

ENERGIE-ANALYSE DECENTRALE SANITATIE NOORDERHOEK SNEEK, UPDATE 2017



RAPPORT

2018
63C

ENERGIE-ANALYSE DECENTRALE SANITATIE
NOORDERHOEK SNEEK, UPDATE 2017

RAPPORT

2018
63C



COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEUR Ir. J.B. (Jan) de Wit

BEGELEIDINGSCOMMISSIE
Dr. Ir. R.P. (Richard) van Leeuwen

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau
STOWA STOWA 2018-63C

Copyright Teksten en figuren uit dit rapport mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.
Disclaimer Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van dit rapport.

SAMENVATTING

Woningstichting Elkien, de gemeente Súdwest-Fryslân, Waterschoon BV, STOWA (Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer) en Wetterskip Fryslân hebben Saxion via ingenieursbureau Witteveen+Bos gevraagd de energieprestatie van het Waterschoon decentrale zuiveringsconcept te bepalen voor 2017 als update van eerder onderzoek in 2014. Omdat het systeem in 2014 een zeer gering aantal inwoners bediende, en dus sterk overgedimensioneerd was, is besloten tot deze nadere evaluatie voor 2017 waarin het gaat om 327 inwoners. De resultaten van deze evaluatie zijn vervolgens opgeschaald naar 1530 inwoners.

Het doel van deze rapportage is om de energiebalansen en daarmee de energieprestatie op te stellen voor dit decentrale sanitatie project. De energieprestatie van de zuivering wordt bepaald door:

De som van alle in – en uitgaande energiestromen van de zuivering. De grootte van deze energiestromen wordt bepaald door de primaire energie (brandstoffen) die nodig is om deze energiestromen te genereren.¹

De energieprestatie van decentrale zuiveringen wordt uitgedrukt in kWh primaire energie per inwoner. Een negatieve energieprestatie duidt op een netto energiebehoefte van het zuiveringsproces, een positieve energieprestatie duidt op een netto energielevering.

De energieprestatie van de voor 1530 inwoners opgeschaalde Waterschoon installatie is als uitgangspunt genoemd voor de beoordeling van deze installatie.

Met nadruk moet gesteld worden dat de energieprestatie van de aangestoffen decentrale zuivering Waterschoon is beoordeeld, en dus niet de energieprestatie van de decentrale zuiveringsinstallatie zoals deze eventueel ‘zou kunnen’ zijn. In uitzondering hierop zijn de nadelige effecten van twee evidente fouten (m.b.t. biogasbenutting en ruimteverwarming) geëlimineerd.

Deze energieprestatie bij 1530 inwoners is vergeleken met twee referentiesystemen: de conventionele municipale waterzuivering van Waterschap Drents Overijsselse Delta te Deventer (capaciteit 100.000 i.e.²) en het ontwerp van een zuivering volgens het Verdygo Nereda concept van Waterschapsbedrijf Limburg (capaciteit 30.000 i.e.) en het daarbij opgegeven energiegebruik.³ Zie hiervoor tabel i.

- 1 Zo is voor het genereren van elektriciteit uitgegaan van het gemiddeld landelijk rendement (40 %) en is voor het genereren van warmte uit brandstoffen uitgegaan van een rendement van 100% op onderwaarde. Voor 1 kWh elektriciteit is derhalve 2,5 kWh primaire energie nodig, voor 1 kWh warmte is 1 kWh primaire energie nodig. 1 kWh biogas op onderwaarde levert derhalve 1 kWh aan warmte op. Bij toepassing van duurzame elektriciteit is in het geheel geen primaire energie nodig om 1 kWh elektriciteit te produceren. Dit heeft grote invloed op de energieprestatie, zie tabel i
- 2 Bij centrale zuiveringen - die ook afvalwater zuiveren van bedrijven - wordt gesproken over inwoner equivalenten (i.e.) in plaats van over ‘inwoners’. Dit laatste is gebruikelijk bij decentrale zuiveringen. Om de vergelijking van de energieprestatie van de centrale zuivering met de energieprestatie van de decentrale zuivering mogelijk te maken wordt 1 i.e. wel gelijkgesteld met 1 inwoner.
- 3 Bron: Waterschapsbedrijf Limburg

TABEL I 4, 5

		Conventionele zuivering met vergisting en WKK, 100.000 i.e. (Deventer) - Referentie 1	Verdygo Nereda zuivering zonder vergisting, 30.000 i.e. (Simpelveld) - Referentie 2	Sneek Noorderhoek 1530 i.e.
	Eenheid	gemeten	gemeten	berekend naar 1530 inw. vanuit gemeten met 327 inw.
Saldo Aanmaak Water & Transport totaal	kWh _{tp} /i.e./jaar	-28,1	-28,1	-42,8
Warmte				
vergister	kWh _{tp} /i.e./jaar	-5,5	0,0	-126,5
warmteproductie warmtepomp	kWh _{tp} /i.e./jaar	0,0	0,0	176,7
Saldo Warmte totaal	kWh _{tp} /i.e./jaar	-5,5	0,0	50,2
Saldo Warmte totaal zonder warmtepomp	kWh _{tp} /i.e./jaar	-5,5	0,0	-126,5
Saldo Biogas totaal	kWh _g /i.e./jaar	60,6	0,0	149,9
Saldo Elektriciteit Warmtepomp + bron/circulatiepomp	kWh _e /i.e./jaar	0,0	0,0	-36,26
Saldo elektriciteit waterbehandeling	kWh _e /i.e./jaar	-30,0	-21,0	-28,9
Saldo elektriciteit totaal zonder warmtepomp en zonder bron/circulatie	kWh _e /i.e./jaar	-58,0	-49,1	-71,7
Saldo elektriciteit totaal met warmtepomp en met bron/circulatie	kWh _e /i.e./jaar	-58,0	-49,1	-108,0
Saldo totaal Primaire Energie (conventionele elektriciteit,EG)	kWh _p /i.e./jaar	-89,9	-122,7	-69,8
Saldo totaal Primaire energie (duurzame elektriciteit,ED)	kWh _p /i.e./jaar	55,1	0,0	200,1
Saldo totaal Primaire Energie Waterschoon <u>zonder warmtepomp</u> (EG)	kWh _p /i.e./jaar	-89,9	-122,7	-155,9
Saldo totaal Primaire Energie Waterschoon <u>zonder warmtepomp</u> (ED)	kWh _p /i.e./jaar	55,1	0,0	23,4

De belangrijkste conclusies van dit onderzoek zijn:

- De energieprestatie als geheel is verbeterd en is, voor 327 inwoners in 2017, zelfs beter dan de verwachte prestatie voor 533 inwoners op basis van de analyse in 2014 bij 79 inwoners.
- Net als in 2014 zijn er problemen met de nuttige inzet van het geproduceerde biogas en het effluent als potentiële warmtebronnen voor het eraan gekoppelde warmtenet. Daarnaast is geconstateerd dat in 2017 veel extra warmte is verbruikt voor het op temperatuur houden van het zuiveringshuis.
- Om die reden zijn de nadelige effecten van ruimteverwarming en het niet nuttig inzetten van het geproduceerde biogas buiten beschouwing gelaten. Dit heeft een sterk positieve invloed op de energieprestatie.
- Lineaire opschaling van de decentrale zuivering Waterschoon tot 1530 inwoners levert een betere energieprestatie op dan de twee grootschalige referentiezoueringen, mits gebruik gemaakt wordt van de aanwezige warmtepomp.
- De warmtepomp vervult een cruciale rol in het bereiken van een goede energieprestatie, zie tabel i.
- Verdergaande verbeteringen - ten opzichte van de huidige installatie opgeschaald naar 1530 inwoners - zullen moeten komen van herontwerp en procesinnovatie waarvoor in dit rapport enkele aanbevelingen zijn gegeven.

4 Voor i.e. moet in het geval van decentrale zuivering worden gelezen: inwoner.

5 ! kWh 'conventionele' elektriciteit = 2,5 kWh primaire energie, 1 kWh warmte = 1 kWh primaire energie, 1 kWh biogas (OW) = 1 kWh primaire energie. ! kWh duurzame elektriciteit = 0 kWh primaire energie.

DE STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie.

Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' – de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft – om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoeklijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede aan alle waterschappen.

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.

ENERGIE-ANALYSE DECENTRALE SANITATIE NOORDERHOEK SNEEK, UPDATE 2017

INHOUD

	TEN GELEIDE	
	SAMENVATTING	
	DE STOWA IN HET KORT	
1	INLEIDING	1
2	ONTWIKKELING VAN HET AANTAL INWONERS	3
3	BESCHRIJVING VAN HET ENERGIEMEETSYSTEEM VAN DE ZUIVERING	4
4	ENERGIEBALANS VAN DE ZUIVERING	6
4.1	Aangeleverde Data	6
4.1.1	Deelbalans warmtepomp en bodembron	7
4.1.2	Deelbalans TSA effluent	9
4.1.3	Deelbalans biogas – warmte uit biogas	10
4.1.4	De elektriciteitsbalans	12
4.2	De energiebalans vanuit de aangeleverde data	14
4.3	De energiebalans vanuit data, met verbeteringen	16

5	INVLOED VAN INTERNE EN EXTERNE FACTOREN OP DE ENERGIEPRESTATIE	18
5.1	Invloed van de schaal van zuivering (aantal inwoners)	18
5.2	Invloed van besparingen en innovaties op de energieprestatie	18
5.3	Invloed van externe bronnen	18
5.4	Invloed van de warmtepompcapaciteit	18
6	DE ENERGIEPRESTATIE VAN DE OPGESCHAALDE ZUIVERING	20
6.1	Opschaling van de huidige installatie	20
6.2	Opschaling van de herontworpen installatie, met innovaties	22
7	DE ENERGIEPRESTATIE VAN DE ZUIVERING IN 2017	23
7.1	Analyse van de energieprestatie	23
8	OVERZICHT VAN DE RESULTATEN	25
9	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	26
10	DISCUSSIE EN VERDERE ADVISERING	28
11	LITERATUUR	30
BIJLAGE 1	OVERZICHT VAN RESULTERENDE ENERGIEPRESTATIES	31

1

INLEIDING

Woningstichting Elkien (Rechtsvoorganger: Woningstichting De Wieren) heeft tot 2014: 62 appartementen en in de periode 2014-2015: 145 grondgebonden woningen gerealiseerd in de wijk Noorderhoek 1 te Sneek. De 62 appartementen (met 79 inwoners) kunnen ingedeeld worden in 32 woningen in een zorgcomplex en 30 55+ appartementen. De 145 grondgebonden woningen vertegenwoordigen 248 inwoners. Daarmee komt het totaal aantal inwoners van deze (sub)wijk op 327.

In de wijk is een gecombineerde decentrale waterzuivering en een centrale warmtevoorziening gerealiseerd, ter plekke van het Zuiveringshuis. Het zuiveringshuis bestaat derhalve uit een rioolwaterzuiveringssysteem en een warmtevoorzieningssysteem. Beide systemen wisselen warmte uit, zodanig dat dit de energieprestatie en dus de duurzaamheidsprestatie van het systeem als geheel bevordert. Feenstra voert de regie over het centrale warmtesysteem, Waterschoon – ontwikkelaar van de decentrale zuivering – voert de regie over de zuivering. Feenstra registreert de data van alle stromen die relevant zijn voor de energiehuishouding. Deze data worden gemeten met gasmeters, elektriciteitsmeters en warmtemeters. Dit wordt ook wel energiemonitoring genoemd.

Woningstichting Elkien, de gemeente Súdwest-Fryslân, Desah BV, STOWA (Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer) en Wetterskip Fryslân zijn zeer geïnteresseerd in de prestaties van dit innovatieve systeem en hebben Saxion, via ingenieursbureau Witteveen+Bos opdracht gegeven de energieprestatie van dit systeem te bepalen.

Over de periode tot 2014, met 79 inwoners is reeds gerapporteerd in augustus 2014 [1]. Vooral omdat het systeem een zeer gering aantal inwoners bediende, en dus sterk overgedimensioneerd was, is besloten tot een nadere evaluatie bij meer aangesloten. Dat was eind 2016 het geval, met inmiddels 327 inwoners. Dit is overigens minder dan de beoogde 533 inwoners die voor eind 2016 was voorzien.

Wederom is Saxion gevraagd de energieprestatie van het systeem te bepalen, met nadruk op de prestatie van het zuiveringsdeel. In 2015 is namelijk besloten om de genoemde 145 grondgebonden woningen die in 2014 tot 2017 zijn opgeleverd niet aan te sluiten op het warmtesysteem. Dit is vooral ingegeven door de relatief hoge kosten van dit centrale warmtesysteem. Deze grondgebonden woningen zijn wel aangesloten op de decentrale sanitatie. Naast het bepalen van de huidige energieprestatie wordt ook gekeken naar:

- a de te verwachten energieprestatie bij 1530 inwoners⁶ en
- b de energieprestatie als te verwachten innovaties worden geïmplementeerd en de installatie is geoptimaliseerd.

