld waarbij situaties gemodelleerd worden, verspreid over heel Nederland. Hierbij wordt de natuurlijke watertemperatuur berekend. Aan de hand van instelbare beperkingen wordt de situatie met warmteonttrekking voor verwarmen met aquathermie uitgerekend. Hieruit volgt wederom de watertemperatuur. Hiermee wordt de potentie voor aquathermie bepaald.

De belangrijkste uitgangspunten zijn;

- Natuurlijke opwarming en afkoeling van water in kaart gebracht
- Tijdsbesparing doordat langdurig vooraf meten van de watertemperatuur overbodig is
- Invloed van warmteonttrekking op de watertemperatuur inzichtelijk

Aquathermie is zeer kansrijk in de warmtetransitie

De energetische potentie is enorm

Wat is aquathermie?

Aquathermie is de verzamelterm voor duurzaam verwarmen en koelen met water. Het gaat om warmte en koude uit oppervlaktewater (TEO), afvalwater (TEA) en drinkwater (TED). Aquathermie is één van de alternatieven voor duurzame verwarming uit het Klimaatakkoord.

Wat je bij aquathermie doet, is warmte uit het oppervlaktewater halen. Deze warmte wordt met een warmtepomp naar een hoger niveau opgewerkt. Het resultaat is dat het oppervlaktewater afkoelt en dat de warmtepomp warm water aan een warmtenet aflevert. Het warmtenet transporteert de warmte vervolgens naar de woningen, die op deze manier verwarmd worden zonder aardgas.

Warmte- en koudeopslag

Het rendement van zo'n verwarmingssysteem kan verhoogd worden door het toepassen van grootschalige warmte- en koudeopslag (WKO). Doordat het water in de zomer warmer is, is de COP van de warmtepompen dan ook hoger dan in de winter wanneer het oppervlaktewater koud is.

In de zomer wordt warm water in de bodem gepompt, hier ontstaat dan een warme waterbel. In de winter wordt dit warme water omhoog gepompt. Vervolgens verhoogt de warmtepomp de temperatuur naar het gewenste afleverniveau. Tegelijkertijd wordt het afgekoelde water weer teruggepompt in de bodem. Hierdoor ontstaat een tweede waterbel. Deze koudeopslag kan in de zomer gebruikt worden voor koeling.

Potentie van aquathermie

In Nederland hebben we veel water om ons heen. Dit water is een natuurlijke bron van warmte. Door aquathermie toe te passen gebruik je deze warmte voor het verwarmen van de gebouwde omgeving. Dit heet Thermische Energie uit Oppervlaktewater afgekort TEO. De economische potentie is enorm, namelijk 150 PJ (CE Delft & Deltares, 2018). Dit is 40 procent van de toekomstige warmtevraag van de gebouwde omgeving.

Voor elke specifieke situatie is meer onderzoek nodig voor de haalbaarheid en de potentie van het water als bron voor aquathermie. Met dit onderzoek is deze potentie onderzocht. De methode om de invloed van TEO op de watertemperatuur te bepalen is uitgewerkt in het rekenmodel.



Rekenmethode: Energiebalans

Temperatuur berekenen van het oppervlaktewater

Energiebalans toegelicht

De energiebalans is het totaal (Q_t) van de ingaande en uitgaande energiestromen in het watersysteem. De rekenmethode met de energiebalans is gekozen doordat hiermee het rekenmodel gevalideerd kan worden door enkel de natuurlijke omstandigheden te simuleren. Daarnaast kan de warmtestroom vanuit aquathermie toegevoegd worden. In de situatie met aquathermie kan daardoor de verandering en invloed op de watertemperatuur bepaald worden.

Na het afkoelen van het oppervlaktewater warmt dit water namelijk sneller op door natuurlijke omstandigheden dan water dat niet is afgekoeld.

