



Afvalwaterzuivering: Energie onder één noemer

Eindrapport Definitief

KWR 2011.034
30 maart 2011

KWR

Watercycle Research Institute



Mirabella Mulder
Waste Water Management

Afvalwaterzuivering: Energie onder één noemer

Eindrapport Definitief

KWR 2011.034
30 maart 2011

© 2011 KWR, Mirabella Mulder Waste Water Management
Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Colofon

Titel

Afvalwaterzuivering: Energie onder één noemer
Eindrapport Definitief

Projectnummer

A308634

Projectmanager

Mirabella Mulder (Mirabella Mulder Waste Water Management)

Opdrachtgever

Agentschap NL

Auteurs

Mirabella Mulder (Mirabella Mulder Waste Water Management)
Jos Frijns (KWR)

Projectteam

Marcel Hutjens, Hans van der Knaap (Agentschap NL)
Jack Jonk, Henri Maas (Waterschap Brabantse Delta)
Ad de Man (Waterschapsbedrijf Limburg)
Raphael Lazaroms (Unie van Waterschappen)
George Zoutberg (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier)
Reinoud Segers (CBS)

Met dank aan Jelle Roorda (MWH) en Rens Kolkhuis Tanke (Arcadis)

Inhoud

1	Inleiding	3
1.1	Aanleiding en achtergrond	3
1.2	Doelstelling	4
1.3	Abstractieniveau en afbakening	5
1.4	Werkzaamheden	6
1.5	Opbrengsten en rapportage	7
1.6	Leeswijzer rapport	7
2	Inventarisatie	9
2.1	Inleiding	9
2.2	Achtergronden en doelstellingen	9
2.3	Systeemgrenzen	12
2.4	Huidige uitvragen	13
2.5	Omrekenfactoren	13
3	Uitwerking rekenregels	21
3.1	Inleiding	21
3.2	Systeemgrenzen	21
3.3	Omrekening naar primaire energie	21
3.4	Opwekking energie uit biogas	22
3.5	Opwekking energie uit overige bronnen	23
3.6	Inname externe "afvalwatervreemde" stromen	23
3.7	Chemicaliëngebruik	23
3.8	Slibeindverwerking	24
4	Aanbevelingen	25
5	Bronnen	27
I	Bijlage: Samenvatting uitvragen MJA, CBS, BVZ en klimaatakkoord	29
II	Bijlage: Omrekeningsfactoren MJA-3	33
III	Bijlage: Voorbeelden gegevens CBS STATLINE	35
IV	Bijlage: Exergie en Anergie bij WKK	39