⁶ 1530 inwoners is de berekende capaciteit van de basiscomponenten van de zuiveringsinstallatie zoals die nu is gerealiseerd. Daarvoor zijn echter wel wat aanpassingen nodig. De belasting, of gebruikte capaciteit, is momenteel 327 inwoners

Het doel van deze rapportage is om de energieprestatie vast te stellen voor dit decentrale zuiveringsproject per 2017, opgeschaald naar 1530 inwoners. Deze energieprestatie wordt vergeleken met twee referentiesystemen, de municipale waterzuivering van Waterschap Drents Overijsselse Delta te Deventer (capaciteit 100.000 i.e.) en de Verdygo Nereda zuivering van Waterschapsbedrijf Limburg (capaciteit 30.000 i.e.), inclusief inzameling en transport. Daarnaast wordt de huidige werkelijk energieprestatie met 327 inwoners vergeleken met de resultaten van 2014 (met 79 inwoners) en met de energieprestatie bij afwezigheid van fouten, zie hoofdstuk 4. Tot slot wordt de energieprestatie van de huidige installatie vergeleken met en met zoals de geoptimaliseerde, geïnnoveerde installatie met een gelijk aantal inwoners zou kunnen zijn. De waarde van deze laatste vergelijking is beperkt vanwege de grote onzekerheden m.b.t. de effecten van optimalisering en innovatie.

ZUIVERINGSHUIS SNEEK NOORDERHOEK



WAAROM EEN EXTRA REFERENTIESYSTEEM TOEGEVOEGD ?

In deze update van de evaluatie Decentrale Sanitatie Noorderhoek wordt een nieuwe referentie geïntroduceerd naast de referentie van een conventionele rwzi van 100.000 i.e. De nieuwe referentie is het ontwerp van een Verdygo Neredasysteem met een capaciteit van 30.000 i.e. en het daarbij opgegeven energiegebruik. Dit systeem is als extra referentie toegevoegd omdat het hier gaat om een innovatieve aerobe zuiveringstechnologie, met bovendien een capaciteit (aantal i.e.) die tussen de capaciteit van de zuivering van Deventer en de beoogde capaciteit na opschaling van Waterschoon (1530 inw.) in zit. De kentallen van dit systeem zijn aangeleverd door Waterschapsbedrijf Limburg. Het energiegebruik van deze Nereda-referentie bestaat uit elektriciteit voor waterproductie en transport (riolering) en uit elektriciteit voor het zuiveringsproces. Omdat er geen sprake is van slibgisting op locatie, spelen de componenten warmte en biogas hier niet.⁷

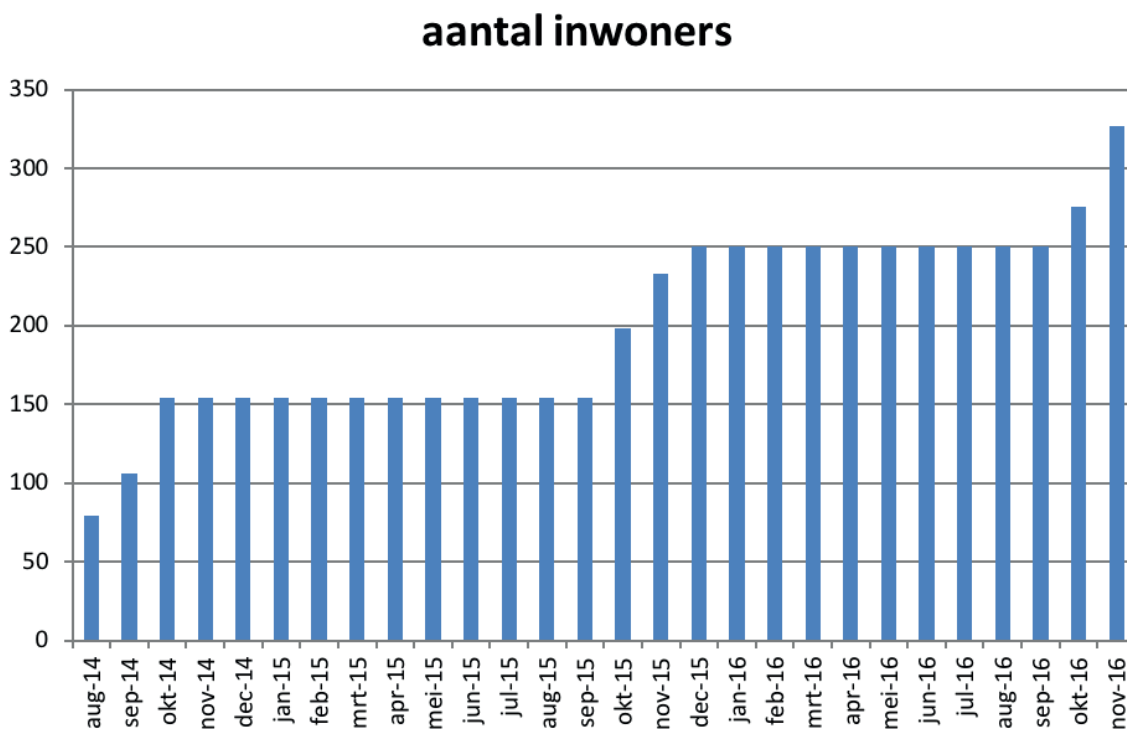
⁷ In de duurzaamheidsanalyse en dit rapport is niet gerekend met energieopbrengst uit gisting van Neredaslib, omdat de netto opbrengst onder meer samenhangt met energie voor slibtransport

2

ONTWIKKELING VAN HET AANTAL INWONERS

Het aantal op het zuiveringssysteem aangesloten woningen is sinds medio 2014 uitgebreid met 145. De oorspronkelijke planning was: 232 woningen. Er zijn dus minder woningen gerealiseerd dan in 2014 voorzien. De 145 woningen zijn grondgebonden met individuele CV ketel. Deze woningen zijn dus, in tegenstelling tot het eerder aangesloten zorgcomplex (30 eenheden) en 32 55+ appartementen, niet aangesloten op het centrale warmtesysteem. Daarmee is het aantal inwoners gegroeid van 79 naar 327 inwoners (bron Wetterskip Fryslân), zie figuur 2.1.

FIGUUR 2.1 VERLOOP VAN HET AANTAL INWONERS IN DE TIJD

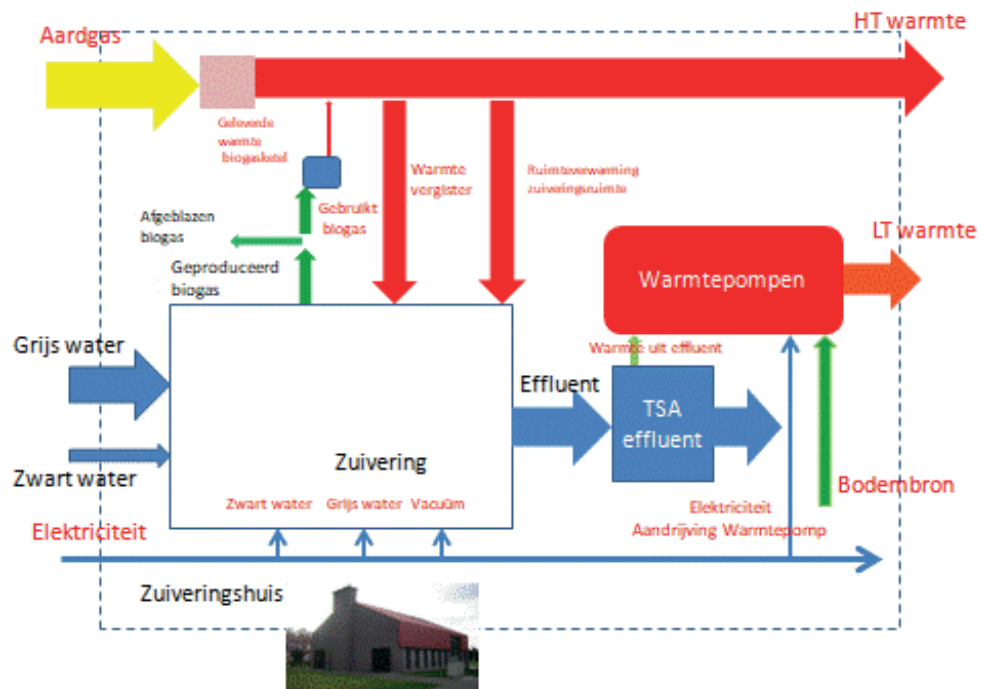


3

BESCHRIJVING VAN HET ENERGIEMEETSISTEEM VAN DE ZUIVERING

Voor de energiemonitoring is het energiemeetsysteem weergegeven in Figuur 3.1. Hiermee is de energieprestatie vast te leggen, voor nadere uitleg hierover zie hoofdstuk 4.

FIGUUR 3.1 SCHEMA MEETSISTEEM ZUIVERINGSHUIS



In dit schema zijn de in rood aangegeven grootheden gemeten. Voor het overzicht zijn kleine posten niet in dit schema opgenomen, zoals elektrische energie voor bron- en circulatiepompen.

RELEVANTE INGAANDE STROMEN VOOR DE ENERGIEBALANS:

Elektriciteit:

- Zwart watersysteem
- Grijs watersysteem
- Vacuüm systeem
- Warmtepompen
- Som van Elektriciteitsinkoop

Warmte:

- Vergister
- Ruimteverwarming zuiveringsruimte

Gas:

- Aardgas inkoop

RELEVANTE UITGAANDE STROMEN VOOR DE ENERGIEBALANS

Gas:

- Biogasproductie (niet gemeten, berekend)
- Biogas afblaas (niet gemeten, berekend)
- Biogas, geleverd aan biogasketel (gemeten)

Warmte:

- Warmte, door biogasketel geleverd aan HT systeem
- Warmte vanuit TSA Effluent aan verdamper warmtepomp geleverd
- Warmte, vanuit bodembron geleverd aan verdamper warmtepomp
- Warmte, geleverd door condensor warmtepomp
- Warmte, geleverd door biogasketel en aardgasketel aan HT systeem

De influent stromen zwart water en grijs water zijn eveneens bekend. De influent stroom grijs water bedraagt: 33,5 m³ per dag en de stroom zwart water: 3,59 m³/dag.

De maandelijkse gegevens zijn aangeleverd door Feenstra en opgenomen in het rekensheet *Energiebalans Sneek Noorderhoek uit meetdata* 2017 [2].

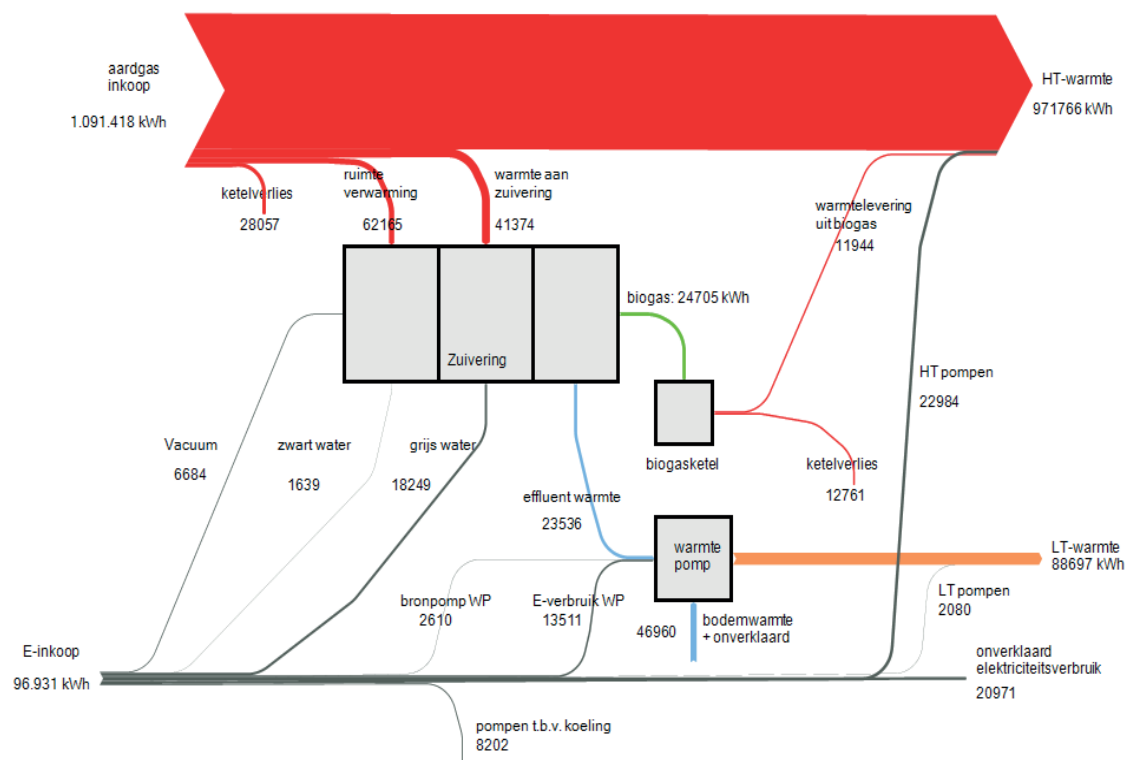
4

ENERGIEBALANS VAN DE ZUIVERING

4.1 AANGELEVERDE DATA

De aangeleverde energiedata betreffen maandelijkse meterstanden. Deze zijn opgenomen in de rekensheet *Energiebalans Sneek Noorderhoek uit meetdata 2017* [2]. De energieanalyse is opgesteld voor een volledig jaar en betreft de periode 1 december 2016 t/m 31 november 2017. Deze startdatum is gekozen omdat de laatste woningen eind november 2016 zijn opgeleverd. Vanuit de energieanalyse, zie ook bijlage 1 is een energiebalans op te stellen die overzichtelijk is weer te geven via een Sankey diagram, zie Figuur 4.1.

