



Leeswijzer bij de studie naar kansen “Thermische Energie uit Afvalwater”

Datum 2 oktober 2018
Kenmerk N001-1261935SCB-V01-ygl-NL

Deze leeswijzer hoort bij de studie naar kansen van “Thermische Energie uit Afvalwater”, uitgevoerd in opdracht van de STOWA. Op de kaarten zijn locaties aangegeven waar het winnen van warmte uit afvalwater kansrijk kan zijn. De leeswijzer en de kaarten van deze studie vormen op hun beurt weer de bouwstenen voor het waterschap, gemeente en/of initiatiefnemers om tot de meest geschikte locaties voor warmte winning te komen.

Het onderzoek geeft een indicatief verkennend beeld van de potentie voor wat betreft het deel van de waterketen wat in beheer en eigendom is van de waterschappen. Gemeentelijke aanvoerstelsels zijn ook kansrijk, maar de waterschappen hebben de aanvoerstelsels naar de RWZI's niet altijd in beheer en eigendom. Deze zijn in deze studie geval buiten beschouwing gebleven.

Wat verstaan we onder TEA?

Warmtewinning uit afvalwater met behulp van een warmtewisselaar en het opwaarderen met een warmtepomp naar de juiste temperatuur voor verwarming van gebouwen en warm tapwater. De warmte is in de winter direct te winnen uit het riool of kan in de zomer worden opgeslagen in een bodemenergiesysteem (WKO) voor een hoger rendement. In deze studie zijn de rioolgemalen, persleidingen, vrij verval leidingen en rioolwaterzuiveringsinstallaties van de waterschappen beschouwd, de gemeentelijke stelsels zijn niet meegenomen.

Waarom een kanskaart thermische energie?

In 2016 is een landelijke kanskaart TEO gemaakt door Rijkswaterstaat en de Unie van Waterschappen. Daaruit blijkt dat 1 miljoen huizen in Nederland kunnen worden verwarmd met energie uit oppervlaktewater. Aquathermie (energie uit diverse waterstromen) is mede daarom opgenomen in het Klimaatakkoord. Het landelijk potentieel van TEA is een significante aanvulling op het potentieel van TEO en daarmee een welkome bron voor onder andere gemeenten bij de opgave te komen tot aardgasloze wijken.

Voor wie is de kaart bedoeld?

De kaart is onder andere bedoeld voor waterschappen en gemeenten om inzicht te geven waar de kansrijke locaties zich bevinden, maar ook voor initiatiefnemers van (nieuw)bouwprojecten, zoals ontwikkelaars en corporaties.



Wat kunt u ermee?

Als u woningen, kantoren of bedrijven bouwt of renoveert, maar ook als u als gemeente een woonwijk aardgasloos wilt ontwikkelen en renoveren kijkt u op de kanskaart of deze dichtbij een rioolgemaal, rioolleiding of RWZI staan. Op basis van de aangegeven hoeveelheid gigajoules (GJ) kunt u zien of er mogelijkheden zijn om deze gebouwen duurzaam te verwarmen of te koelen met energie uit afvalwater. Als er volgens de kaart meer dan 1.000 GJ per jaar aan warmte kan worden geleverd dan kunnen hiermee zo'n 25 woningen worden verwarmd, en biedt het afvalwater perspectief.

Wat kunt u er niet mee?

De kanskaart is louter informerend en niet bedoeld om te ontwerpen, de haalbaarheid te bepalen, een financiële business case door te rekenen of vergunningen aan te vragen. Daarvoor zijn de gegevens te algemeen. Bovendien is de weergegeven informatie een momentopname, gebaseerd op de door de waterschappen aangeleverde data in het voorjaar van 2018. Ook geeft de kanskaart geen recht om een bepaalde locatie (rioolleiding, gemaal of RWZI) te claimen voor gebruik van deze techniek. Uiteraard staat voorop dat het waterschap de waterketen goed blijft beheren en kan het waterschap niet garanderen dat de potentie jaarrond aanwezig is, door de natuurlijke variatie van afvoeren. Dit kan leiden tot aanpassingen van de keten en daarmee tot een verandering van de aanwezige potenties.