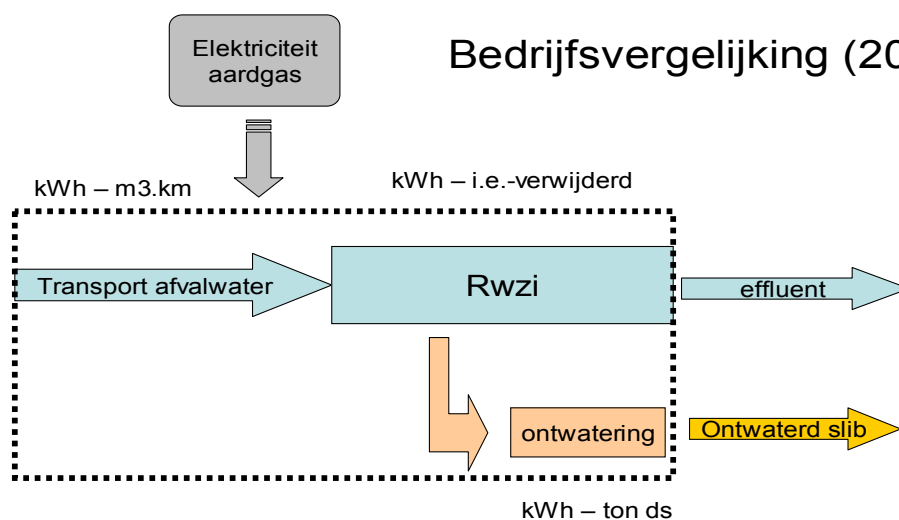
1 Inleiding

1.1 Aanleiding en achtergrond

Energie staat reeds langere tijd bij de Nederlandse Zuiveringsbeheerders in de belangstelling. In 2008 is door de sector de Meerjarensafpraak (MJA) energie-efficiency verbetering ondertekend, waarbij gestreefd wordt naar een besparing van 2 % per jaar in de periode 2005 tot en met 2020. In april 2010 is het klimaatakkoord ondertekend. Dit klimaatakkoord gaat verder dan de afspraken binnen de MJA aangezien hier eisen gesteld worden aan de zelfvoorzienendheid van de waterschappen door middel van een eigen duurzame energieproductie van 40% en het terugbrengen van alle broeikasgassen met 30% (niet alleen CO₂, maar ook lachgas en methaan). Daarnaast is er het initiatief van de Energiefabriek, waarbij gestreefd wordt om de energie-inhoud van het afvalwater zo efficiënt mogelijk te benutten. Inmiddels hebben 13 Waterschappen zich bij dit initiatief aangesloten.

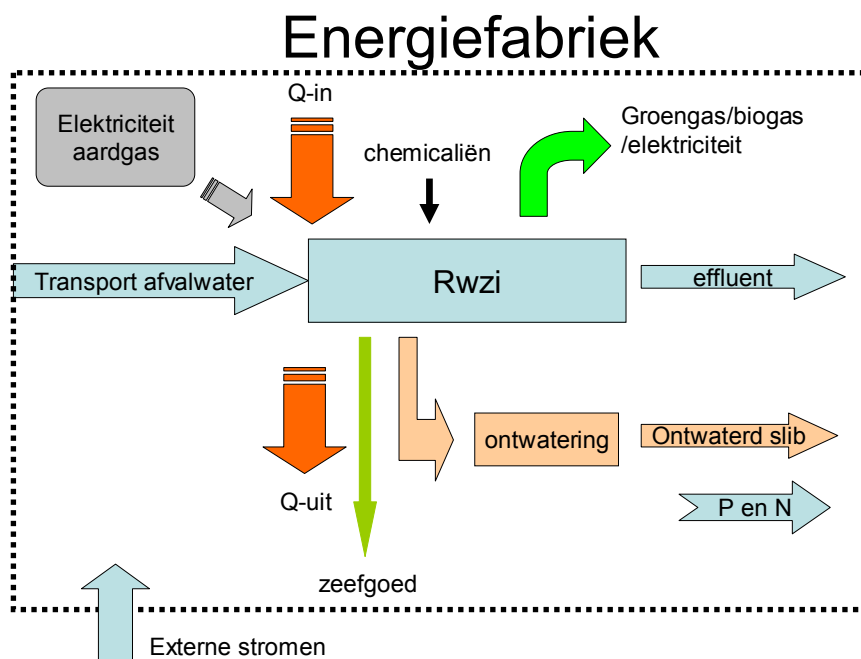
In toenemende mate worden de waterschappen betrokken bij initiatieven die verder gaan dan de primaire taak van afvalwaterzuivering en waterbeheer, maar in het licht van de energievraag in een maatschappelijk context wel relevant zijn. De zuiveringsbeheerders zoeken, al dan niet in het kader van de Energiefabriek steeds meer interactie met de omgeving en komen tot synergievoordelen waarbij energie wordt uitgewisseld met de omgeving in de vorm van groengas/biogas of warmte, energierijke stromen worden ingenomen, bewust meer chemicaliën worden gedoseerd en in de toekomst ook grondstoffen worden geproduceerd.

Uit het voorgaande blijkt dat de systeemgrenzen vervagen. Het elektriciteitsverbruik en de opwekking van elektriciteit is volgens bijvoorbeeld de huidige definities van de benchmark van de afvalwatersector beperkt tot wat de zuivering in- en uitgaat (zie figuur 1)



Figuur 1 – Huidige systeemgrens Benchmark

Binnen de energiefabriek worden de systeemgrenzen verlegd. Uitwisseling van energie en grondstoffen krijgt binnen dit concept waarde. Een ontwikkeling waarop tevens is ingespeeld in het STOWA-project rwzi 2030. Figuur 2 geeft de systeemgrenzen weer van een rioolwaterzuivering gezien door de ogen van de Energiefabriek.