FIGUUR 4.1 SANKEY DIAGRAM VAN DE ZUIVERING EN HET GEKOPPELDE WARMTESYSTEEM



Het valt op dat het warmtesysteem en met name de rood gekleurde HT-warmte (Hoge Temperatuur) het beeld sterk domineert, terwijl dit geen relatie met de prestatie van de zuivering heeft. Toch is deze wel relevant omdat dit een goed beeld geeft van de energiestromen en duurzaamheid van de combinatie zuivering en warmtenet. Door de keuze voor aardgas als warmtebron voor HT-warmte is het overgrote deel van de geleverde warmte uit aardgas afkomstig. De HT warmte en de LT warmte die extern worden geleverd (rechts in de figuur) worden geleverd aan 62 appartementen met 79 inwoners en niet aan de overige 248 inwoners. De energieprestatie van het externe warmtesysteem valt buiten het kader van dit onderzoek.

Nota bene;

De totale warmtelevering naar de op het warmtenet aangesloten appartementen is beduidend hoger dan verwacht. Dit kan meerdere oorzaken hebben, waaronder een groot warmteverlies in het warmtenet of een hoger warmteverbruik van de appartementen. Indien de appartementen volgens de in 2017 geldende norm van EPC 0,4 gebouwd zouden zijn, zou het gemiddelde warmteverbruik (referentie https://www.rvo.nl/sites/default/files/2015/10/Appartementencomplex_referentiewoning.pdf) bijna 250% minder zijn dan de huidige warmtelevering. In dat geval zal het effect van de geleverde warmte vanuit de zuivering ook significant toenemen. Omdat dit buiten de scope van het onderzoek valt, is dit niet door verder onderzocht en/of geverifieerd.

Verder is te zien dat de zuivering zelf nogal wat warmte opneemt vanuit het HT-warmtesysteem, enerzijds voor “ruimteverwarming”, anderzijds voor verwarming van de vergister: “warmte aan zuivering”.

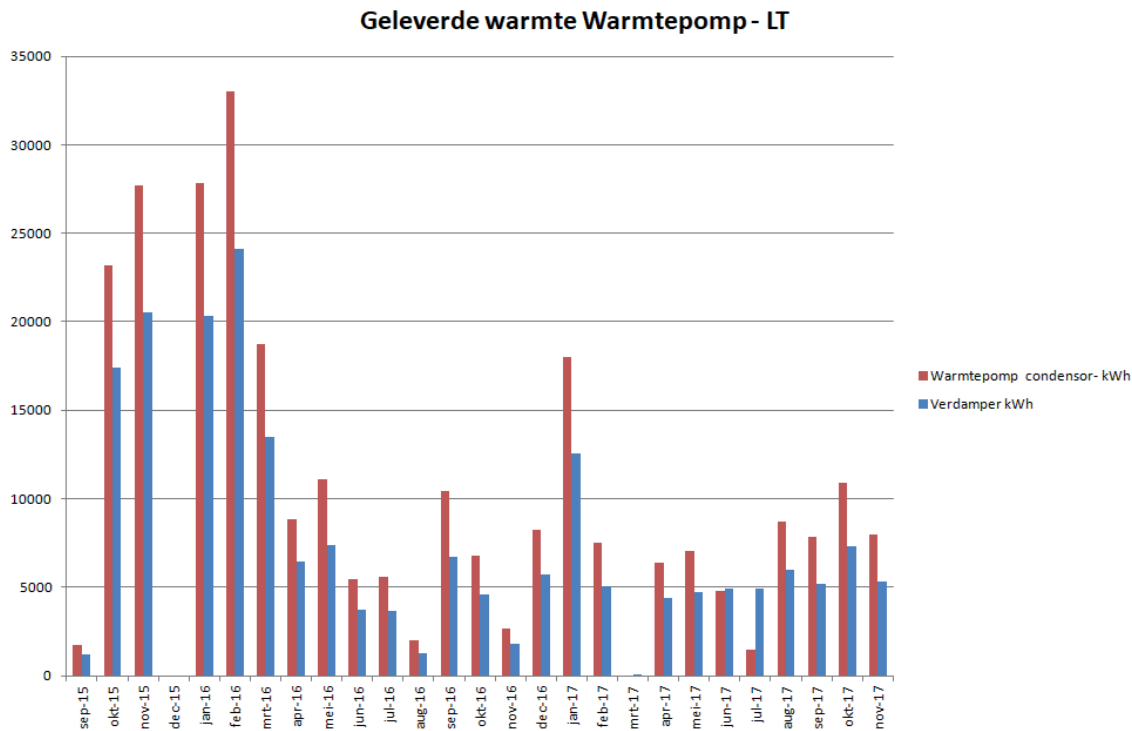
De zuivering levert nuttige energiestromen in de vorm van biogas (groene stroom) voor het leveren van HT-warmte én effluent (blauwe stroom) dat gebruikt wordt als warmtebron voor de warmtepomp voor het leveren van LT-warmte (Lage Temperatuur), de oranje stroom. Zoals te zien aan de onderzijde gebruikt de warmtepomp naast warmte uit het effluent ook in belangrijker mate warmte een bodembron. In de Sankey is te zien dat deze nuttige bijdragen vanuit de biogasketel en warmtepomp bescheiden zijn geweest maar uit een nadere analyse in paragraaf 4.1.1 en 4.1.3 blijkt dat hier meer uit te halen valt.

De onderste, grijze energiestroom betreft het elektriciteitsverbruik. De grootste verbruikers (in volgorde) zijn: compressorenergie voor beluchting van de grijs water zuivering, warmtepomp aandrijfenergie – figuur 4.1 geeft de som van het verbruik van beide compressoren - en verder het vacuumsysteem en diverse pompen. Ongeveer 20% van het elektrisch verbruik kon niet nader worden verklaard, hiervoor zou plaatsing van meer energiemeters noodzakelijk zijn. In paragraaf 4.1.4 wordt het elektrisch energieverbruik nader geanalyseerd.

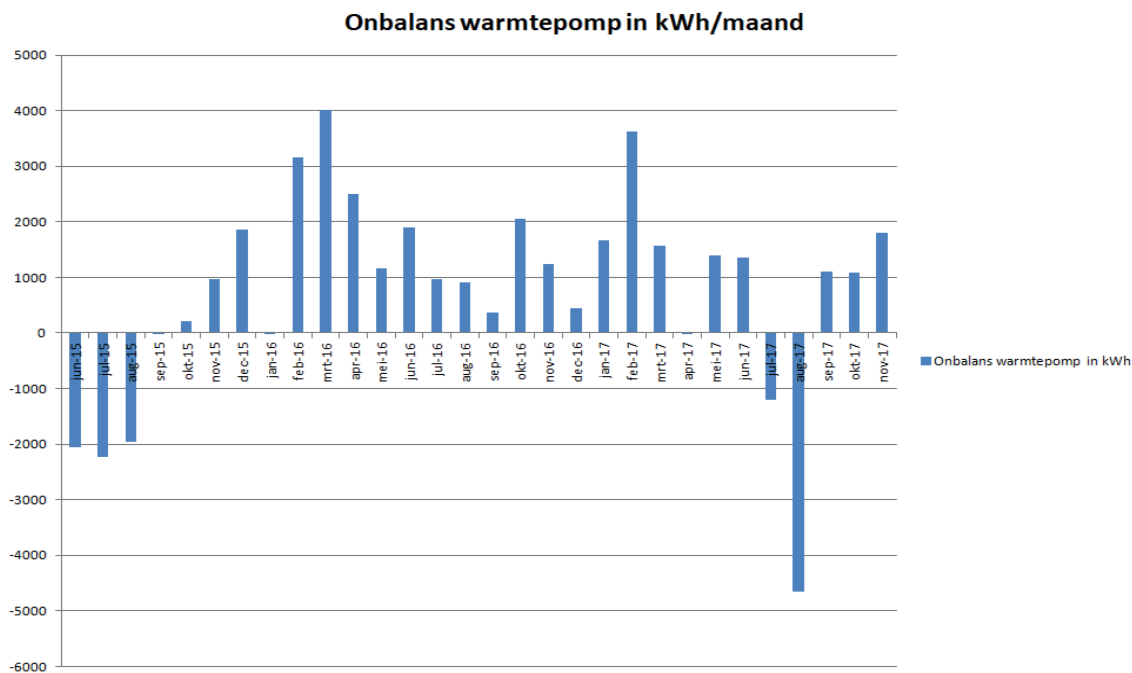
4.1.1 DEELBALANS WARMTEPOMP EN BODEMBRON

De warmtepomp (eigenlijk twee warmtepompen in cascade) levert warmte aan het lage temperatuur (LT) warmtesysteem. Uit de meetdata blijkt dat de hoeveelheid geleverde warmte gemiddeld groter is dan de som van de aandrijvende hoeveelheid elektriciteit en de hoeveelheid warmte die de verdamper opneemt. Dit wordt hier de onbalans van de warmtepomp genoemd. Ook is de hoeveelheid warmte die de verdamper opneemt kleiner dan de hoeveelheid warmte die vanuit de bronnen aangeboden wordt, de warmtewisselaar (TSA = Tegen Stroom Apparaat ofwel tegenstroom warmtewisselaar) in het effluent en de bodembron. Zie bijgaande figuren 4.2 en 4.3. In de energie analyse is uitgegaan van de hoeveelheid geleverde warmte door de warmtepomp en de geleverde aandrijvende elektriciteit juist zijn. De C.O.P. van de warmtepomp is hoger dan in 2014. Hierop wordt verder in dit hoofdstuk ingegaan. Er wordt veel meer warmte in de bodem geïnjecteerd dan er warmte wordt onttrokken via de warmtepomp.

FIGUUR 4.2 WARMTE GELEVERD DOOR DE WARMTEPOMP (CONDENSOR) EN ONTTROKKEN (VERDAMPER)

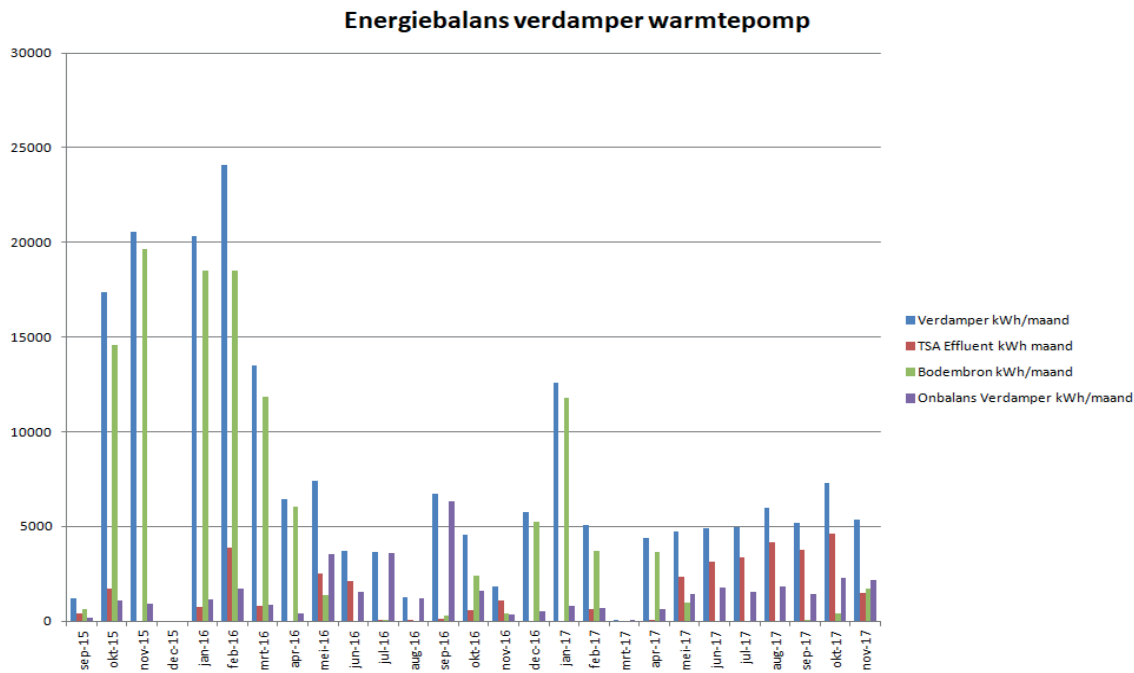


FIGUUR 4.3 ONBALANS WARMTEPOMP



Als de som van alle energiestromen niet nul is, dan is er dus sprake van een restpost. Deze restpost wordt onbalans genoemd. Deze onbalans is het resultaat van onjuiste of incomplete metingen. Bij correcte metingen is de onbalans nul (wet van behoud van energie). NB accumulatie effecten worden verwaarloosd. Ook de som van alle warmtestromen rond de verdamper moet nul zijn. Als dat niet het geval is, dan is er sprake van onbalans. In Figuur 4.4 is te zien (paarse balken “onbalans”) dat ook de energiestromen aan de verdamperzijde niet in balans zijn.