STOWA is uiterst zorgvuldig te werk gegaan bij het maken van deze kanskaart. Desondanks kan zij geen aansprakelijkheid aanvaarden voor de gegevens op de kanskaart. Aan de inhoud van de gegevens op de kanskaart kunnen geen rechten worden ontleend.

Hoe zijn de berekeningen uitgevoerd?

In de studie is gekeken naar de technische en de economische potentie van de RWZI's, de gemalen en de leidingen, die in beheer zijn van de waterschappen. Hierbij is gekeken welke energie er technisch gewonnen kan worden, maar ook of dat economisch haalbaar is. Voor beide berekeningen zijn door de begeleidingscommissie van deze studie een aantal uitgangspunten vastgesteld, die in bijlage 1 zijn beschreven.

Kan het altijd en overal?

Nee. De kanskaart geeft een eerste indruk van de kansen op een bepaalde locatie. Ook betreft het een momentopname. Daarnaast mag in beschermingsgebieden voor de openbare drinkwaterwinning geen energie in de bodem worden opgeslagen, hier is alleen de potentie zonder (aanvullende) opslag in een WKO beschikbaar. Ook is het onttrekken van warmte gelimiteerd volgens de randvoorwaarden en uitgangspunten die in bijlage 1 zijn beschreven. Neem contact op met ons indien u hierover vragen heeft.

Van wie is het afvalwater?

De kanskaart beslaat de beheergebieden van de waterschappen. Het water komt uit het gemeentelijke stelsel wat weer gevoed wordt door huishoudens en bedrijven. De waterschappen sluiten veelal meestal overeenkomsten af voor de overnamepunten, waarin afspraken worden



gemaakt over de overdracht. In een dergelijke overeenkomst kan het aspect warmtewinning eventueel ook geregeld worden.

Wat kost het?

De aanlegkosten van een systeem variëren van enkele tienduizenden euro's tot enkele tonnen. Dit hangt af van de grootte van het bouwproject, de energiecapaciteit van het riool, en de afstand tussen het bouwproject en het water. Bij het realiseren van een aardgasloze wijk kunnen de kosten uiteraard nog veel hoger uitpakken. Per project zijn de kenmerken dus variabel en is de businesscase maatwerk. De terugverdientijden lopen uiteen van 5 tot 15 jaar afhankelijk van deze kenmerken. Naar onderzoek naar de plaats / locatie waar de warmte het beste gewonnen kan worden in de afvalwaterketen, is essentieel voor het nemen van investeringsbeslissingen en de verdeling van bijvoorbeeld de CO₂-rechten. Het verdient de aanbeveling om altijd contact op te nemen met de eigenaar van het betreffende water voor meer informatie over eventuele kosten en de voorwaarden.

Wat als ik ermee aan de slag wil?

Als u op de kansenkaart een potentieel aantrekkelijke locatie heeft gezien waar u deze duurzame techniek wilt toepassen, raden we u aan om eerst telefonisch of per e-mail contact met het betreffende waterschap. Wanneer blijkt dat het waterschap positief staat tegenover uw plannen is de volgende stap dat u een haalbaarheidsstudie uitvoert waarmee u bepaalt of uw project technisch en financieel haalbaar is en of u wilt overgaan tot de aanvraag van een vergunning. Of u een vergunning of toestemming krijgt hangt af van veel factoren en is niet op voorhand te garanderen.

Wie heeft de kaart gemaakt?

De kaart is gemaakt door de adviesbureaus Tauw bv en IF Technology in opdracht van de STOWA. De kaart is gepubliceerd op de website van de STOWA, via de url www.stowa.nl/tea.