Benodigde weerdata van KNMI:

Windsnelheid

Temperatuur lucht op 1,5 meter

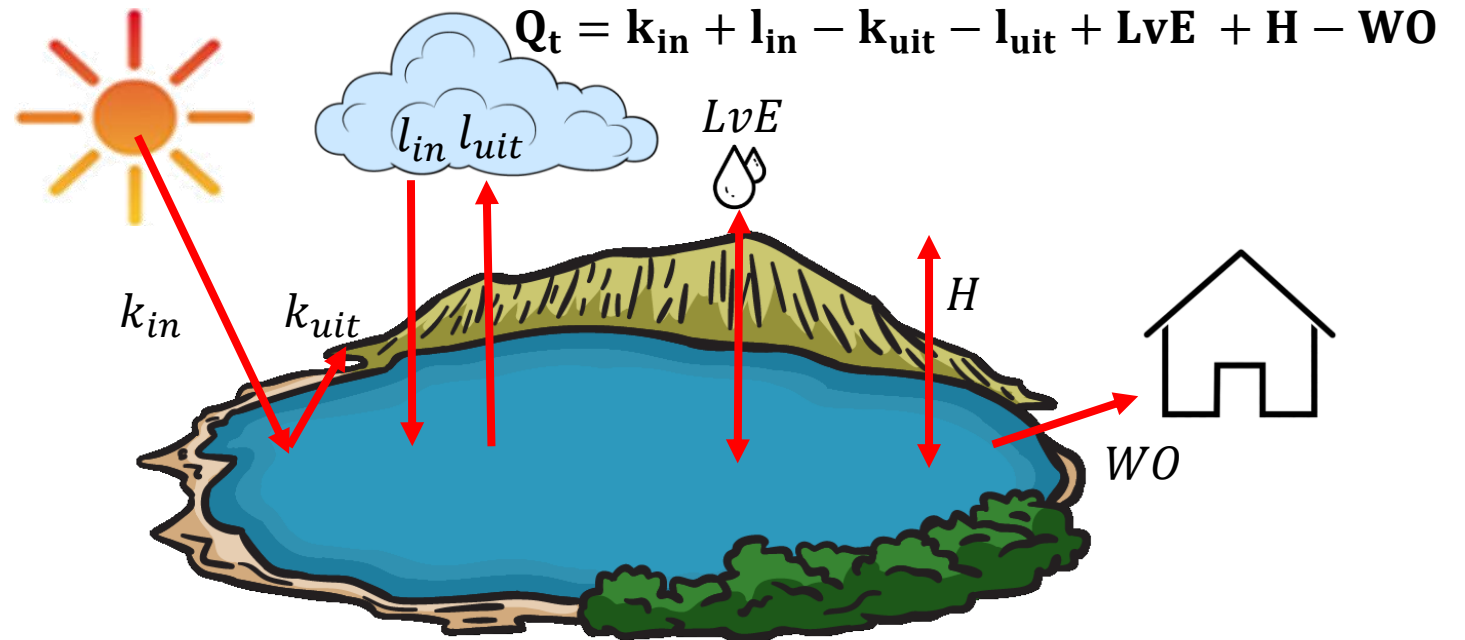
Neerslag

Luchtdruk

Relatieve vochtigheid

Straling

Bewolgingsgraad



Q_t = totale warmtestroom met water [W/m^2]

K_{in} = inkomende straling korte golflengte [W/m^2]

L_{in} = inkomende straling lange golflengte [W/m^2]

K_{uit} = uitgaande straling korte golflengte [W/m^2]

L_{uit} = uitgaande straling lange golflengte [W/m^2]

LvE = latente warmtestroom t.g.v. verdamping [W/m^2]

H = voelbare warmtestroom [W/m^2]

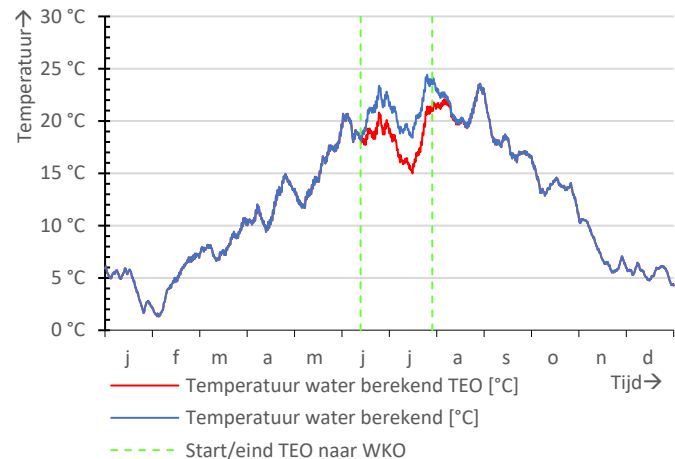
WO = warmteonttrekking t.g.v. TEO [W/m^2]

In het rekenmodel wordt deze energiebalans aan de hand van de weerdata voor elk uur berekend. Hierdoor is de energietoename voor elk uur berekend. Daarmee wordt de temperatuurverandering in het water bepaald, waaruit de temperatuur van het water volgt.