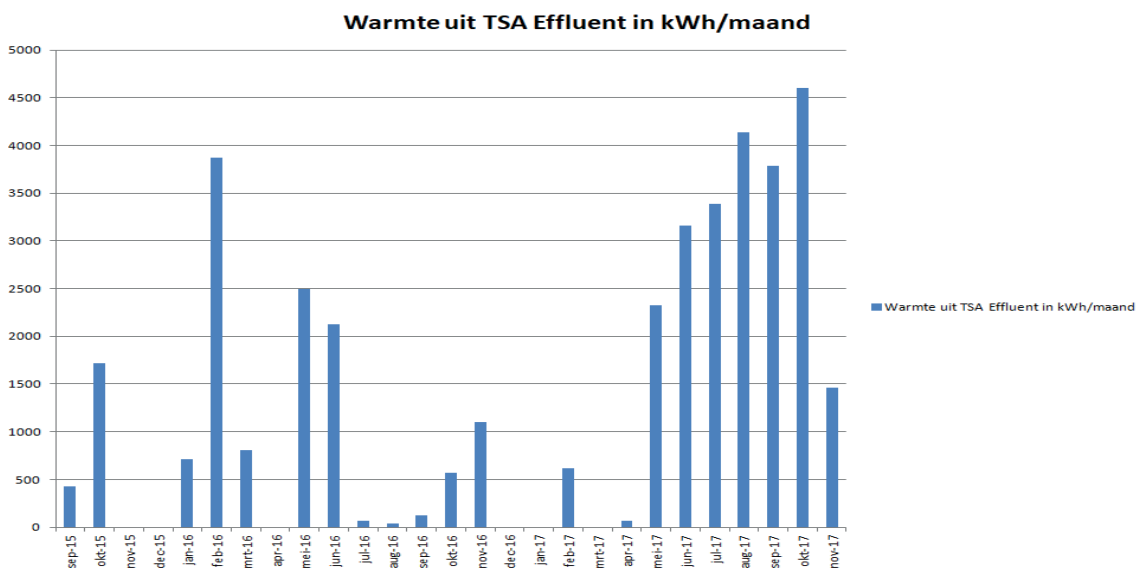
FIGUUR 4.4 ENERGIESTROMEN VERDAMPERZIJDE WARMTEPOMP



4.1.2 DEELBALANS TSA EFFLUENT

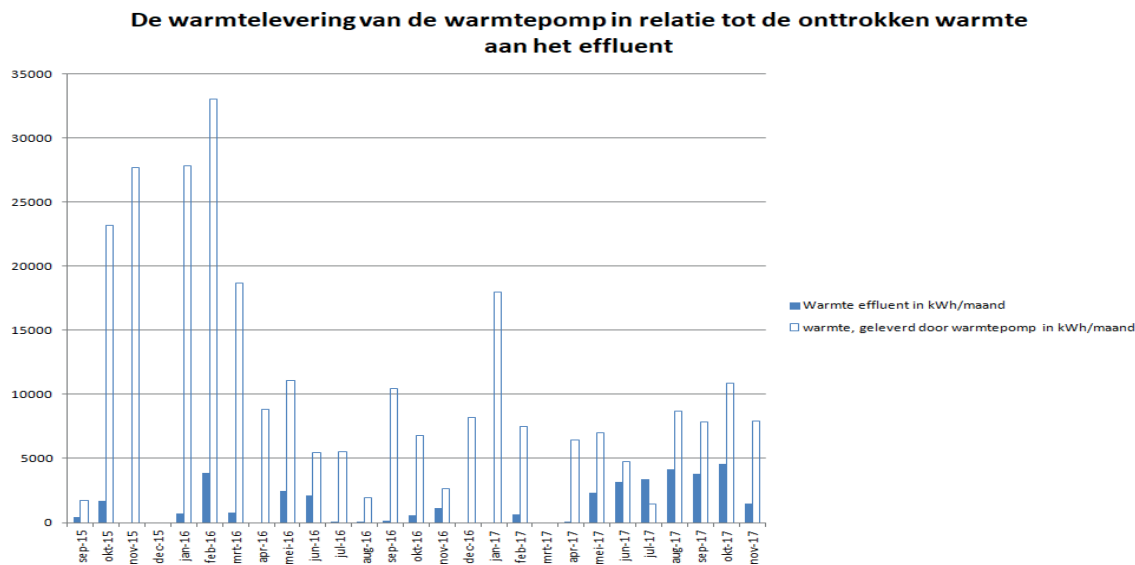
De warmte onttrekking aan het effluent als bron voor de warmtepomp is de eerste helft van 2017 verre van optimaal geweest. Figuur 4.5 geeft de hoeveelheid onttrokken warmte over de periode 1 december 2016 t/m 31 november 2017. Dit probleem heeft echter geen merkbare invloed gehad op de hoeveelheid warmte die door de warmtepomp is geleverd, zie figuur 4.6. De energiestroom (C.O.P.) van de warmtepomp zonder 'auxiliaries' (bron- en circulatiepompen) is hoger dan in 2014 (zie [1]). Dit zou verklaard kunnen worden door de hoge bodemtemperatuur die ontstaat ten gevolge van de scheve bodembalans: op jaarbasis veel meer vrije koeling (waardoor de bodemtemperatuur stijgt) dan onttrekking van warmte via de warmtepomp (waardoor de bodemtemperatuur daalt).

FIGUUR 4.5 WARMTE, ONTTROKKEN AAN HET EFFLUENT VIA DE WARMTEWISSELAAR (TSA).



In figuur 4.6 is duidelijk te zien dat de regeling rondom de TSA er blijkbaar voor zorgt dat relatief weinig van het effluent gebruik wordt gemaakt. Dit kan niet verklaard worden uit temperatuur- en debietschommelingen gedurende de onderzoeksperiode. In de beoordeling van de energiestaat is als “optimalisatie” meegenomen het gemiddelde van de periode juni t/m november omgeslagen als gemiddeld voor de gehele onderzoeksperiode.

FIGUUR 4.6 WARMTE ONTTROKKEN AAN HET EFFLUENT VERSUS WARMTELEVERING DOOR DE WARMTEPOMP



In Figuur 4.6 is te zien dat het effluent een relatief geringe bijdrage aan de warmtelevering van de warmtepomp levert. Alleen in de maanden juni t/m oktober blijkt dit wel substantieel en vermoeden wij dat het systeem naar behoren heeft gefunctioneerd. Kennelijk krijgt de bodembron in de regeling van de TSA een hogere prioriteit dan het effluent.

Nota bene;

Alleen in de maanden juni t/m oktober blijkt de warmtelevering vanuit het effluent substantieel. In deze maanden is het volledige debiet door de warmtewisselaar gevoerd, maar hieruit werd slechts een beperkte hoeveelheid warmte teruggewonnen. In 2014 was de uittredende temperatuur van het effluent ca. 8 graden, terwijl dit in 2017 15 graden bedroeg. Vermoed wordt dat het systeem naar behoren heeft gefunctioneerd. Kennelijk krijgt de bodembron in de regeling van de TSA een hogere prioriteit dan het effluent.

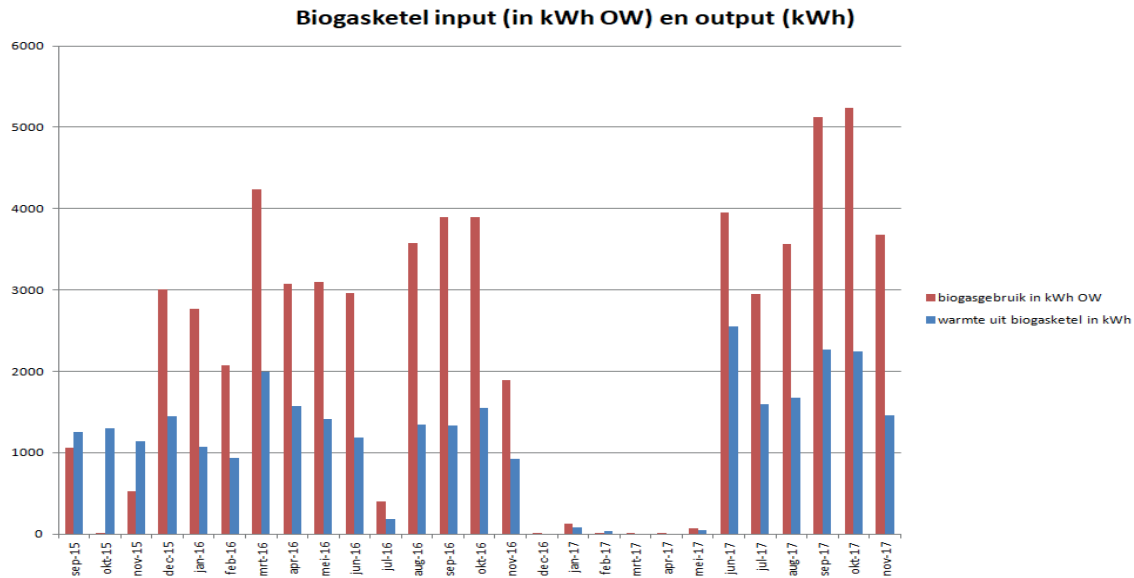
Verder is uit figuur 4.6 op te maken dat de totale hoeveelheid geleverde warmte vanuit de warmtepomp in de periode oktober 2015 – maart 2016 significant hoger is (>400% meer) dan dezelfde periode een jaar later. Een vergelijking met de resultaten uit 2014 toont dat de totale warmte geleverd door de warmtepomp is afgenomen. In 2014 werd 83.411 kWh aan netto warmte geproduceerd met de bodem als bron en 33.411 kWh met het effluent als bron. De totale netto warmteproductie door de warmtepomp komt daarmee op 116.822 kWh terwijl dit in 2017 slechts 88.697 kWh betreft. Dit wordt mede veroorzaakt door een >50% lagere hoeveelheid warmte die wordt teruggewonnen uit het effluent in 2017 (23.536 kWh) ten opzichte van 2014, ondanks dat de hoeveelheid effluent meer dan vervijfvoudigd is. Hieruit lijkt een niet-optimale instellingen van zowel de warmtepomp als de warmtewisselaar op het effluent. Deze analyse maakte geen deel uit van de scope van het onderzoek en is daarom niet onderzocht en/of geverifieerd.

4.1.3 DEELBALANS BIOGAS – WARMTE UIT BIOGAS

De hoeveelheid biogas die gebruikt wordt door de biogasketel wordt gemeten, en ook de hoeveelheid warmte die de biogasketel levert. De gebruikte hoeveelheid biogas is echter niet gelijk aan de hoeveelheid geproduceerd biogas. Door storingen in de biogasketel is in de eerste

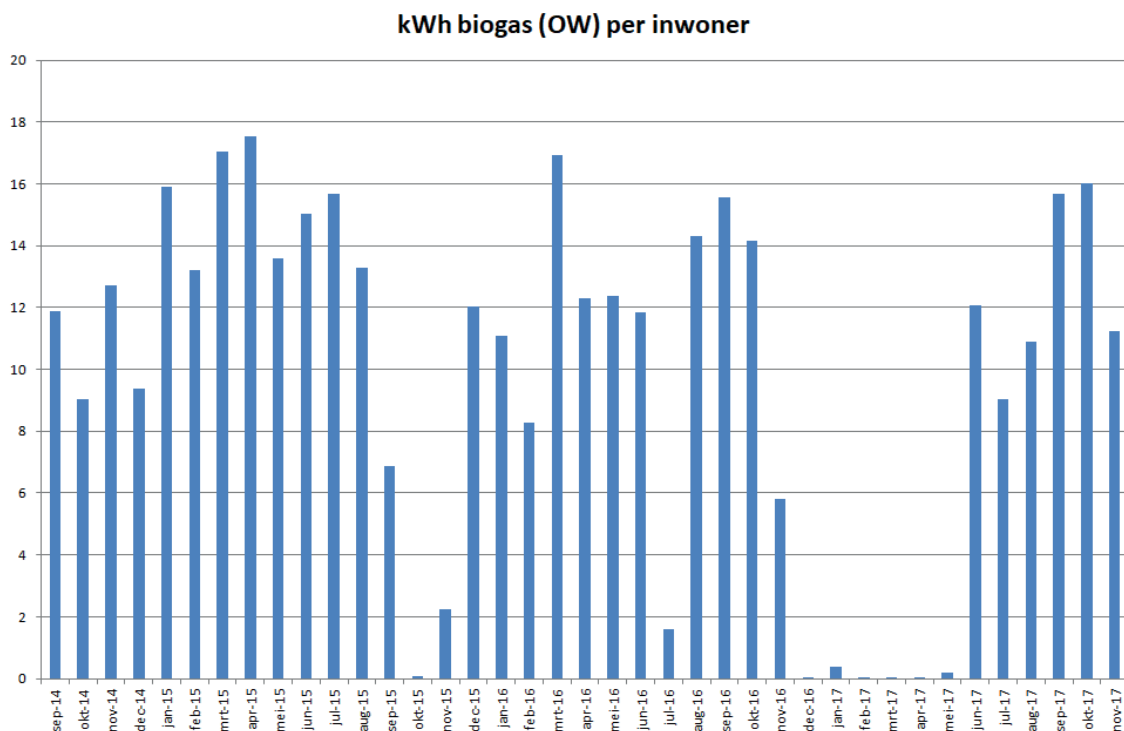
helft van 2017 geen biogas gebruikt, maar (uiteraard) wel geproduceerd. Er zijn veel storingen aan de biogasketel geweest, voornamelijk vanwege het vocht in het biogas. Daarnaast, het rendement van de biogasketel kan laag genoemd worden. Zie Figuur 4.7.

FIGUUR 4.7 BIOGAS INPUT EN GELEVERDE WARMTE DOOR DE BIOGASKETEL



Het rendement van de biogasketel is minder dan 50%. Uit de data blijkt dat in de periode december 2016 – mei 2017 het geproduceerde biogas voornamelijk is afgeblazen. Er wordt aangenomen dat het geproduceerde biogas in de periode juni 2017 – november 2017 volledig aan de biogasketel is geleverd.