Figuur 2 – Systeemgrens Energiefabriek

Momenteel wordt het energieverbruik van de communale afvalwaterzuivering in Nederland door verschillende organisaties bijgehouden en gerapporteerd. De belangrijkste uitvragen zijn:

- Monitoring MJA
- Benchmark afvalwatersector (BVZ)
- CBS-enquête
- Klimaatakkoord (Unie van Waterschappen)

Al deze uitvragen leiden tot rapportages. Doordat verschillende gegevens, eenheden en berekeningsmethoden worden gebruikt, wordt het absolute energieverbruik van de communale afvalwatersector in zijn geheel verschillend gerapporteerd. Afhankelijk van welke bron wordt gebruikt komt men tot andere getallen van energieverbruiken van (onderdelen van) afvalwaterinstallaties en waterschappen. Daarnaast publiceert De Energiefabriek mogelijkheden tot energiebesparingen en energie-opwekking. De wijze van berekenen van deze besparingsopties wijkt af van andere berekeningswijzen. Agentschap NL en de waterschappen willen deze verschillen graag inzichtelijk maken en onderzoeken of standaardisering mogelijk is voor de gehele afvalwatersector.

1.2 Doelstelling

De hoofddoelstelling van dit project is het aanleveren van informatie en onderbouwingen voor de afvalwatersector om te komen tot eenduidige kengetallen, definities en systeemgrenzen van het energieverbruik zuiveringsbeheer. De resultaten dienen dermate concreet te zijn in de vorm van formules en berekeningen dat deze kunnen worden gebruikt voor het vaststellen van de doelen vanuit de MJA en het klimaatakkoord, de rapportage Benchmark zuiveringsbeheer en het bepalen van het potentieel van nieuwe energie-initiatieven voortkomend uit de Energiefabriek.

Om deze doelstelling te bereiken zal worden bekeken welke definities nu gebruikt worden. Bronnen die bekeken moeten worden zijn:

- MJA
- Benchmark afvalwatersector
- CBS-enquête
- Klimaatakkoord
- Energiefabriek

Met respect voor de protocollen in bovengenoemde bronnen zal worden gezocht naar eenduidige kengetallen inclusief definities en systeemgrenzen, welke gehanteerd kunnen worden voor zowel de MJA, de Benchmark, CBS-enquête, het klimaatakkoord en de Energiefabriek.

De resulterende berekeningen en kengetallen zullen worden samengevat in een Excel-bestand 'Energie onder 1 noemer'. Bij dit excelformat wordt een onderbouwing geleverd in de vorm van een beknopte rapportage met afwegingen en besluiten van de projectgroep.

1.3 Abstractieniveau en afbakening

Om deze doelstelling te verwezenlijken dient bij aanvang het project goed afgebakend te worden en er overeenstemming te zijn over tot welk abstractieniveau de activiteiten moeten zijn uitgewerkt. In de startbijeenkomst is het volgende afgesproken:

Abstractieniveau

Het abstractieniveau van het project is hoog. Berekeningen worden waterschapsbreed beschouwd, niet per rwzi(kring). Dit betekent dat in dit project niet zal worden ingegaan op zaken als specifieke rendementen van apparaten (WKK's, warmtepompen etc). Er zal meer gewerkt worden met in- en uitgaande stromen die bepaalde energie-inhouden bevatten.

Systeemgrenzen

De systeemgrenzen worden gevormd door de afvalwaterketen vanaf het overnamepunt van afvalwater in het riool van de gemeente naar het waterschap tot en met de slibeindverwerking. Dit betekent dat de drinkwaterproductie en -distributie niet wordt meegenomen. Ook worden zaken die te maken hebben met drinkwaterverbruik en energieverbruik in huishoudens voor het opwarmen van water niet meegenomen. Tevens worden invloedsfactoren zoals verdunning van afvalwater door regenwater en intredend grondwater niet meegenomen.