Invloed van aquathermie op de watertemperatuur

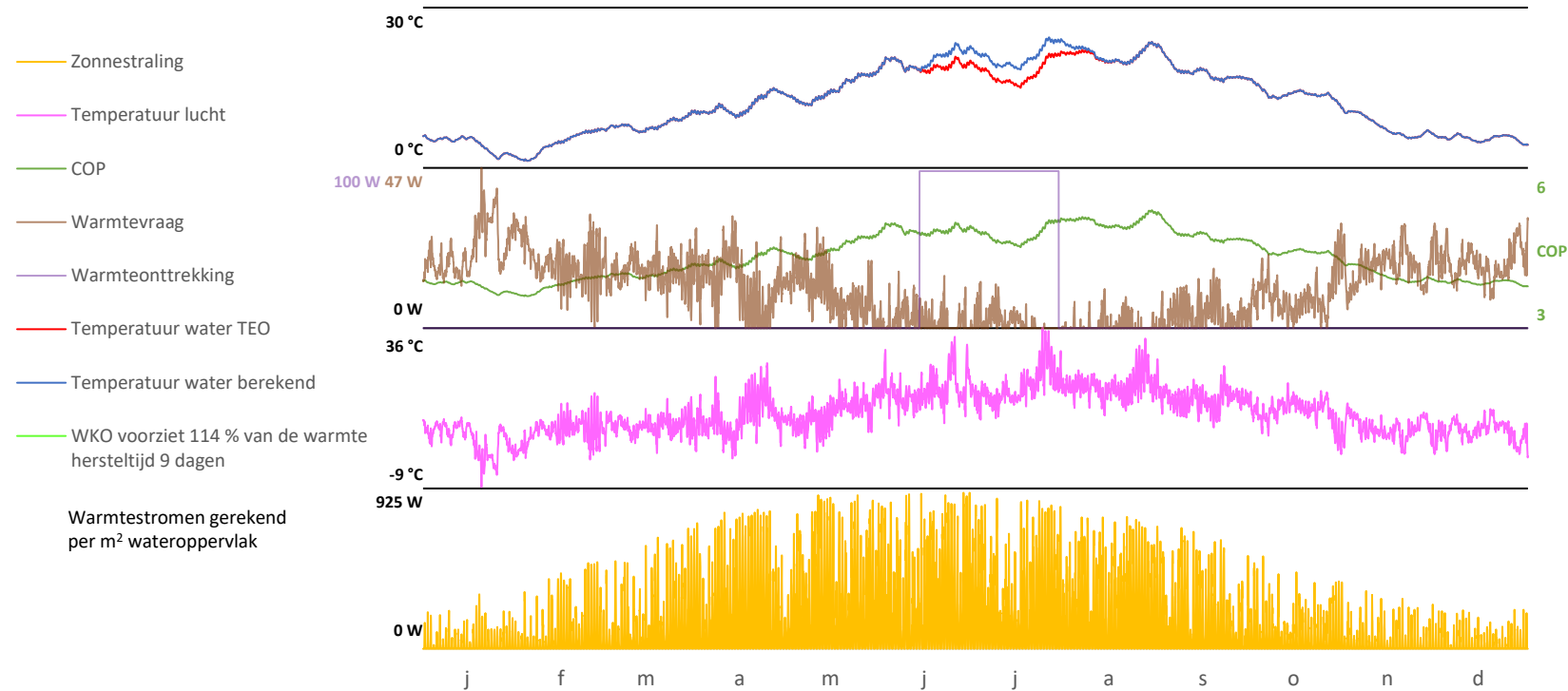
Potentie van aquathermie berekend en weergegeven in het model

In de grafiek hieronder is de sterk variërende natuurlijke watertemperatuur te zien in het blauw. In het rood is de watertemperatuur weergegeven wanneer warmte wordt onttrokken gedurende een periode van 7 weken in de zomer.