FIGUUR 4.8 HOEVEELHEID GEBRUIKT BIOGAS PER INWONER, GEWAARDEERD OP ONDERWAARDE (OW)⁸



⁸ Bij waardering op onderwaarde neemt men de calorische verbrandingswaarde waarbij de condensatiewarmte van condenseerbare rookgassen niet benut wordt.

Aangenomen wordt dat in perioden met aanzienlijk biogasgebruik geen afblaas heeft plaatsgevonden. Het methaangehalte van het biogas is gemeten: 63% (volume procenten). Het valt op in figuur 4.8 dat de geproduceerde hoeveelheid gebruikt biogas per inwoner nauwelijks daalt bij toename van het aantal inwoners. Dat is opvallend aangezien de verblijftijd in de reactor daalt door het toegenomen debiet ten gevolge van meer inwoners. Bij daling van de verblijftijd verwacht men een lagere biogasopbrengst.

4.1.4 DE ELEKTRICITEITSBALANS

Er is in het onderzoekjaar december 2016 t/m november 2017: 96.931 kWh elektriciteit gebruikt. De elektriciteitsbalans ziet er als volgt uit :

TABEL 4.1

	totaal	WP1	WP2	Zuivering	pompen (WKO + circulatie)	Rest
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
dec-16	9.180	421	381	2.214	3.054	3.109
jan-17	11.776	924	863	2.214	3.514	4.260
feb-17	7.664	297	563	2.214	2.529	2.061
mrt-17	5.973	0	16	2.214	2.089	1.654
apr-17	7.211	281	386	2.214	2.892	1.437
mei-17	8.007	79	871	2.214	3.211	1.632
jun-17	7.387	38	1.021	2.214	2.942	1.171
jul-17	7.791	0	1.159	2.214	3.230	1.187
aug-17	8.260	0	1.610	2.214	3.315	1.121
sep-17	7.826	62	1.475	2.214	3.203	872
okt-17	8.651	382	1.397	2.214	3.215	1.443
nov-17	7.205	275	1.010	2.214	2.682	1.024
totaal	96.931	2.759	10.752	26.573	35.876	20.971

De zuivering gebruikt hiervan ruim 26.573 kWh/jaar (zwart waterbehandeling, grijs water behandeling en vacuüm systeem) en de warmtepompen 13.511 kWh/jaar. De bron- en circulatiepompen voor het HT en LT warmtesysteem tezamen gebruiken 35.876 kWh/jaar. Voor de restpost van bijna 21.000 kWh is geen verklaring.

Van de zuivering is uitsluitend het totale jaarverbruik bekend. Er is hier vanuit gegaan dat het verbruik uniform verdeeld is, dus 2.214 kWh per maand.

Vervolgens is het verbruik van de bron (WKO) en circulatie op basis van gedeeltelijk beschikbare data met betrekking tot warmtelevering - in GJ en m3 verpompt debiet - en tot koudelevering -idem- gesplitst in elektriciteitsverbruik dat toegekend kan worden aan LT warmte-circulatie en elektriciteitsverbruik dat aan HT circulatie kan worden toegekend. Daarnaast is het elektriciteitsverbruik van de bronpompen gesplitst aan een deel dat aan de LT warmte-productie kan worden toegekend en een deel dat aan de koudeproductie kan worden toegerekend. Onderstaande tabel geeft dit verbruik weer.

TABEL 4.2

1	Elektriciteit voor circulatie totaal (LT+HT)	25.064	kWh/jaar
2	Elektriciteit voor bronpompen koeling en verwarming	10.812	kWh/jaar
3	Elektriciteit voor bronpompen verwarming	2.610	kWh/jaar
4	Elektriciteit voor bronpompen koeling	8.202	kWh/jaar
5	Elektriciteit voor circulatie LT (warmtepomp)	2.080	kWh/jaar

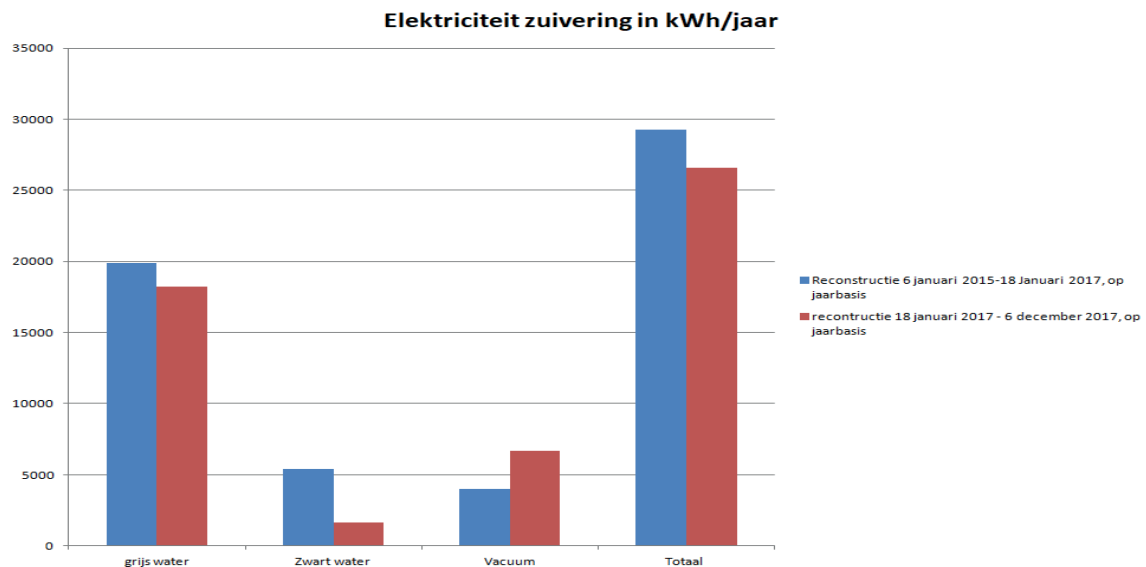
Het totale deel van het elektriciteit dat aan het oppompen van bronwarmte tbv de warmtepomp en het circuleren van de warmtepompwarmte kan worden toegekend bedraagt derhalve 4.690 kWh/jaar. Het bruto elektriciteitsverbruik dat aan de warmtepompfunctie incl. hulpbronnen kan worden toegekend bedraagt derhalve $13.511 + 4690 = 18.201$ kWh/jaar

Figuur 4.9 geeft het verbruik van de zuivering op jaarbasis voor twee verschillende perioden. De trend van verbruik van de waterbehandeling is dalend, het verbruik van de vacuüm installatie (transport) stijgt. Per saldo is het verbruik van zuivering inclusief vacuüm transport enigszins dalend.

Nota bene;

Binnen de reconstructie van 18 januari 2015 tot 18 januari 2017 is het aantal aangesloten inwoners gestegen. Omdat de grafiek het totale elektriciteitsverbruik van de zuivering per jaar laat zien, is dit uitgemiddeld over deze periode. Indien rekening wordt gehouden met de toename in aantal bewoners tussen de twee getoonde perioden, zou de afname in relatief energieverbruik van de zuivering per bewoner sterker zijn gedaald.

FIGUUR 4.9 ELEKTRICITEITSVERBRUIK ZUIVERING



4.2 DE ENERGIEBALANS VANUIT DE AANGELEVERDE DATA

TABEL 4.3 ENERGIEBALANS UIT MEETDATA – VOOR I.E. MOET GELEZEN WORDEN: INWONER

Zuivering, periode 1 december 2016 - 1 december 2017 uit meetdata				
aantal i.e	327			
Opwekrendement grijze stroom	0,40			
	m ³	GJ	kWh	kWh primair (grijze stroom) per i.
Aardgas inkoop (waardering op onderwaarde)	124.142,40	3.929,11	1.091.418,60	3.337,67
Elektriciteit inkoop			110.040,00	841,28
Elektriciteit algemeen schakelkast			35.876,00	
Elektriciteit Zuivering (reconstructie)			-26.573,21	-203,16
Elektriciteit voor grijswater behandeling			18.249,04	-139,52
Elektriciteit voor zwart water behandeling			1.639,24	-12,53
Elektriciteit voor vacuüm systeem			6.684,21	-51,10
Biogasproductie (63 % methaan, onderwaarde)	4.411,71	88.940,07	24.705,58	75,55
Geleverd door aardgas en biogasketel	3.828,10	3.828,10	1.063.361,11	
Geleverde warmte WP condensor		319,31	88.697,22	271,25
Geleverd warmte aan verdamper		238,08	66.133,33	202,24
E geleverd aan WP1			-2.759,00	-21,09
E geleverd aan WP2			-10.752,00	-82,20
Tekort in balans WP			9.052,89	27,68
COP excl pompen			6,56	
E geleverd aan circulatie- en bronpompen voor warmtepomp			-4.690,23	-35,86
COP incl circ/bronpompen			4,87	
Warmte door Zuivering geleverd aan LT systeem (TSA effluent)		84,73	23.536,11	71,98
Warmte, geleverd aan Zuivering uit HT systeem		-148,95	-41.374,00	-126,53
Warmte, geleverd aan ruimte zuivering (uit HT systeem)		-223,80	-62.165,92	-190,11
Warmte, geleverd door biogasketel aan HT systeem		43,00	11.944,44	36,53
Saldo energiebalans zuivering			-34.911,55	-312,15
Levering WKO koeling		1.139,05	316.402,50	967,59
Levering WKO warmte		99,15	27.541,94	84,23

In Tabel 4.3 is de kolom “kWh” rechtstreeks te relateren aan de meterstanden en de Sankey diagram van Figuur 4.1. In de kolom ernaast “kWh primair per inwoner” zijn deze getallen gedeeld door het aantal inwoners en grijze stroom input is gedeeld door het equivalent nationaal brandstofrendement (0,4). Voor de consistentie in deze tabel 4.3 is de inkoop van aardgas en elektriciteit over alle 327 inwoners omgeslagen. Het is echter duidelijk dat het deel van de totale aardgasinkoop dat toegerekend kan worden aan de warmtelevering aan de 62 appartementen veel hoger is dan aan de overige 248 inwoners. Deze laatste gebruiken slechts aardgas via de verwarming van de vergisting en de ruimteverwarming van de zuivering, geheel via de zuivering dus. Deze 248 inwoners hebben een eigen warmtevoorziening voor hun woningen die geheel losstaat van de zuivering.

Indien sprake is van externe energie input naar de zuivering dan heeft dit een negatief getal, geleverde energie vanuit de zuivering heeft een positief getal.

Zoals gesteld in voorgaande paragrafen hebben niet alle onderdelen van het energiesysteem goed gefunctioneerd, b.v. de TSA voor warmteonttrekking van het effluent en de biogasketel. Het zal duidelijk zijn dat deze invloeden de energiestatistiek van de zuivering nadelig beïnvloeden. Dit zou voorkomen kunnen worden door actief de energieverbruiken en -productie te monitoren op massa- en energiebalansen. Geconstateerde problemen dienen vervolgens door adequaat onderhoud, tijdig te worden verholpen.

Het saldo van de energiebalans (groene regel) is het verschil van de som van alle verbruiksposten (warmteverbruik vergister en elektriciteitsverbruik), in Tabel 4.3 de geel gemerkte posten, en de som van alle geleverde posten, in dit geval de geleverde warmte door de warmtepomp en (de verbrandingswaarde van) het biogas (lichtbruin). Dit saldo geeft de energiebehoefte van de zuivering excl. extern energiegebruik. Bij een positief saldo levert de zuivering energie, bij een negatief saldo kost het zuiveringsproces energie.

De resultaten in Tabel 4.3 zijn afgeleid van een totaaloverzicht van de energiestatistiek dat is gegeven in bijlage 1. Hierin zijn de resultaten in verschillende kolommen uitgezet:

- a) en b) vormen de conventionele, grootschalige zuiveringsreferenties
- c) en d) de gemeten en geëxtrapoleerde situatie in 2014
- e) en f) de gemeten en verbeterde situatie in 2017
- g) en h) de geëxtrapoleerde en geïnnoveerde situatie op basis van 2017

Hierin is dus kolom e) het resultaat van de gemeten data voor 2017. Het verbruik van de zuivering als geheel bedraagt 26.573 kWh/jaar. Deze post is opgebouwd uit: zwart water, grijs water en vacuüm systeem. Het vacuümsysteem vraagt 6.684 kWh/jaar, dus 20,4 kWh/i.e/jaar (zie kolom e) in bijlage 1). Het verschil met de laatste kolom in Tabel 4.3 (51,1 kWh primair/inwoner) wordt veroorzaakt door de deling door het brandstofrendement van de elektrische energievoorziening. De waterbehandeling zwart + grijs kost 19.888 kWh/jaar, dus 60,8 kWh/inwoner/jaar.

Om de zuivering van Sneek vergelijkbaar te maken met de referentie zuiveringen is in bijlage 1 het **extern** energieverbruik (waaronder ook het vacuüm transportsysteem valt) ondergebracht onder de post **Elektriciteit aanmaak water en transport** – zie bovenste regel van de tabel in bijlage 1.

Helaas blijft er een onverklaarde restpost in het elektriciteitsverbruik van bijna 21.000 kWh bestaan. De enige niet gemeten verbruikers zijn een verlichtingskast met enkele (Wand Contact Dozen).

Nota bene;

Een (gedeeltelijke) verklaring van de niet gemeten verbruikers is het aansluiten op deze kast van in elk geval een bouwkeet en mogelijk ook een daarop aangesloten complete bouwaansluiting. Het elektriciteitsverbruik van de circulatiepompen van het warmtesysteem is niet gemeten maar geschat. Deze onverklaarde restpost is in de analyse niet toegerekend aan het zuiveringssysteem.