Opwekking en externe levering van energie

In de berekeningen moeten alle vormen van energie-opwekking en -levering worden meegenomen, zoals bijvoorbeeld:

- Energieproductie uit biogas, wat ingezet wordt op de rwzi zelf
- Levering van elektriciteit en/of warmte uit biogas aan de omgeving
- Levering van groen gas
- Levering van warmte opgewekt uit andere bronnen dan biogas, bijvoorbeeld door warmtepompen
- Opwekking van elektriciteit door middel van windmolens, zonnepanelen etc.

Belangrijk is dat het totale energieverbruik en de totale energie-opwekking apart worden weergegeven; dus geen netto energieverbruik weergegeven waarvan al een deel energie-opwekking is afgetrokken. Inkoop van groene energie is geen eigen duurzame energie-opwekking. Wel moet duidelijk worden hoeveel van de verbruikte elektriciteit groen is ingekocht.

Energieverbruik chemicaliën:

De energie die wordt gebruikt voor de productie van chemicaliën moet worden meegenomen in de berekeningen. Dit om te voorkomen dat energie bespaard wordt in het zuiveringsproces welke vervolgens via toevoeging van chemicaliën buiten het primaire proces wel verbruikt wordt.

Covergisting van "afvalwatervreemde producten":

Door afvalwatervreemde producten zoals mest mee te vergisten met het zuiveringsslib kan meer biogas worden geproduceerd en daarmee meer energie worden opgewekt. Deze mogelijkheid moet in de berekeningen worden meegenomen.

Transport/brandstof:

Vanaf een rwzi vinden transportbewegingen plaats voor de aan- en afvoer van chemicaliën, roostergoed, zand, vet, slib etc. Het transporteren van slib tussen zuiveringen onderling en de slibeindverwerking vormt hier het leeuwendeel van. Uit o.a. de STOWA-slibketenstudie is gebleken dat het energieverbruik veroorzaakt door transport van slib tussen zuiveringen en naar de slibeindverwerking minder is dan 5% ten opzichte van het totale energieverbruik van het zuiveringsproces. Aangezien brandstofverbruik wel

veel wordt opgevraagd en met name in de externe communicatie vaak een belangrijke rol speelt, wordt hier in dit project wel rekening meegehouden.

Berekeningen energieverbruik, aandeel duurzame energie en ketenmaatregelen

In dit project staan de verschillende berekeningswijzen van energieverbruik in afvalwaterzuivering centraal inclusief het doen van voorstellen voor rekenregels voor de standaardisering hiervan. Het waarderen van inspanningen binnen de afvalwaterzuiveringswereld op het gebied van het aandeel opgewekte en/of ingezette duurzame of hernieuwbare energie valt buiten de scope van dit project. Ook blijft de waardering en de berekening van ketenmaatregelen buiten beschouwing.

Broeikgasgassen

Berekeningen aan uitstoot van CO₂ en overige broeikasgassen zoals lachgas en methaan blijven in dit project buiten beschouwing, evenals berekeningen aan CO₂-reductie.

Verkrijging van draagvlak

Het verkrijgen van draagvlak voor de berekeningswijzen in de afvalwatersector valt buiten de scope van dit project.

1.4 Werkzaamheden

Om te komen tot eenduidige definities van systeemgrenzen en kengetallen zijn de volgende stappen doorlopen:

1. *Kickoff*
Vaststellen scope en afbakening met projectgroep.
2. *Inventarisatie huidige systeemgrenzen, kengetallen en berekeningswijzen*
Op basis van de afbakening van de eerste bijeenkomst is informatie verzameld van de volgende bronnen:
 - MJA
 - Benchmark afvalwatersector (BVZ)
 - CBS-enquête
 - Klimaatakkoord
 - Energiefabriek.Op basis van de verzamelde informatie zijn de verschillen inzichtelijk gemaakt voor systeemgrenzen en berekeningswijzen die binnen de MJA, Benchmark, Energiefabriek en Klimaatakkoord gebruikt worden.
3. *Knowledgeshop*
De verzamelde informatie is besproken in een workshop met de projectgroep en experts uit het werkveld.
4. *Uitwerking*
De definities en kengetallen zijn uitgewerkt in een Excel-bestand 'Energie onder 1 noemer' met invulscherm en formules.
5. *Opstellen cases*
In een Excel-bestand 'cases' worden energiebewerkingen voor de verschillende protocollen uitgewerkt. Deze cases zijn opgesteld om de verschillen tussen de protocollen beter inzichtelijk te maken. Deze cases zijn vervolgens weer gebruikt voor ijking van het rekenmodel.
6. *Rapportage*
Na overleg met de projectgroep zijn de resultaten weergegeven in Excel-bestanden en een eindrapport.