Deze grafiek is het bovenste onderdeel van de grote grafiek hiernaast. In het geel is de zonnestraling en temperatuur van de lucht (roze) te zien waardoor het water opwarmt. In de derde laag is de warmtevraag (bruin) berekend op basis van die temperatuur en de bijbehorende COP (groen) van de warmtepomp bij TEO zonder WKO.

Thermische Energie uit Oppervlaktewater (TEO) 1-1-2019 t/m 31-12-2019
De invloed van het weer op warmtevraag en watertemperatuur



Met WKO voorziet dit systeem 114% van de warmtevraag. Ook is af te lezen dat het water na 9 dagen hersteld is, de temperatuur is dan weer gelijk met de natuurlijke situatie.

Voorbeeld in cijfers en perspectief

Voorbeeld Van Harinxmakanaal Leeuwarden

De ingevoerde fictieve situatie is gebaseerd op het Van Harinxmakanaal en de weersomstandigheden van 2019 in Leeuwarden. Het afgebakende water is gemiddeld 4 meter diep en heeft een oppervlakte van 10.000 m². Hiermee kunnen 80 huishoudens met een gemiddeld warmteverbruik voor verwarming van elk 1269 m³ aardgas verwarmd worden. In dit warmtesysteem is een WKO opgenomen voor seizoensopslag.

Met slechts 300 meter lengte van het kanaal kunnen 80 huishoudens een jaar lang duurzaam verwarmd worden. Elke vierkante meter water, met onderliggende waterkolom, vervangt circa 10 m³ aardgas per jaar.

Dit model is nodig om de invloed van warmteonttrekking op de watertemperatuur te berekenen. Doordat het water voortdurend onder de natuurlijke omstandigheden van het weer opwarmt en afkoelt, kan de potentie niet bepaald worden op basis van gemeten temperaturen uit het verleden. Daarnaast wordt de watertemperatuur niet voor alle wateren gemonitord. Dit model is daarom ook toe te passen zonder de gemeten watertemperatuur. Enkel op basis van de regionale weerdata wordt de watertemperatuur berekend.

Regeneratie

Wanneer TEO wordt toegepast als bron om in de warmtevraag te voorzien dan daalt de temperatuur van het oppervlaktewater. Door de natuurlijke omstandigheden warmt dit afgekoelde water weer op. Onder dezelfde omstandigheden warmt afgekoeld water sneller op dan water dat niet is afgekoeld. Het model berekent deze natuurlijke opwarming en afkoeling, ook wel regeneratie van het oppervlaktewater genoemd. Doordat dit model de regeneratie van het water modelleert, onderscheidt deze methode zich van andere methoden waarbij de gemeten temperatuur als basis wordt genomen, gecombineerd met kengetallen.