Contact

Voor meer informatie kunt u contact opnemen met de adviseur water en energie van STOWA, Marco van Schaik, e-mail mschaik@uvw.nl

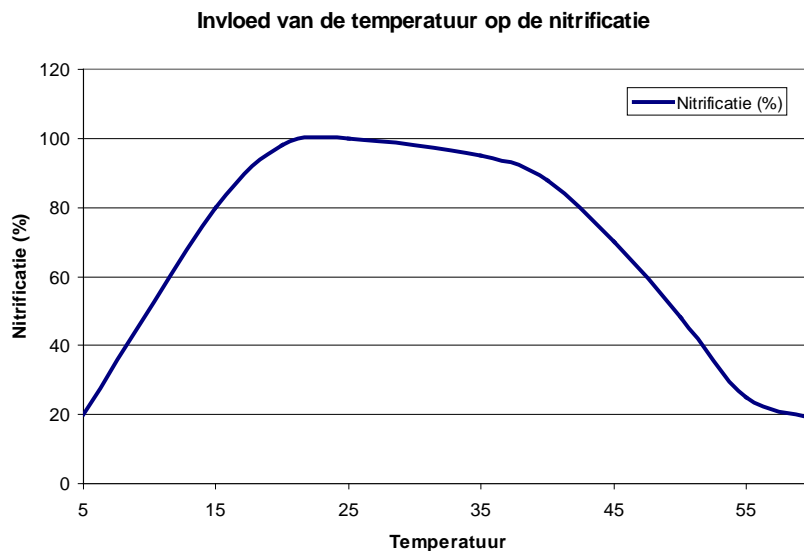
Bijlage 1 **Uitgangspunten potentiekaart thermische energie uit afvalwater**

De hoeveelheid energie dat uit afvalwater gewonnen kan worden is afhankelijk van het volume (debiet) en het aantal graden (delta T) dat het afvalwater kan worden afgekoeld. Voor het TEA onderzoek wordt het winbare energiepotentieel dus bepaald aan het DWA debiet en een afgesproken veilige temperatuurdaling van het influent en het effluent.

Voor het effluent zijn andere eisen aan de minimale temperatuur dan voor het influent. Daling van het effluenttemperatuur kan effect hebben op het oppervlaktewater temperatuur en daarmee ecologische gevolgen hebben voor het oppervlaktewater. Een daling van de temperatuur van het influent kan effect hebben op de temperatuur van de waterzuivering en daarmee mogelijk op het zuiveringsproces. Voor beide stromen zijn daarom verschillende uitgangspunten.

1.1 **Uitgangspunten influent**

Daling van het afvalwatertemperatuur ergens in het distributiesysteem kan invloed hebben in de uiteindelijke temperatuur van het afvalwater op de rwzi. De temperatuur van het afvalwater is een belangrijke parameter voor op het nitrificatieproces (zie figuur 1).

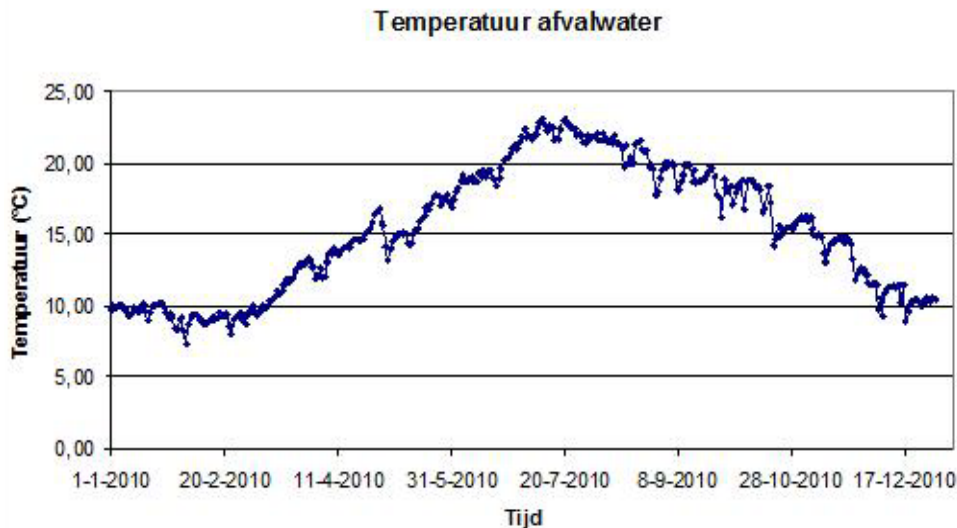


Figuur 1: Het effect van temperatuur op het Nitrificatieproces bij rioolwaterzuiveringsinstallaties