In de vergelijking tussen de gemeten situatie in 2017 (kolom e)) en in 2014 (kolom c)) valt het volgende op:

- Het “saldo aanmaak water & transport” is gunstiger geworden.
- Voor de zuivering is fors minder warmte nodig maar er is een post voor het verwarmen van de ruimte bij gekomen t.o.v. 2017.
- De warmtepomp heeft een andere prestatie en inzet in beide perioden waardoor de beide perioden niet goed te vergelijken zijn.
- Er is minder biogas per inwoner nuttig aangewend.
- De energieprestatie als geheel is verbeterd.

4.3 DE ENERGIEBALANS VANUIT DATA, MET VERBETERINGEN

De energieprestatie vanuit de meetdata zoals in paragraaf 4.2 toegelicht, geeft een vertekend beeld van de mogelijke energieprestatie van de decentrale zuivering. Om die reden is gezocht naar de energieprestatie indien bovengenoemde problemen verbeterd zouden worden. Dit is als volgt geconstrueerd:

- Het gemiddelde gebruik van biogas in de maanden juni 2017 – november 2017 is verondersteld ook in de andere maanden van de onderzoeksperiode gebruikt te zijn.
- Dezelfde herberekening is ook toegepast op de hoeveelheid warmte die onttrokken is aan de effluentstroom via de TSA.
- De warmtelevering aan de zuiveringruimte is op nul gesteld. Deze levering was nodig voor het functioneren van een van de meetopnemers van Waterschoon (bron: Waterschoon). Discussabel blijft of de zuivering niet profiteert van deze - nu verwaarloosde - hoeveelheid warmte.

Nota bene;

De ruimteverwarming is nodig voor het functioneren van de reactoren, die niet geïsoleerd waren ten tijde van het onderzoek. Bij een toekomstige opzet is ruimteverwarming niet meer nodig. Deze warmtelevering is niet toegeschreven aan het zuiveringssysteem

Zoals uit Tabel 4.4 blijkt, stijgt de energieprestatie aanzienlijk als de verbeteringen worden doorgevoerd. De energiebehoefte van de zuivering daalt sterk ten gevolge van a) de toename van het biogasgebruik en b) het elimineren van de ruimteverwarming. In bijlage 1 is dit meer in detail uitgewerkt onder kolom f).

TABEL 4.4 ENERGIEBALANS ZUIVERING, UIT MEETDATA, MET VERBETERINGEN. VOOR I.E. MOET GELEZEN WORDEN: INWONER

Zuivering, periode 1 december 2016 - 1 december 2017 meetdata , zonder fouten				
aantal i.e	327			
Opwekrendement grijze stroom	0,40			
	m ³	GJ	kWh	kWh primair (grijze stroom) per i.
Aardgas inkoop (waardering op onderwaarde)	124.142,40	3.929,11	1.091.418,60	3.337,67
Elektriciteit inkoop			110.040,00	841,28
Elektriciteit algemeen schakelkast			35.876,00	
Elektriciteit Zuivering (reconstructie)			-26.573,21	-203,16
Elektriciteit voor grijswater behandeling			18.249,04	-139,52
Elektriciteit voor zwart water behandeling			1.639,24	-12,53
Elektriciteit voor vacuüm systeem			6.684,21	-51,10
Biogasproductie (63 % methaan, onderwaarde)	8.753,48	176.470,16	49.019,49	149,91
Geleverd door aardgas en biogasketel	3.828,10	3.828,10	1.063.361,11	
Geleverde warmte WP condensor		319,31	88.697,22	271,25
Geleverd warmte aan verdamper		238,08	66.133,33	202,24
E geleverd aan WP1			-2.759,00	-21,09
E geleverd aan WP2			-10.752,00	-82,20
Tekort in balans WP			9.052,89	27,68
COP zonder bron/circulatiepompen			6,56	
E geleverd aan circulatie- en bronpompen voor warmtepomp			-4.690,23	-35,86
COP met bron/circulatiepompen			4,87	
Warmte door Zuivering geleverd aan LT systeem (TSA effluent)		-148,95	-41.374,00	125,50
Warmte, geleverd aan zuivering uit HT systeem		-148,95	-41.374,00	-126,53
Warmte, geleverd aan ruimte zuivering (uit HT systeem)		0,00	0,00	0,00
Warmte, geleverd door biogasketel aan HT systeem		43,00	11.944,44	36,53
Saldo energiebalans zuivering			51.568,27	-47,69
Levering WKO koeling		1.139,05	316.402,50	967,59
Levering WKO warmte		99,15	27.541,94	84,23

5

INVLOED VAN INTERNE EN EXTERNE FACTOREN OP DE ENERGIEPRESTATIE

5.1 INVLOED VAN DE SCHAAL VAN ZUIVERING (AANTAL INWONERS)

Vergroten van het aantal inwoners heeft een gunstige invloed op het specifieke energiegebruik, met name het elektriciteitsgebruik voor beluchting omdat de huidige voorziening (blower) nog steeds te ruim is voor het aantal inwoners. Ook nemen de relatieve warmteverliezen van de reactor af met stijgend aantal inwoners. Dat geldt ook voor andere energiegebruiken die vooral van de capaciteit van de zuivering afhangen en minder van het aantal inwoners. Omdat bij een stijgend aantal inwoners de verblijftijd in de reactor afneemt, kan de specifieke biogasopbrengst dalen, zoals ook is berekend in de rapportage over systeemprestaties. Maar daar lijkt in de huidige situatie nog nauwelijks sprake van. Bijlage 1 laat zien dat de energieprestatie sterk verbetert door toename van het aantal inwoners, geheel conform de verwachtingen. De prestatie bij 327 inwoners (f) is ongeveer gelijk aan de energieprestatie als destijds in 2014 voorzien bij 533 inwoners. (d)

5.2 INVLOED VAN BESPARINGEN EN INNOVATIES OP DE ENERGIEPRESTATIE

Uiteraard hebben energiebesparingen grote invloed op de energieprestatie. Een deel van de innovaties in het zuiveringsproces leidt tot een lager energiegebruik. Een ander deel kan bereikt worden door een uit oogpunt van energie efficiency verbeterd ontwerp. Te denken valt aan voorverwarming van influent door effluent via warmtewisseling, mogelijk versterkt met een warmtepomp. Dit is een elegante oplossing omdat het aanbod aan warmte en vraag naar warmte ongeveer even groot en gelijktijdig zijn. Uiteraard is het verbeteren van de isolatie van de reactor ook een goede optie. Zie hiervoor ook hoofdstuk 6.

5.3 INVLOED VAN EXTERNE BRONNEN

De energieprestatie wordt uiteraard ook beïnvloed door externe factoren, met name de bron van elektriciteitsopwekking. Als 100 % groene elektriciteit wordt gebruikt dan stijgt de energieprestatie aanzienlijk.

5.4 INVLOED VAN DE WARMTEPOMPCAPACITEIT

De nu aanwezige warmtepomp heeft een gunstige invloed op de (primaire) energieprestatie, omdat de bijdrage aan geleverde warmte groter is dan de elektriciteitsinzet, ook primair gerekend. Door de warmtepomp in capaciteit te laten groeien kan men de energieprestatie van de zuivering dus verbeteren. Echter, het effluent als bron van de warmtepomp is beperkt. Bij een grotere warmtevraag dan het effluent kan bieden, moet men de bodem als bron gaan gebruiken. Die heeft als zodanig niets met de zuivering te maken, uitsluitend met de toestand

van de bodem. De warmtepomp is in de huidige situatie dus deels op te vatten als een externe bron. Om die reden wordt de capaciteit van de warmtebron bij opschaling beperkt tot de huidige capaciteit die geleverd werd toen de warmtepomp zijn bronwarmte volledig vanuit de bodembron verkreeg. Zie hoofdstuk 6.

6

DE ENERGIEPRESTATIE VAN DE OPGESCHAALDE ZUIVERING

Gekeken is naar de effecten van opschaling van de huidige installatie bij 327 inwoners naar 1530 inwoners op de energieprestatie van deze zuivering. Daarnaast is beschouwd wat het effect kan zijn van het herontwerp en het toepassen van procesinnovaties bij gelijke opschaling.

6.1 OPSCHALING VAN DE HUIDIGE INSTALLATIE

Per post (zie bijlage 1) wordt geanalyseerd wat de effecten zullen zijn van opschaling:

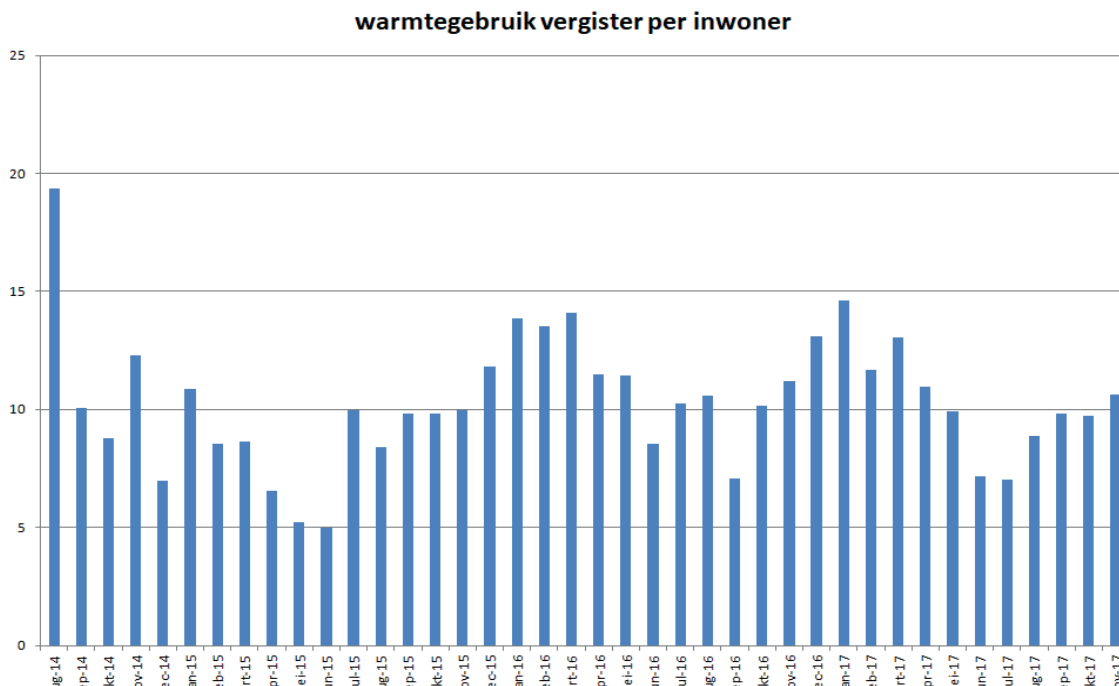
AANMAAK WATER EN TRANSPORT

Het is niet aannemelijk dat deze post wordt beïnvloed door de schaal van deze decentrale zuivering.

WARMTEVRAAG ZUIVERING

De warmtevraag van de vergister heeft de neiging constant te zijn per inwoner. Zie bijgaande figuur waarin er in de tijd inwoners bij zijn gekomen maar de warmtevraag gemiddeld ongeveer constant bleef. Waarschijnlijk is het warmtegebruik van de vergister (ook per inwoner) gevoelig voor de temperatuur van het influent, zie bijgaande figuur 6.1. Om die reden is het niet aannemelijk dat dit warmtegebruik per inwoner gaat dalen bij een toenemend aantal inwoners.

FIGUUR 6.1 WARMTEGEBRUIK VERGISTER, PER INWONER



WARMTEPRODUCTIE WARMTEPOMP

Zoals eerder aangegeven, wordt de capaciteit van de warmtepomp in essentie begrensd door de capaciteit van de twee bronnen, het effluent en de bodembron. Op grond van de warmtehuishouding is het aannemelijk dat de hoeveelheid onttrokken warmte aan het effluent per inwoner gelijk blijft, en dat de bodembron een absolute beperking heeft. Hier is uitgegaan dat de maximale capaciteit van de bodembron gelijk is aan de capaciteit die gebleken is in de periode dat de TSA in de effluent nauwelijks warmte kon leveren. Deze maximale broncapaciteit bedraagt 42597 kWh/jaar en de capaciteit van deze bodem bron per inwoner daalt uiteraard proportioneel met de stijging van het aantal inwoners. Op grond daarvan – bij gelijkblijvende C.O.P. – is de warmtepompcapaciteit beperkt tot 176,7 kWh/jaar per inwoner bij 1530 inwoners, zie bijlage 1, kolom g). Wellicht moet hiervoor de capaciteit van de TSA en de warmtepomp wel vergroot worden.

De geleverde warmte door de warmtepomp per inwoner daalt dus, en daarmee uiteraard ook de elektriciteitsbehoefte van de warmtepompen per inwoner.

BIOGAS PRODUCTIE

De biogasproductie is aanzienlijk, namelijk 149,9 kWh/jaar per inwoner. Dat is wat hoger dan toen de zuivering 79 inwoners bediende. Waar dat precies aan te danken valt, is onduidelijk. Het is niet aannemelijk dat de biogasproductie per inwoner verder stijgt. Eerder zal dit licht dalen, zoals ook berekend door Waterschoon. Op grond daarvan wordt hier gelijkblijvende biogasproductie per inwoner aangehouden.