1.5 Opbrengsten en rapportage

De opbrengsten van dit project bestaan uit:

- Excel-bestand 'energie onder 1 noemer' met formules en voorbeelduitwerkingen
- Excel-bestand 'cases' met daarin uitwerkingen van energieberekeningen voor de verschillende protocollen
- Beknopte rapportage van de inventarisatie inclusief onderbouwingen en afwegingen ten aanzien van de rekenregels in de excelformat

Alle rapportages zijn geleverd in digitaal formaat (PDF en Excel).

1.6 Leeswijzer rapport

Hoofdstuk 2 omvat de resultaten van de inventarisatie. In dit hoofdstuk wordt beknopt weergegeven welke berekeningswijzen en kengetallen gebruikt worden binnen de MJA, de Benchmark, de CBS-enquête, het klimaatakkoord en de Energiefabriek. Deze inventarisatie is vervolgens besproken in een workshop met de projectgroep en experts uit het veld. In deze workshop zijn voorstellen gedaan voor afbakening en berekeningswijzen. Deze voorstellen worden besproken en verder uitgewerkt in hoofdstuk 3. De uitwerking van deze voorstellen is te vinden in bijgeleverde excelformat met berekeningen en voorbeelduitwerkingen van cases. Het rapport sluit af met een aantal aanbevelingen in hoofdstuk 4.

2 Inventarisatie

2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk omvat de resultaten van de inventarisatie. In dit hoofdstuk wordt allereerst in paragraaf 2.2 ingegaan op de achtergronden en doelstellingen van de MJA, de Benchmark, de CBS-enquête, het klimaatakkoord en de Energiefabriek. De hiernavolgende paragrafen zoomen vervolgens verder in op de systeemgrenzen (par. 2.3), en de huidige uitvragen (2.4). In paragraaf 2.5 worden de gebruikte omrekeningsfactoren, berekeningswijzen en kengetallen van de verschillende systemen met elkaar vergeleken.

2.2 Achtergronden en doelstellingen

2.2.1 MJA

De meerjarenafspraken energie-efficiency zijn overeenkomsten tussen de overheid en bedrijven en instellingen over het effectiever en efficiënter inzetten van energie. In 2008 is de Meerjarenafspraak energie-efficiency zuiveringsbeheer (MJA-3) ondertekend. De waterschappen streven hiermee naar verbetering van de energie-efficiency met 2% per jaar in de sector afvalwaterzuivering.

MJA-bedrijven sturen jaarlijks hun monitoringgegevens naar Agentschap NL. Uit deze gegevens blijkt of zij hun doelstellingen op energiegebied realiseren. Agentschap NL gebruikt deze gegevens voor het opstellen van een monitoringrapportage per bedrijf en per branche. De monitoringresultaten worden ook gebruikt voor verantwoording aan de Tweede Kamer. Bovendien zijn MJA-bedrijven verplicht het Bevoegd gezag te informeren over de monitoringresultaten. Het Bevoegd gezag wordt zo geïnformeerd over de vorderingen van de onderneming in relatie tot het energie-efficiencyplan (EEP).