Gemiddeld in Nederland heeft het afvalwater een minimale temperatuur van 8 graden in de winter, met daarbij tijdelijke dalingen onder de 8 graden bij bijvoorbeeld smeltwater. Het afvalwater neemt de temperatuur aan van de omgeving (bodem). Bij het afkoelen van het afvalwater door een warmtewisselaar zal er een temperatuurverschil ontstaan met de bodem. Na een wisselaar zal de temperatuur het afvalwater langzamerhand zich weer richting de bodemtemperatuur herstellen.

De herstelperiode is van belang voor de maximale temperatuurdaling van het afvalwater.

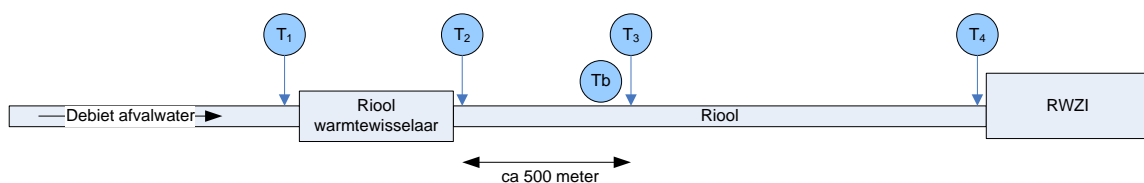
In figuur 2 is het temperatuurverloop van het rioolwater weergegeven van een vrijvervalriool in Zwolle. Een dergelijk verloop is representatief voor de meeste riolen in Nederland.



Figuur 2: Meting temperatuur afvalwater vrijverval stamriool riool in Zwolle (2010).

Op Urk ligt een systeem waarbij het afvalwater wordt afgekoeld (riothermie zwembad 't Bun op Urk). Daarbij worden temperatuur en debietmetingen gedaan in van het afvalwater voor de warmtewisselaar (T1), na de warmtewisselaar (T2), na ca 500 meter van de warmtewisselaar (T3) en vlak voor de rwzi (T4) (zie figuur 3). Helaas is er nog geen data beschikbaar omdat de warmtewisselaar tijdelijk buiten gebruik is.