ELEKTRICITEIT WATERBEHANDELING

De beluchting van het grijs water is dé dominante energieverbruiker van de zuivering, zie bijlage 1. In overleg met Waterschoon is uitgegaan van het feit dat bij 1533 inwoners zeer waarschijnlijk een extra blower nodig is. Hiermee verdubbelt het absolute elektriciteitsgebruik, en daalt het specifieke (per inwoner) elektriciteitsverbruik tot minder dan de helft door de toename van 327 inwoners naar 1533 inwoners. Het elektriciteitsverbruik van het zwartwater is al laag. Aangenomen wordt dat dit gelijk blijft.

Nota bene;

Bij gelijkblijvend beluchtingsdebiet en d.m.v. een slimme sturing van de blowers en/of hoog-rendement blowers zou een energiegebruik van 13 kWh/jaar/inwoner kunnen worden behaald. Dit is niet onderzocht en/of geverifieerd in het kader van dit onderzoek.

6.2 OPSCHALING VAN DE HERONTWORPEN INSTALLATIE, MET INNOVATIES

De effecten van innovaties zijn met grote onzekerheid omgeven, omdat de energie effecten van op stapel staande innovaties in de zuiveringstechniek vaak onderbelicht blijven (men is meer gericht op het zuiveringsresultaat als zodanig). Ook valt het herontwerp van zuiveringsinstallaties ver buiten het kader van dit onderzoek. Niettemin wordt een poging gewaagd om de energieprestatie van een zodanig geïnnoveerd systeem in te schatten. Deze resultaten zijn in bijlage 1 te vinden onder kolom h).

AANMAAK WATER EN TRANSPORT

Het is aannemelijk dat deze post wordt beïnvloed door de schaal van deze decentrale zuivering door verbeterde vacuümsystemen en betere keukengrinders. Een en ander is reeds aangenomen in de Saxion rapportage van 2014 [1]. Het specifiek verbruik van deze post daalt van 42,8 kWh/jaar/inwoner naar 29,9 kWh/jaar/inwoner.

WARMTEVRAAG ZUIVERING

De warmtevraag van de vergister kan verder dalen door warmteterugwinning, met of zonder warmtepompen, het beter isoleren van de vergister en verbetering van het reactorontwerp. Destijds (rapportage 2014) is de minimum warmtevraag van de vergister op 50 kWh/jaar/inwoner vastgesteld, in samenspraak met Waterschoon.

WARMTEPRODUCTIE WARMTEPOMP

Hiervoor geldt hetzelfde als bij de 'normale' opschaling tot 1533 inwoners (hoofdstuk 6.1). Een sterke verbetering van het toegepaste type warmtepomp wordt niet verwacht, wel de kosteneffectiviteit door prijsdalingen. Wellicht gaan de maatregelen om de warmtevraag van de zuivering te verminderen ten koste van de hoeveelheid die nog aan het effluent kan worden onttrokken.

BIOGAS PRODUCTIE

Zoals in hoofdstuk 4.3 gesteld, is de biogasproductie aanzienlijk, namelijk 149,9 kWh/jaar per inwoner. Verdere verbetering is niet aannemelijk. Zie ook de opmerkingen bij de 'normale' opschaling bij hoofdstuk 6.1.

ELEKTRICITEIT WATERBEHANDELING

Destijds (Saxion rapportage 2014) is uitgegaan van een verbruik van 18 kWh/jaar/inwoner bij een geoptimaliseerde zuivering. Dit getal zal ook worden aangehouden voor de geoptimaliseerde opschaling met innovaties naar 1530 inwoners. Het verbruik van het zwart watersysteem blijft gelijk op 5 kWh/jaar/inwoner. Dit betekent dat het verbruik van de beluchting moet dalen van 23,9 kWh/jaar/inwoner naar 13 kWh/jaar/inwoner, ongeveer hetzelfde specifieke verbruik als van de beluchting bij grootschalige zuivering. Wellicht is dit reeds bereikbaar met een slimme sturing van de blowers en hoogrendement blowers, uiteraard bij gelijk beluchtingsdebiet. Wellicht is ook het benodigde drukverschil over de beluchting te verminderen.

7

DE ENERGIEPRESTATIE VAN DE ZUIVERING IN 2017

Het belangrijkste resultaat van dit onderzoek is de energieprestatie van de zuivering Sneek Noorderhoek in 2017 (bijlage 1, kolom e): het beeld verkregen uit meetdata en f): gecorrigeerd n.a.v. geconstateerde problemen).

De energieprestatie wordt beïnvloed door het feit of de gebruikte elektriciteit 'grijs' (met fossiele brandstoffen) of 'groen' (duurzaam) wordt opgewekt. Het saldo van de energiebalans - voor grijze of groene elektriciteit - en daarmee de energieprestatie wordt aangegeven in de geel gemarkeerde regels in bijlage 1.

In bijlage 1 wordt de energieprestatie vergeleken met de energieprestatie van deze zuivering in 2014 met een relatief gering aantal inwoners (79, kolom c) en de extrapolatie van die energieprestatie naar 533 inwoners (kolom d).

Deze energieprestatie kan vergeleken worden met referentie installaties: de conventionele RWZI van Deventer met 100.000 i.e. (kolom a) en de innovatieve aerobe zuivering met Nereda technologie (kolom b 30.000 i.e.). Tenslotte is de huidige zuivering 'op papier' opgeschaald naar 1530 inwoners (kolom g) en op die opschaling zijn vervolgens enkele "innovaties" doorgevoerd zoals omschreven in paragraaf 6.2, resulterend in kolom h.

7.1 ANALYSE VAN DE ENERGIEPRESTATIE

Allereerst valt op bij de huidige zuivering dat de invloed van de geconstateerde problemen groot is, vergelijk daartoe kolom e met kolom f. Indien de geconstateerde problemen worden opgelost dan laat kolom f zien dat de energieprestatie een factor 3,5 verbeterd kan worden. In dat geval is de energieprestatie vergelijkbaar of beter dan beide referenties. Daarnaast valt op dat de huidige zuivering indien verbeterd bij slechts 327 inwoners ongeveer gelijk scoort als in 2014 werd voorzien bij 533 inwoners.

In geval van verdere 'lineaire' opschaling tot 1530 inwoners gaat de zuivering beter presteren dan beide referenties, zie kolom g. Nog grotere verbetering is mogelijk door het doorvoeren van een aantal innovaties, zie kolom h.

De toegepaste warmtepomp heeft een belangrijke functie bij het verhogen van de energieprestatie van de zuivering Sneek Noorderhoek. Om die reden bevat de tabel (laatste regels) de energieprestatie indien geen warmtepomp zou zijn toegepast. Daaruit blijkt dat deze warmtepomp nodig is om de energieprestatie van de referenties te overtreffen. Alleen de verbeterde, opgeschaalde en geïnnoveerde zuivering heeft zonder warmtepomp een betere energieprestatie dan de referenties. Dit wordt veroorzaakt doordat de warmtepomp met een betrekkelijk geringe elektriciteitsinzet de warmte uit effluent en de bodem nuttig en 'verkoopbaar' maakt.

Ook is te zien dat kolom h de enige variant van de zuivering is die netto energie levert. Daar is wel een warmtepomp voor nodig.

Uiteraard ziet de energieprestatie met groene elektriciteit er een stuk beter uit, voor alle zuiveringen. Vooral zuiveringen met een relatief hoog elektriciteitsgebruik en een hoge warmtelevering via de warmtepomp profiteren van groene elektriciteit. Omdat ook groene elektriciteit geld kost en schaars is, is het de vraag of het verstandig is energie-intensieve zuiveringen te 'vergroenen'. Beter is, om eerst het elektriciteitsverbruik te minimaliseren.

8

OVERZICHT VAN DE RESULTATEN

De energieprestatie van de huidige decentrale zuivering is afhankelijk van:

- De belasting van de zuivering
- De mate waarin fouten in de zuivering zijn geëlimineerd
- De mate waarin de installatie is geoptimaliseerd middels herontwerp en toepassing van innovaties

De energieprestatie van de decentrale installatie Waterschoon worden weergegeven in de tabel in bijlage 1. Deze tabel plaatst de energieprestatie van Waterschoon in een ontwikkelingscontext, een belastingscontext en in een innovatiecontext, en vergelijken de energieprestatie van Waterschoon met grootschalige referentiezuiveringen.

Kolom a) en b) geven de energieprestatie van de grootschalige referentie installaties.

Kolom c) geeft de energieprestatie zoals in 2014 is vastgesteld bij 79 inwoners.

Kolom d) geeft de opgeschaalde resultaten naar 533 inwoners vanuit deze vastgestelde energieprestatie bij 79 inwoners (kolom c).

Kolom e) in tabel i geeft de energieprestatie van de zuivering over de periode december 2016 – december 2017 zoals opgemaakt uit de aangeleverde energiedata, bij een belasting van 327 inwoners.

Kolom f) in tabel i geeft de energieprestatie bij gelijke belasting na het elimineren van de evidente fouten in het systeem.

Kolom g) geeft de berekende energieprestatie bij opschaling van de foutloze zuivering (kolom f), 327 inwoners) naar 1530 inwoners. Deze energieprestatie is leidend in de beoordeling van Waterschoon 2017.

Tot slot geeft kolom h) de berekende energieprestatie van de naar 1530 inwoners opgeschaalde zuivering met toepassing van een geoptimaliseerd ontwerp en het toepassing van een aantal zuiveringsinnovaties. Met nadruk moet gesteld worden dat het hier gaat om de energieprestatie eventueel zou kunnen behalen als alle verwachtingen mbt optimalisering en innovaties bewaarheid worden.

De energieprestatie wordt, naast belasting, fouteliminaties en optimalisaties, sterk beïnvloed door het al dan niet toepassen van duurzame elektriciteit, zie tabel i. Daarnaast is in tabel i opgenomen wat het effect is van de warmtepomp die warmte aan het effluent en aan de bodem onttrekt. Zonder de aanwezigheid van deze warmtepomp - die lage temperatuur warmte levert aan een extern warmtesysteem - is de energieprestatie van de decentrale zuivering in alle gevallen aanzienlijk lager.

9

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Saxion heeft de vaststelling van de energieprestatie van het project Waterschoon opnieuw uitgevoerd voor 2017 na een eerdere analyse in 2014. De resultaten van de analyse zijn weer gegeven in bijlage 1.

De belangrijkste overall conclusie luidt:

- Lineaire opschaling van Waterschoon tot 1530 inwoners - met eliminering van twee evidente fouten - verbetert de energieprestatie tot -69,8 kWh primair /inwoner/jaar. Dit is een betere energieprestatie dan de energieprestatie van beide grootschalige referentie zuiveringsinstallaties.

In de vergelijking tussen de gemeten situatie in 2017 (kolom e) en in 2014 (kolom c) valt het volgende op:

- Het "saldo aanmaak water & transport" is gunstiger geworden.
- Voor de zuivering is fors minder warmte nodig maar er is een post voor het verwarmen van de ruimte bij gekomen t.o.v. 2017. Dit blijkt om het warm houden van de ruimte te gaan voor het storingsvrij functioneren van een bepaalde meetinstallatie.
- De warmtepomp heeft een andere prestatie en inzet in beide perioden waardoor de beide perioden niet goed te vergelijken zijn. In het algemeen wordt de warmtepomp als warmteleverancier te weinig ingezet en wordt het effluent van de zuivering te weinig gebruikt als bron. Dit zou sterk kunnen verbeteren.
- Er is minder biogas per inwoner nuttig aangewend dan in 2014, de biogasketel heeft vaak langdurig last van storingen.
- De energieprestatie als geheel is verbeterd en was voor 327 inwoners in 2017 zelfs beter dan de verwachte prestatie voor 533 inwoners op basis van de analyse in 2014.

De analyse naar details van de geconstateerde problemen uit de verkregen data levert de volgende conclusies op:

- De geconstateerde problemen zijn als volgt: (1) een deel van het biogas is afgeblazen in de periode december 2016 tot mei 2017. (2) In ongeveer diezelfde periode is de energiewinning uit het effluent - bron voor de warmtepomp - lager geweest dan mogelijk. (3) De bodem die de warmtepompen als bron gebruikt is sterk in onbalans. Vermoedelijk kloppen de geladen en/of onttrokken hoeveelheid warmte niet. (4) Vanaf januari 2017 is de ruimte van de zuivering verwarmd omdat bepaalde meetapparatuur een temperatuur op kamertemperatuur eisen. Dit duurt tot op heden. Het gaat hier om een niet te verwaarlozen hoeveelheid warmte ten opzichte van de totale warmte omzet van de zuivering.
- De warmte die uit de bodem wordt onttrokken en door de warmtepompen als nuttige warmte wordt geleverd heeft strikt gezien niet zoveel met de zuivering te maken. Dat geldt uiteraard wel voor de warmte die aan het effluent wordt onttrokken. De opschaling naar 1530 inwoners gaat om die reden uit van zoveel mogelijk effluent warmte als bron voor de warmtepomp.