Aangezien de waterschappen recent zijn toegetreden tot de MJA zijn volgens de afspraken in de MJA eerst zogenaamde EnergieEfficiencyPlannen (EEP's) opgesteld. Op basis van deze EEP's is vervolgens conform bovengenoemde aanpak in 2009 gemonitord. Het energie-efficiencyplan (EEP) is een hulpmiddel voor het interne planningsproces voor het nemen van energie-efficiencyverbeterende maatregelen. In het plan wordt vastgelegd wanneer welke maatregelen moeten zijn uitgevoerd. Binnen MJA wordt er onderscheid gemaakt in maatregelen op het gebied van systematische energiezorg, procesefficiency, ketenefficiency en duurzame energie.

MJA-deelnemers rapporteren jaarlijks uiterlijk op 1 april aan Agentschap NL. Deze rapportage geeft inzicht in de voortgang van de uitvoering van het EEP. De gezamenlijke rapportages worden door Agentschap NL vervolgens verwerkt tot een brancherapportage. Een brancherapportage geeft inzicht in de in het voorgaande kalenderjaar bereikte voortgang van:

- de implementatie van systematische energiezorg
- de uitvoering van energie-efficiencyplannen (EEP's)
- de uitvoering van het meerjarenplan energie-efficiency (MJP) van de branche
- de vermeden CO₂-emissies

Procesefficiency, ketenefficiency en duurzame energie

De MJA steunt op drie peilers: 'procesefficiency', 'ketenefficiency' en 'duurzame energie' om het gestelde doel te bereiken. Duurzame energie kan worden opgewekt binnen de inrichting en daarbuiten.

Wie structureel wil werken aan energie-efficiënte processen en producten en zodoende de behaalde besparingen wil garanderen, kan niet zonder een energiezorgsysteem. Dit moet intern leiden tot optimalisering van alle processen (procesefficiency), inclusief de opwekking van duurzame energie. Buiten de bedrijfspoorst vertaalt energiezorg zich in ketenefficiency, inclusief de inkoop van duurzame energie. Dit verschaft de mogelijkheid energie te besparen binnen de totale productlevensketen.

Conform de projectafbakening beschreven in paragraaf 1.3 is bekeken hoe de MJA omgaat met berekeningen van energieverbruik binnen de peiler procesefficiency. Er wordt niet ingegaan op welke wijze ketenefficiency wordt berekend in de MJA.

2.2.2 BVZ (Benchmark afvalwatersector)

De bedrijfsvergelijking Zuiveringsbeheer (in de volksmond ook wel benchmark genoemd) is ontstaan in 2000. De benchmark is ontstaan vanuit de behoefte van de waterschappen om de volgende primaire processen met elkaar te vergelijken:

- Transporteren van Afvalwater
- Zuiveren van Afvalwater
- Verwerken en Afzetten Slib

Voor deze 3 primaire processen wordt het energieverbruik op waterschaps- en rwzi-niveau vergeleken.

Begin 2001 is het eerste landelijke rapport over de prestaties en kosten (op hoofdlijnen) van de primaire processen in het zuiveringsbeheer gepresenteerd. Naast het landelijke rapport ontvangt elk waterschap afzonderlijk een “waterschapsrapport” met gedetailleerde informatie en analyses. Sindsdien wordt elke 3 jaar een uitgebreide benchmark gehouden en van de 2 tussenliggende jaren wordt een beperkte informatieset verzameld. In 2009 is de meest recente benchmark uitgevoerd.

2.2.3 CBS-enquête

De CBS-enquête “Zuivering van afvalwater” wordt sinds 1981 gehouden. Het is een integrale enquête onder alle waterschappen in Nederland, met als doel gegevensverzameling van rioolwaterzuiveringsinstallaties. De enquête wordt gehouden namens een aantal andere instanties, waaronder Rijkswaterstaat, RIVM en het samenwerkingsverband in het kader van de doelgroepmonitoring en de Emissiemonitor.

De energiegegevens van de rwzi's worden door het CBS verzameld voor drie doelen:

- i) energiestatistiek, voor een belangrijk deel vastgelegd in EU wetten
- ii) emissieregistratie voor de emissies naar lucht, water en bodem
- iii) voor de sector zelf om inzicht te krijgen in de ontwikkelingen en mogelijkheden tot verbetering

In de enquête wordt informatie opgevraagd over technische kenmerken, het functioneren van het zuiveringsproces, slibstabilisatie, slibontwatering, afzet van zuiveringsslib en energieverbruik en energieopwekking. Voor een deel zijn deze gegevens beschikbaar per provincie en stroomgebiedsdistrict.