Monitoring effect temperatuur op afvalwater

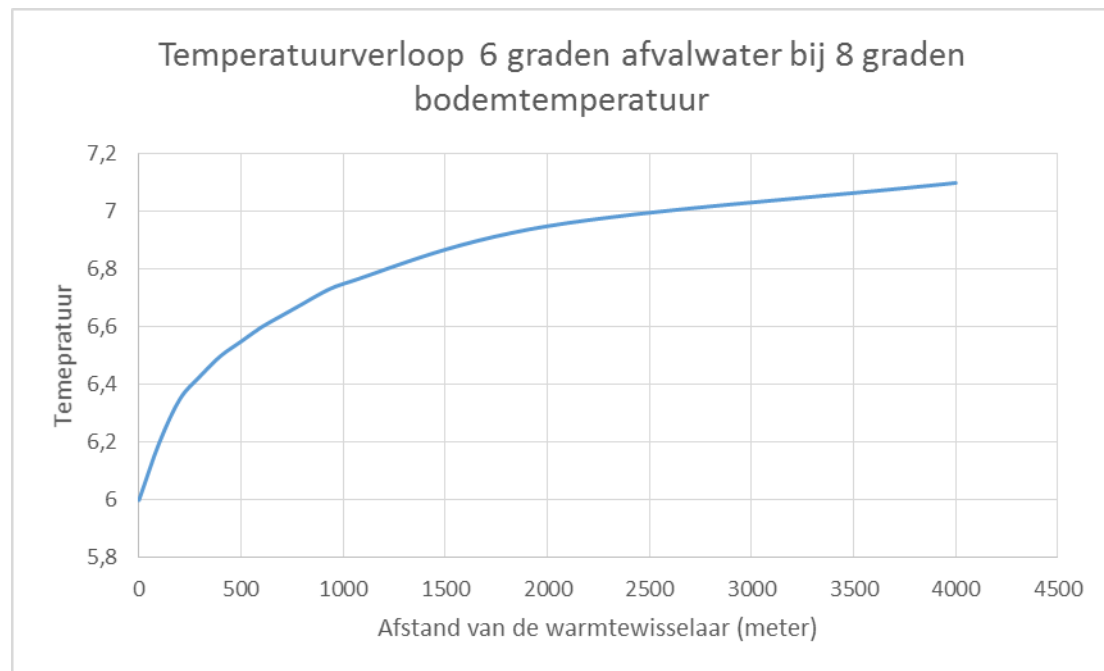


Figuur 3: Monitoringopstelling effect van onttrekking van warmte op de temperatuur van het afvalwater op Urk

Om toch een idee te krijgen wat de herstelperiode is van de temperatuur van het afvalwater bij een temperatuurdaling is er gebruik gemaakt van stromingsmodellen, deze staan bekend als CFD (computational fluid dynamics) modellen. Met CFD kunnen complexe stromingspatronen, die niet of nauwelijks analytisch kunnen worden bepaald, worden uitgerekend.

In het model zijn verschillende situaties doorgerekend, in figuur 4 is de situatie op Urk berekend. Uitgangswaarden zijn:

- Debiet: 80 m³/uur
- Temperatuur afvalwater voor de warmtewisselaar: 8 °C
- Temperatuur na de warmtewisselaar: 6 °C
- Diameter leiding: 250 mm
- Bodemtemperatuur 8 °C
- Bodemsamenstelling: zand, geen grondwater



Figuur 4: Modelberekening temperatuurverloop Urk

Het CFD model laat zien dat de temperatuur zich niet volledig herstelt tot de 8 graden van de bodem. Hierbij gaan we niet uit van menging met andere stromen zoals op Urk wel gebeurt. Bij een grotere Delta T is de herstelperiode korter. In tabel 1 is de temperatuur na 500 meter buislangte weergegeven bij verschillende temperatuurverschillen met de bodem (Delta T)

Tabel 1: Modelmatig bepaalde temperatuurherstel

Temperatuurverschil bodem (delta T)	Temperatuur na 500 meter	Temperatuur gradient
2	6,5	+0,50
4	6,9	+0,90
6	7,4	+1,40
8	7,8	+1,80
10	8,3	+2,30
12	8,8	+2,80
14	9,3	+3,30

Te zien is dat er een behoorlijke delta T moet worden gehaald voordat het afvalwater weer opwarmt naar de oorspronkelijke temperatuur van 8 graden.

Conclusie van het CFD model is dat het afvalwaterstromen zich maar beperkt herstelt bij een delta T van 2 graden. Dit betekent ook dat het lastig is om in de warmte uit het afvalwater te winnen bij lagere temperaturen. Zo zien we op Urk dat een warmtewisselaar van 125 meter het afvalwater maar 0,9 graden kan koelen. Hoe groter het debiet van het afvalwater, des te moeilijker het wordt om het afvalwater van 8 graden naar 6 graden te brengen met een warmtewisselaar.

Op basis van het voorgaande is afgesproken dat voor de potentiebepaling van de STOWA-studie een delta T van maximaal 2 graden wordt gehanteerd als uitgangspunt voor het influent. Bij een afstand van 1 kilometer van de RWZI nemen we een delta T van maximaal 1 graad. Dit betekent dat in theorie het afvalwater nooit met minder dan 1 graad verlies op de RWZI aan komt. Dit geldt alleen voor de winterperiode waarbij de temperatuur van het rioolwater richting de 8 graden gaat.