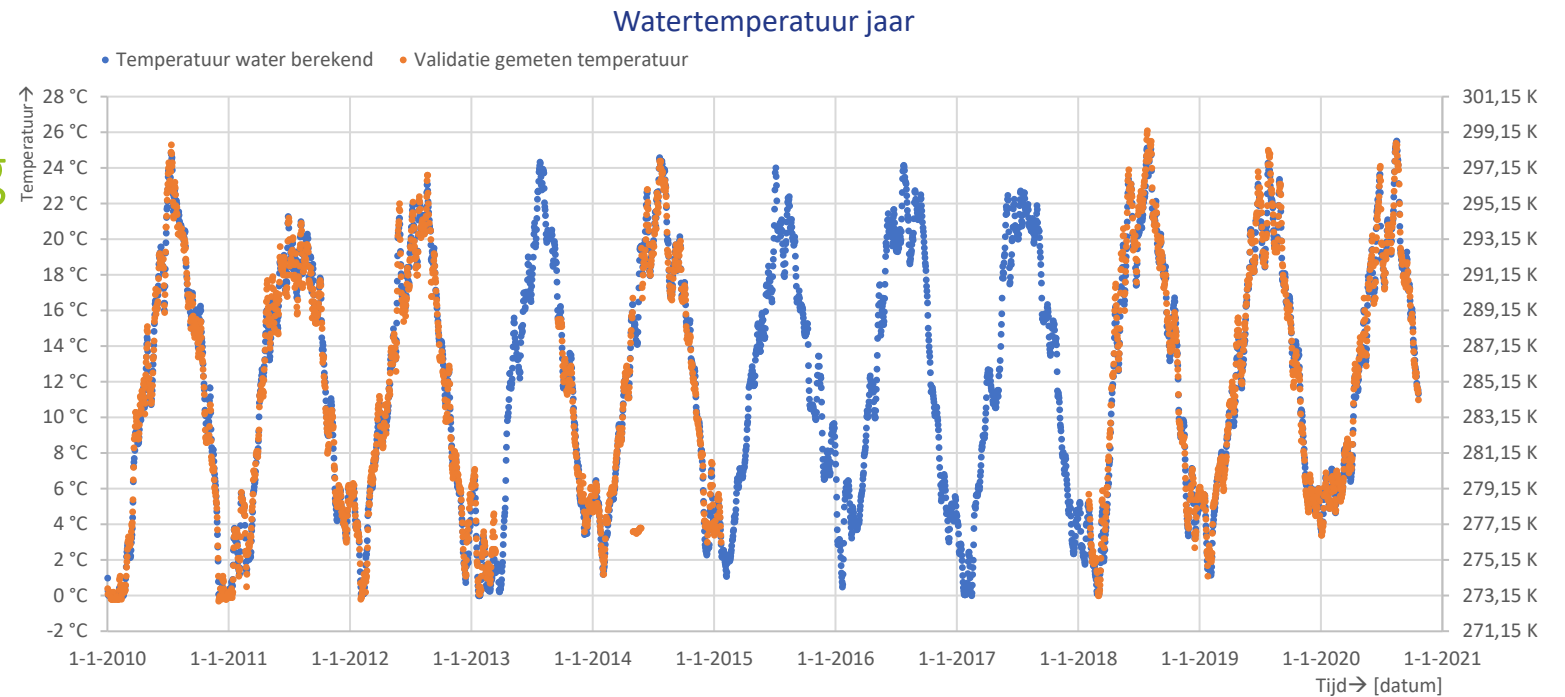
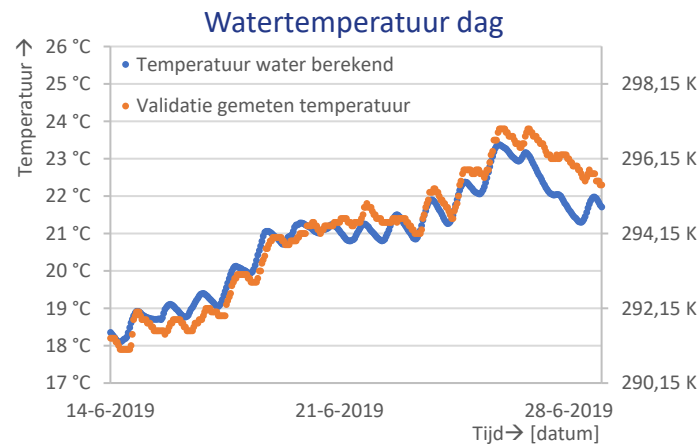