De enquête wordt jaarlijks gehouden en is gesplitst in twee gedeeltes: enquête “Zuivering van Afvalwater” en de enquête “Zuivering van afvalwater – onderdeel energie”. Deze splitsing is gemaakt omdat voor andere monitoringsystemen de energiecijfers eerder beschikbaar moeten zijn dan de overige gegevens uit de enquête. Definitieve cijfers worden 15 maanden na het jaar van onderzoek gepubliceerd.

Daarnaast worden de cijfers gebruikt om voor alle rwzi's de verbrandingsemissies (uit verbranding aardgas, hbo en biogas) te berekenen voor de nationale Emissieregistratie. Deze cijfers worden begin juni aangeleverd aan het RIVM, de beheerder van de emissieregistratie database. Uit de Emissieregistratie database wordt jaarlijks de rapportage van de broeikasgassen opgemaakt en aangeleverd aan de EU en het Klimaatbureau van de UN.

Voor dit project is gebruik gemaakt van de enquête zoals deze in 2008 is uitgevoerd en de resultaten die hiervan zijn gepubliceerd op CBS-STATLINE.

2.2.4 Klimaatakkoord

In het Klimaatakkoord tussen Rijk en Unie, wat ondertekend is in april 2010, zijn de klimaatambities van de waterschappen in samenhang gebracht en verankerd. Het Klimaatakkoord kent een drietal pijlers: energie, adaptatie en duurzaamheid. Kort samengevat zijn de belangrijkste ambities van het Klimaatakkoord:

- 30% energie-efficiënter en zuiniger werken tussen 2005 en 2020 conform afspraak MJA3

- 40% zelfvoorzienend door eigen duurzame energieproductie in 2020
- 30% minder broeikasgassen tussen 1990 en 2020
- 100% duurzame inkoop in 2015

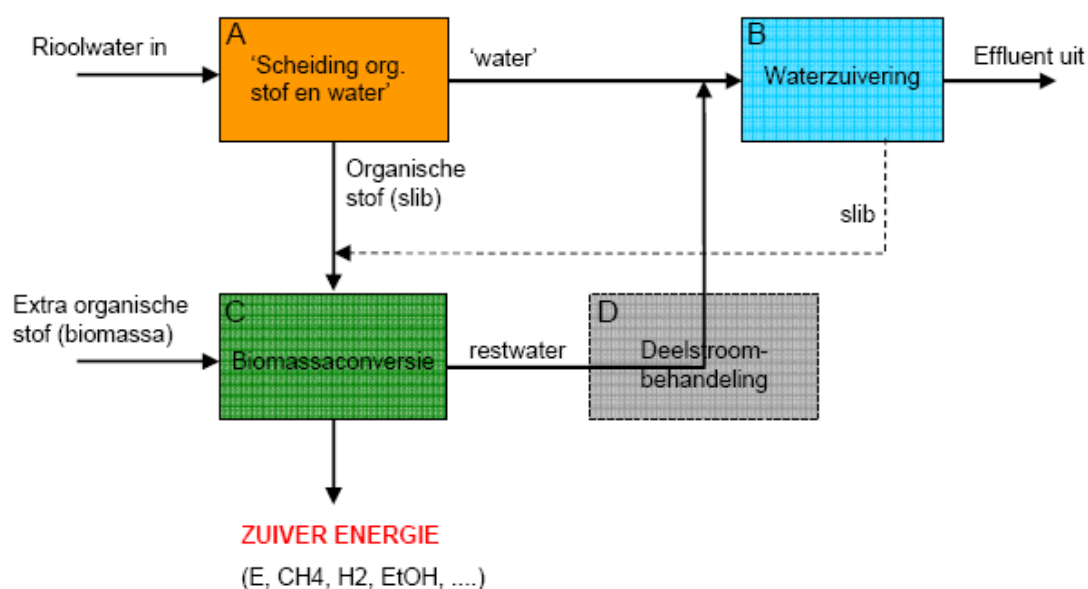
Om tot dit akkoord te komen heeft de Unie van Waterschappen een nulmeting uitgevoerd. De informatie uit deze nulmeting is vastgelegd in het rapport "Ondersteuning Klimaatakkoord" van 27 november 2009. In dit rapport is in kaart gebracht wat de stand van zaken is bij de waterschappen op het gebied van klimaat en duurzaamheidsdoelstellingen en beleid, duurzame inkoop, energieverbruik, broeikasgasuitstoot en in ontwikkeling zijnde en uitgevoerde maatregelen. Hiertoe is in de zomer van 2009 een aparte enquête onder de waterschappen uitgevoerd. Deze nulmeting is zo opgezet dat deze ook zou kunnen dienen als monitoringstool. Hierover moet nog besloten worden. Deze enquête/nulmeting is gebruikt in dit project.