Voor de zomer stellen we een delta T van 4 graden voor. Dit betekent maximaal 2,5 graden verlies van het afvalwatertemperatuur op de rwzi, als alle afvalwater 4 graden wordt afgekoeld. Een temperatuurafname in de zomer van het afvalwater van 4 graden zal met warmtewisselaar in de praktijk lastig zijn voor grotere debieten.

1.2 Uitgangspunten effluent

Temperatuurdaling van het effluent van een RWZI heeft gevolgen voor het oppervlaktewater. Voor koudelozingen op oppervlaktewater is een voorstel vergunningenbeleid koudelozingen opgesteld, dat onder de tabel is weergegeven. In dit voorstel wordt een temperatuurverschil van maximaal 5 graden aangehouden ten opzichte van het oppervlaktewater, zoals aangegeven in tabel 2.

Tabel 2: Overzicht temperatuuronttrekking afvalwater

		Gemalen	Persleidingen	RWZI (effluent)
Winteronttrekking <1 km rwzi	Delta T (°C)	1	1	5
Winter onttrekking	Delta T (°C)	2	2	5
Zomer onttrekking	Delta T (°C)	4	4	5

Voorstel vergunningenbeleid koudelozingen

Op basis van de deskundigenbijeenkomst van 9 februari 2018

Het voorstel voor vergunningenbeleid voor koudelozingen sluit aan op de CIW beoordelingssystematiek warmtelozingen, maar is aangepast op die punten waar koudelozingen en warmtelozingen van elkaar verschillen. De conclusie van de deskundigenbijeenkomst is dat koudelozingen kunnen worden vergund als aan de volgende vier criteria is voldaan:

1. De temperatuur in het watersysteem (T) na volledige menging mag niet lager worden als gevolg van koudelozingen dan een dagwaarde van 12 °C. Bij aanvang van het biologisch voorjaar bedraagt de watertemperatuur van de grotere wateren 10 tot 12 °C. Rond deze watertemperaturen komen groei en voortplanting bij veel soorten op gang. De ondergrens voor groei en voortplanting is in de praktijk sterk soortspecifiek en afhankelijk van het type



watersysteem. Overschrijding van de temperatuur van 12 °C zou kunnen leiden tot te grote nadelige effecten op die ontwikkeling en kan de biologie van soorten weer terug zetten naar de winter.

2. Het temperatuurverschil (ΔT) tussen de achtergrondtemperatuur en de temperatuur na volledige menging mag niet hoger zijn dan 5 °C. Dit geldt niet als de achtergrondtemperatuur hoger wordt dan 25 °C. Koudelozingen mogen altijd leiden tot een temperatuur na volledige menging van 20 °C, omdat hogere temperaturen negatieve gevolgen hebben voor het ecosysteem. Koudelozingen hebben in warme perioden juist een gunstig effect, dus een grens aan ΔT is in die perioden niet gewenst.
3. Binnen een mengzone rond het lozingspunt zijn lagere temperaturen dan 12 °C en een hogere ΔT dan 5 °C toegestaan. De mengzone mag maximaal 10% van het oppervlak van de ecohydrologische eenheid omvatten. Een ecohydrologische eenheid is bijvoorbeeld een meer, een KRW-waterlichaam of een circulerend watersysteem.
4. De koudelozing mag niet leiden tot achteruitgang in de KRW-beoordeling van waterlichamen.

De initiatiefnemer moet bij de aanvraag van een watervergunning aantonen dat de koudelozing aan deze criteria voldoet, met hulp van de waterbeheerder. Er is in het algemeen een hydrologisch model nodig om de temperatuur na volledige menging, het temperatuurverschil en de omvang van de mengzone te berekenen. Een hydroloog van de waterbeheerder moet beoordelen of het gebruikte model geschikt is.