Validatie model

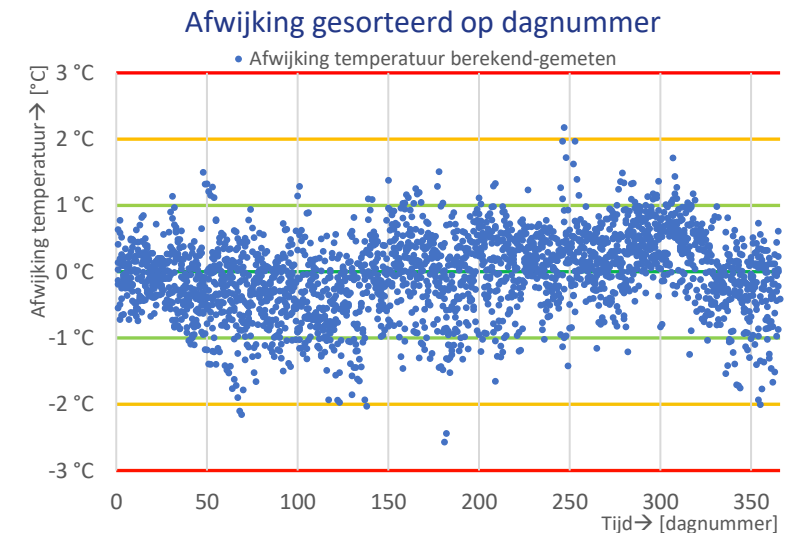
Temperatuur en afwijking

In de grote grafiek hiernaast wordt de berekende watertemperatuur in het blauw gevalideerd met de gemeten temperatuur in het oranje. In de periode van 2010 tot eind 2020 is van zeven jaar de temperatuur van het water gemeten. Aan de gemeten waarden is te zien dat het water afkoelt tot minder dan 4°C en vervolgens opwarmt tot meer dan 20 graden in de zomerperiode. Dit patroon herhaalt zich elk jaar met verschillende snelheden, pieken en dalen.

Overdag is een patroon zichtbaar dat wordt veroorzaakt door de invloed van de zon en de koudere nachten dan dagen, zichtbaar in onderstaande grafiek.



In de grafiek in de rechter onder hoek is de afwijking van het model gesorteerd op dagnummer. De afwijking is gedefinieerd als de berekende waarde min gemeten waarde. Bij een gemeten waarde van 19 °C en een berekende waarde van 20°C volgt een afwijking van +1°C. Voor deze dag wordt dan een stip weergegeven op 1°C. De afwijking van het model is zo weergegeven en valt vrijwel altijd binnen de gele lijnen, die geven de gewenste maximale toegestane afwijking aan. Het model werkt voldoende nauwkeurig en heeft een geringe afwijking over alle vier de seizoenen.



Samengevat en conclusie

Kernpunten van het model

Uitgangspunt

Voor het toepassen van het model is de gemeten watertemperatuur niet noodzakelijk. Het model berekent de watertemperatuur namelijk op basis van de weersomstandigheden en de locatie-eigenschappen.

Het uitgangspunt is dat het water voortdurend warmte kan leveren, mits binnen de ingestelde beperkingen van bijvoorbeeld minimale temperatuur of maximaal temperatuurverschil. De opwarming en regeneratie van het oppervlaktewater wordt ook voortdurend berekend. Hierdoor is de potentie van de bron niet afhankelijk van een eenmalige afkoeling per jaar of kengetallen die conservatief zijn opgesteld.

Vanwege deze uitgangspunten wordt de situatie realistisch gemodelleerd en volgt de potentie van de bron voor aquathermie.

Conclusie

Het model is behoorlijk nauwkeurig en breed inzetbaar. De watertemperatuur kan berekend worden wanneer deze onbekend is. Doordat het model gebaseerd is op de energiebalans, is de impact van de warmteonttrekking op de temperatuur van het water zichtbaar.



Voor advies over de potentie van aquathermie is de gemeten watertemperatuur niet langer nodig. Dit bespaart veel tijd vanwege het langdurige meten. Het model is toepasbaar voor wateren verspreid over heel Nederland door het gebruik van regionale weerdata. De benodigde gegevens zijn beperkt tot; locatie, gemiddelde diepte en oppervlakte van het water. Aanvullend wordt de potentie bepaald door de warmtevraag te koppelen aan de tijd door het energieverbruik van een referentiejaar in te voeren.

Benodigheden

Gegevens van de bron:

- Locatie
- Wateroppervlakte
- Waterdiepte

Weerdata van KNMI:

- Windsnelheid
- Temperatuur lucht op 1,5 meter
- Neerslag
- Luchtdruk
- Relatieve vochtigheid
- Straling
- Bewolgingsgraad

Aanvullend:

- Energieverbruik woningen referentiejaar

Niet noodzakelijk:

- Gemeten watertemperatuur lange periode

Geschikt voor:

- Stilstaande wateren tot 5 meter diep in Nederland

Wil je meer weten over aquathermie?

Neem contact op met Frank Kramer of Rob Goes



Frank Kramer – Stagiair Energietransitie
fkramer@ekwadraat.com | +31 88 4000 500



Rob Goes – Senior Consultant
rgoes@ekwadraat.com | 06 427 403 99



ekwadraat
ARCHITECTS OF THE SUSTAINABLE CHAIN