- Door oplossing van de problemen met de biogasketel en het geringe gebruik van het effluent als bron voor de warmtepomp, is een aanzienlijke verbetering van de energieprestatie mogelijk, van -368 kWh naar -103 kWh primair/inwoner/jaar. Dit kan worden bereikt door een geschiktere biogasketel, adequate monitoring van de warmtepomp en mogelijk het herontwerp van de regeling rondom de bronnen voor de warmtepomp. Een negatieve energieprestatie geeft aan dat het zuiveren energie kost, een positieve energieprestatie geeft aan dat zuiveren energie oplevert.
- Gaan we uit van de meetdata en bovenstaande verbeteringen dan is de energieprestatie van de huidige decentrale zuivering iets minder dan van de grootschalige referentie zuivering Deventer (-103,7 kWh primair /inwoner/jaar, ten opzichte van -89,9 kWh primair/inwoner/jaar) maar beter dan van de middelgrote zuivering zonder vergisting - de energieprestatie van Verdygo Nereda bedraagt -122,7 kWh primair /inwoner/jaar.
- Vergaande verbeteringen zullen moeten komen van herontwerp en procesinnovatie.
- De warmtepomp vervult een cruciale rol in het bereiken van een goede energieprestatie. Met de warmtepomp kunnen duurzame bronnen (effluent en bodem) in nuttige warmte worden omgezet. Zonder warmtepomp heeft alleen de verbeterde, opgeschaalde (naar 1530 inwoners), én geïnnoveerde decentrale zuivering een betere energieprestatie dan de referenties.
- De elektriciteitsbalans vertoont een 'gat' van bijna 21.000 kWh/jaar – bij een totaalverbruik van ruim 96.000 kWh per jaar. De elektriciteit die nodig is voor de bronpomp en de circulatiepompen rond de warmtepomp (4.690 kWh/inwoner/jaar) is door reconstructie uit de beschikbare data met betrekking tot pompen en het elektriciteitsverbruik van alle pompen tezamen tot stand gekomen. Hiermee wordt het inzicht in de bijdrage van de warmtepomp aan de energieprestatie verbeterd.

Aanbevelingen:

- Met de aangeleverde data was het niet mogelijk sluitende energiebalansen op te stellen. Met name de energiebalans rond de warmtepomp inclusief bronnen en de balans rond de biogasinzet vertoont gebreken. Gedurende de monitoring zijn de energiebalansen niet gecontroleerd, waardoor eventuele afwijkingen in de meetapparatuur of het afwijkend functioneren van de procesapparatuur niet konden worden vastgesteld. Aanbevolen wordt om voor een volgende energieanalyse de monitoring voorafgaand aan de meetperiode volledig op orde te hebben zodat een sluitende energiebalans kan worden opgesteld.
- Aanbevolen wordt, deze balansen in de toekomst online op te stellen en te controleren. Op deze manier wordt het mogelijk ook de energieprestatie van de zuivering te volgen en zo nodig te verbeteren.

10

DISCUSSIE EN VERDERE ADVISERING

Dit rapport is tot stand gekomen door alle beschikbare meetdata te analyseren. Omdat de data op sommige punten incompleet zijn, en de energiebalansen mede daardoor niet sluitend zijn, is er geen absolute zekerheid over de resultaten en de energieprestatie. Er is 'geroeid met de beschikbare riemen'. Aangegeven werd in dit rapport, dat het online controleren van de energiebalansen mogelijk is, en dat online vaststellen van de energieprestatie het snel en effectief corrigeren van de installatie mogelijk maakt.

Uit de resultaten van dit onderzoek in 2014 en 2017 blijkt dat het van groot belang is dat decentrale zuiveringen goed gedimensioneerd worden. Overdimensionering leidt tot een onnodig hoog energiegebruik. Verder is het van groot belang dat de installaties zoals de biogasketel, warmtepomp en TSA van de warmtepomp, goed gemonitord en onderhouden worden en dat ingegrepen wordt wanneer uit de monitoring valt op te maken dat de beoogde energieprestatie niet wordt behaald. Het is verstandig de energieprestatie meer expliciet te wegen in het ontwerpproces en de monitoring van de zuivering, naast uiteraard kosten en zuiveringsresultaat.

Er is veel effort gestoken in het ontwerp en realiseren van een energiezuinig systeem, maar zo'n 20% van de ingekochte elektriciteit kan niet herleid worden naar gebruikers. In de bedrijfsvoering van de installatie blijft scherpste van belang: het verwarmen van een heel gebouw tbv een enkele meting is een bijzondere keuze.

Het onttrekken van warmte aan de zuivering blijkt belangrijk voor de energieprestatie van de zuivering. Het is wel van belang dat deze warmte nuttig moet worden gebruikt om daadwerkelijk bij te dragen aan duurzaamheid. Bovendien wordt gebruik gemaakt van een bron (de bodembron) voor de warmtepomp die niet aan de zuivering worden onttrokken. De vraag is, of de inzet van deze bron aan de energieprestatie van de zuivering mag worden toebedeeld.

Het lijkt erop, dat de combinatie van decentrale zuivering en centrale warmtevoorziening in deze vorm niet zo goed bij elkaar past als aanvankelijk werd gedacht, de Sankey maakt dit overduidelijk. Dit heeft primair te maken met het ontwerp en de operatie van het huidige warmtesysteem. Dit is inefficiënt door de hoge warmteverbruiken en door het maar zeer beperkt inzetten van duurzame bronnen (ongeveer 8 % van de totale warmtelevering).

Wanneer het centrale warmtesysteem en de zuivering worden losgekoppeld, kan de gewonnen warmte uit het effluent en het gewonnen biogas ingezet worden voor de energievoorziening van de decentrale zuivering zelf. In eerste instantie kan de warmtevraag van de reactor met warmte uit biogas worden voorzien. De zuivering is dan autotherm. Ook passen de continue vraag en het continue aanbod van warmte resp. biogas goed bij elkaar. De benodigde elektriciteit voor de zuivering kan jaarrond uit de PV panelen op het dak van de zuivering – dat hiervoor groot genoeg is - worden verkregen, waardoor ook de elektriciteitsvoorziening (energie)

neutraal is, in elk geval op de jaarbalans. De zuivering als geheel is hiermee energieneutraal. Het spreekt voor zich dat deze aanpak van decentrale zuivering juist goed past bij die omstandigheden waarin de infrastructuur voor aardgas, water, afvalwater en elektriciteit gebrekkig zijn of ontbreken. De kennis die in dit project te Sneek Noorderhoek is ontwikkeld kan hiervoor ingezet worden.

In tweede instantie kan de warmte uit het effluent via een warmtepomp gebruikt worden voor de verwarming van de reactor. Ook hier passen vraag en aanbod kwantitatief goed, ook in de tijd, waardoor buffering overbodig is. Het biogas kan dan vervolgens gebruikt worden voor kookgas in de wijk. Daarmee wordt de zuivering energieleverend. Voor het aandrijven van deze interne warmtepomp is een geringe uitbreiding van het aantal PV panelen op het dak van de zuivering nodig, maar ook mogelijk gezien het beschikbare dakoppervlak. Ook hier passen de continue productie van biogas en het jaarrond gebruik van kookgas goed bij elkaar. Eventuele warmtepompen voor huishoudelijk gebruik passen – zeker bij nieuwbouw – beter bij decentrale toepassing, in ‘nul op de meter’ woningen met een ‘all electric’ infrastructuur. Deze woningen winnen warmte terug uit hun eigen douchewater. Dit gaat niet of nauwelijks ten koste van het zuiveringsresultaat en de energieprestatie van de zuivering omdat vooral de bodemtemperatuur bepalend is voor de temperatuur van het influent (grijs en zwart).

Deze aanpak hoeft qua exploitatie niet duurder te zijn dan de gekozen aanpak in Sneek Noorderhoek, en is zekere duurzamer en dus beter passend bij het energieakkoord dat vele partijen met de Nederlandse overheid hebben gesloten (incl. ‘Parijs’) . Maar dit kan geconstateerd worden met de kennis van nu....

11

LITERATUUR

- [1] Energieanalyse Decentrale sanitatie Noorderhoek, Sneek, Rapportage Saxion augustus 2014
- [2] Rekensheet Excel Energiebalans Sneek Noorderhoek uit meetdata - Saxion
- [3] Update Waterschoon Sneek Noorderhoek, 19 oktober 2017

BIJLAGE 1⁹

OVERZICHT VAN RESULTERENDE ENERGIEPRESTATIES

		a) Conventionele zuivering met vergisting en WKK, 100.000 i.e. (Deventer)	b) Verdygo Nereda zuivering zonder vergisting, 30.000 i.e. (Simpelveld)	c) Sneek Noorderhoek 79 i.e.	d) Sneek Noorderhoek 533 i.e.	e) Sneek Noorderhoek 327 i.e.	f) Sneek Noorderhoek 327 i.e.	g) Sneek Noorderhoek 1530 i.e.	h) Sneek Noorderhoek 1530 i.e. geoptimaliseerd en geïnoveerd
	Eenheid	gemeten	gemeten	gemeten 2014	berekend effect: van 79 i.e naar 533 i.e 2014	gemeten 2017	gemeten 2017, verbeterd	berekend effect naar 1530 i.e.	berekend effect naar 1530 i.e. en geïnoveerd
Elektriciteit aanmaak water & transport									
Grijs water - drinkwater aanmaak & transport	kWh _e /i.e/jaar	-23,0	-23,0	-13,9	-13,9	-13,9	-13,9	-13,9	-13,9
Grijs water - afvalwater afvoer	kWh _e /i.e/jaar	-5,1	-5,1						
Zwart water & grinder water - drinkwater aanmaak en transport	kWh _e /i.e/jaar			-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5
Zwart water -vacuum systeem incl. grijs water transport	kWh _e /i.e/jaar	0,0	0,0	-28,2	-28,2	-20,4	-20,4	-20,4	-12,0
Keukengrinder	kWh _e /i.e/jaar	0,0	0,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-1,5
Saldo Aanmaak Water & Transport totaal	kWh _e /i.e/jaar	-28,1	-28,1	-50,6	-50,6	-42,8	-42,8	-42,8	-29,9
Warmte									
vergister	kWh _{th} /i.e/jaar	-5,5	0,0	-235,6	-154,3	-126,5	-126,5	-126,5	-50,0
Grijs water	kWh _{th} /i.e/jaar			-41,7	-6,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Warmtevraag zuivering	kWh _{th} /i.e/jaar	-5,5	0,0	-277,3	-160,5	-126,5	-126,5	-126,5	-50,0
Warmtevraag zuiveringsruimte (tijdelijk)					0,0	-190,1	0,0	0,0	0,0
warmteproductie warmtepomp	kWh _{th} /i.e/jaar			476,8	476,8	271,2	271,2	176,7	176,7
Warmte , onttrokken met TSA	kWh _{th} /i.e/jaar					72,0	125,5	125,5	125,5
Warmte, te onttrekken aan bodembron	kWh _{th} /i.e/jaar					130,3	76,7	27,8	27,8
Saldo Warmte totaal	kWh _{th} /i.e/jaar	-5,5		199,6	316,3	-45,4	144,7	50,2	126,7
Saldo Warmte totaal zonder warmtepomp				-277,3	-160,5	-316,6	-126,5	-126,5	-50,0
Elektriciteitsbehoefte warmtepomp	kWh _e /i.e/jaar			-105,6	-105,6	-41,32	-41,32	-26,92	-26,92
Elektriciteitsbehoefte bron- en circulatiepompen warmtepomp	kWh _e /i.e/jaar					-14,34	-14,34	-9,34	-4,67
Saldo Elektriciteit Warmtepomp + bron/circulatiepomp	kWh _e /i.e/jaar			-105,60	-105,60	-55,66	-55,66	-36,26	-31,59
Biogas productie									
GF transport	kWh _e /i.e/jaar		-0,4						
Biogas GF, als GF centraal vergist wordt	kWh _e /i.e/jaar		72,8						
Biogas	kWh _e /i.e/jaar	60,6		133,4	133,4	75,6	149,9	149,9	149,9
Saldo Biogas totaal	kWh _e /i.e/jaar	60,6		133,4	133,4	75,6	149,9	149,9	149,9
Elektriciteitsproductie WKK (wordt niet meegenomen)	kWh _e /i.e/jaar	24,24							
Dieseloliegebruik WKK RWZI	kWh _e /i.e/jaar	-3,3							
Saldo elektriciteit waterbehandeling totaal	kWh _e /i.e/jaar	-30,0	-21,0	-312,2	-64,3	-60,8	-60,8	-28,9	-18,0
Saldo biogas	kWh _e /i.e/jaar	60,6		133,4	133,4	75,6	149,9	149,9	149,9
Saldo totaal elektriciteit zonder warmtepompen		-58,0	-49,1	-362,8	-114,9	-103,7	-103,7	-71,7	-52,5
Saldo totaal elektriciteit met warmtepompen	kWh _e /i.e/jaar	-58,0	-49,1	-468,4	-220,5	-159,3	-159,3	-108,0	-79,5
Saldo totaal warmte	kWh _{th} /i.e/jaar	-5,5	0,0	199,6	316,3	-45,4	144,7	50,2	126,7
Saldo totaal Primair (conventionele elektriciteit, EG)	kWh _e /i.e/jaar	-89,9	-122,7	-838,0	-101,6	-368,1	-103,7	-69,8	78,0
Saldo totaal Primair (duurzame elektriciteit, ED)	kWh _e /i.e/jaar	55,1	0,0	332,9	449,7	30,2	294,6	200,1	276,6
Varianten Waterschoon									
Saldo totaal primair Waterschoon zonder warmtepompen (EG)	kWh _e /i.e/jaar	-89,9	-122,7	-1050,8	-314,4	-500,2	-235,8	-155,9	-31,4
Saldo totaal primair Waterschoon zonder warmtepompen (ED)	kWh _e /i.e/jaar	55,1	0,0	-143,9	-27,1	-241,1	23,4	23,4	99,9

9 In het geval van decentrale zuivering moet voor i.e. gelezen worden: inwoner.