Bij cumulatie (verschillende koudelozingen op hetzelfde watersysteem) gelden de vier criteria voor alle lozingen gezamenlijk. Dus bij bijvoorbeeld twee koudelozingen op een meer mag de temperatuur van het meer niet lager worden dan 12 °C, mag het temperatuurverschil niet hoger zijn dan 5 °C ten opzichte van de achtergrondtemperatuur (= de temperatuur zonder koudelozingen op het meer), mag de totale omvang van de mengzones niet groter zijn dan 10% van het oppervlak van het meer en mag geen achteruitgang van de toestand van een KRW-waterlichaam worden veroorzaakt.

Gelet op de beperkte kennis over de effecten van koudelozingen, worden aan alle watervergunningen voor een koudelozing voorschriften over monitoring verbonden. Die voorschriften houden het volgende in:

1. Gedurende 3 tot 5 jaar wordt het debiet van de lozing en de temperatuur van het geloosde water (voorafgaand aan vermenging) continu gemeten door de vergunninghouder.
2. Gedurende 3 tot 5 jaar wordt eens per maand, gedurende de maanden dat het systeem in bedrijf is, de temperatuur, de pH, het zuurstofgehalte en het elektrisch geleidingsvermogen gemeten door de vergunninghouder. De metingen vinden plaats in de buurt van de grens van de mengzone.

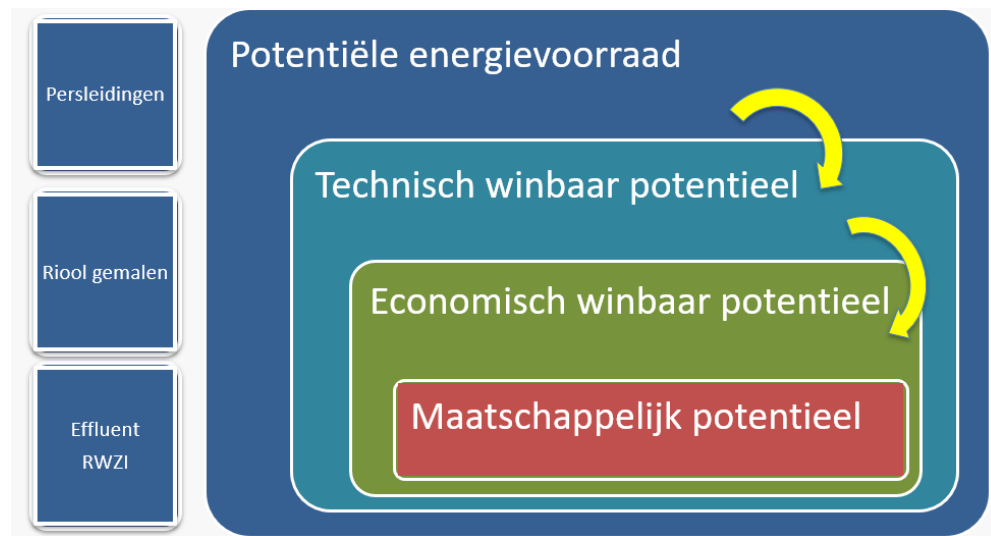
Daarnaast geldt dat voor het onttrekken van het oppervlaktewater afzonderlijk beleid van het waterschap onverkort van toepassing is. Voor onttrekkingen uit Rijkswateren worden de criteria van de CIW beoordelingssystematiek warmtelozingen gebruikt.

Als het oppervlaktewater dat wordt geloosd afkomstig is van een ander watersysteem (niet-eigen water) worden naast de effecten van het lozen van koude ook de effecten van het lozen van

stoffen op de waterkwaliteit beoordeeld. Hiervoor geldt het generieke beleid (met name het Handboek immissietoets). In de beleidsregel voor koudelozingen zullen ook de raakvlakken met ander nationaal beleid worden benoemd.

1.3 Rekenregels economische potentie

In figuur 5 is schematisch weergegeven wat de economische potentie van de te winnen energie uit afvalwater is.



Figuur 5: Schematische weergave bepaling economische potentie

De *potentiële voorraad* is de absolute hoeveelheid energie die in het afvalwatersysteem zit en in theorie benut kan worden. Het *technisch winbaar potentieel* is de potentiële voorraad die op basis van de huidige technische mogelijkheden (o.a. temperatuur begrenzings) uit een afvalwater kan worden gewonnen. Voor de concepten met WKO vormt de beschikbare opslagcapaciteit van de ondergrond voor energieopslag een bepalende factor. Het technisch potentieel gecorrigeerd voor financiële haalbaarheidsaspecten (afstand tot afnemers) vormt dan het *economisch winbaar potentieel*. Hierbij geldt een minimaal vereiste energievraag/-aanbod van 1.000 GJ voor een rendabel project. Ook dient de energievrager zich voldoende nabij het watersysteem te bevinden. Tenslotte is het *maatschappelijk potentieel* benoemd. Dat is de economisch winbare hoeveelheid energie, gecombineerd met maatschappelijke belangen: werking RWZI, drinkwatergebieden, archeologie en gebieden met waterkwaliteits- problemen enz. De bepaling van dit potentieel valt echter buiten de scope van de landelijke verkenning en vraagt om een specifieke verdiepingsslag op gemeentelijk niveau

Ten aanzien van bepaling van de economische potentie zijn een aantal zoekstralen gedefinieerd, waarbinnen de gewonnen warmte economisch rendabel afgezet kan worden. Deze zijn weergegeven in tabel 3.



Tabel 3: Gehanteerde zoekstralen voor economische potentie.

Energieconcept	Straal Bodemcapaciteit	Straal Warmtevraag (/koudevraag)
RWZI's	1 km	2 km
Rioolgemalen	1 km	1 km
Persleidingen	1 km	1 km

1.4 Bepaalde potentie Energie uit Afvalwater

De berekende *technische* potentie op basis van de genoemde uitgangspunten bedraagt in totaal 69 PJ. Het *economisch* potentieel bedraagt 56 PJ. In tabel zijn de berekende gegevens samengevat.

Tabel 4: Samenvatting berekende potentie Energie uit Afvalwater

	Eenheid	Technische potentie			Economische potentie		
		Met WKO	Zonder WKO	Totaal	Met WKO	Zonder WKO	Totaal
RWZI's	GJ/jaar	9.750.000	43.756.000	53.506.000	8.961.000	32.182.000	41.143.000
Gemalen	GJ/jaar	5.173.000	11.238.000	16.411.000	4.928.000	10.155.000	15.083.000
Totaal	GJ/jaar	14.923.000	54.994.000	69.917.000	13.889.000	42.337.000	56.226.000

Onderbouwing van de tabel:

- Het gaat over de potentie van riothermie (in de winter en de zomer) zonder opslag in WKO en de potentie van riothermie mét opslag van zomerwarmte in WKO. Riothermie zonder WKO kan het hele jaar door gewonnen worden, omdat hier geen sprake is van (tussentijdse) opslag van warmte
- De potentie met WKO mag bij de potentie zonder WKO opgeteld worden, omdat de potentie met WKO in de zomer gewonnen wordt, opgeslagen wordt in een WKO en daarmee in de winter (extra) beschikbaar is. Hier zit een kleine overschatting in, omdat bij het optellen van beiden het uitgangspunt is dat ze 'naast elkaar' beschikbaar zijn. Dat is niet helemaal zo, maar in de zomer is het afvalwater veel warmer, waardoor er gemakkelijk en ook meer warmte gewonnen kan worden. Deze overschatting is rekenkundig dermate gering, dat hij als verwaarloosbaar is beschouwd en niet gecorrigeerd behoeft te worden. Het gaat over een ordergrootte van een paar %
- De potentie met WKO is lager dan zonder WKO, dat komt omdat de WKO-capaciteit hierin bepalend is. En op basis van het voorgaande punt kan deze als extra capaciteit beschouwd worden
- Het potentieel in de leidingen is niet meegenomen bij de bepaling van het totale potentieel, omdat deze warmte uiteindelijk door de gemalen of de RWZI's gaat. Hiermee zijn dubbeltellingen voorkomen. De kaart geeft wel weer waar de kansrijke locaties van de leidingen liggen om eventueel een project te signaleren