Door de Unie van Waterschappen is aangegeven dat dit rapport de basis zal vormen voor de verdere uitwerkingen van de berekeningen binnen het klimaatakkoord.

2.2.5 De Energiefabriek

De Energiefabriek is in beginsel als volgt gedefinieerd: *een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) waarbij de lokaal opgewekte energie (in Joules), op basis van het binnenkomend rioolwater en ter plaatse geproduceerd slib, minimaal gelijk is aan het totale energieverbruik (in Joules) van diezelfde RWZI.* Deze definitie is in de loop der tijd uitgebreid, zodat synergie met de omgeving in de vorm van inkoop en uitwisseling van energiestromen, ook kan worden meegenomen.

De energiedragende component in afvalwater is, naast de thermische en kinetische energie die het bezit, de aanwezige organische stof. In het huidige 'gemiddelde' zuiveringsconcept van een RWZI wordt deze organische stof voor het grootste deel geoxideerd tot CO₂. Een ander significant deel wordt gebruikt voor de aanwas van bacteriën die het zuiveringsproces katalyseren. De basisgedachte achter de Energiefabriek is deze organische componenten aan het begin van het proces zoveel mogelijk vooraf af te vangen en deze door een biomassaconversie om te zetten in een bruikbare energiebron. De basisgedachte is schematisch weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 3 - Basisgedachte Energiefabriek (Energiefabriek, 2009)

Een belangrijk aandachtspunt hierbij is dat voldaan moet worden aan de normen van de effluentkwaliteit. Het inzetten van deelstroombehandeling verlaagt de stikstofvracht die door de bestaande actiefslibsystemen verwijderd moet worden enigszins, maar er zal in bestaande systemen hiervoor nog steeds organische stof nodig zijn. Momenteel wordt er onderzoek verricht naar alternatieve stikstofverwijderingsroutes die minder organische stof nodig hebben, maar deze technieken staan

momenteel nog in de kinderschoenen. Een andere methode om dit probleem op te lossen is het innemen van externe biomassastromen.

Een ander belangrijk aandachtspunt is het te verwerken zuiveringslib. Het concept van de energiefabriek berust voor een deel op het benutten van de chemische energie uit het zuiveringsslib. Deze energie is vervolgens niet meer beschikbaar in de slibverwerkingsketen. De in de slibverwerkingsketen toegepaste technieken benutten eveneens de chemische energie uit het slib. Gewaakt moet worden dat de energetische optimalisatie op de zuivering zoveel energie uit het slib haalt dat er technische of financiële problemen ontstaan in de slibverwerkingsketen.

Voor De Energiefabriek zijn in 2009 en 2010 12 businesscases uitgewerkt voor het realiseren van "Energiefabrieken" op bestaande locaties van rioolwaterzuiveringen. Voorlopige resultaten geven aan dat bij 9 van de 12 "De Energiefabriek" gerealiseerd kan worden. Voor dit rapport is bekeken op welke wijze de onderbouwende berekeningen tot stand zijn gekomen via informatie van deelnemers aan de Energiefabriek. Er is gekeken naar de scenariostudies die zijn uitgevoerd, de business cases die zijn opgesteld en de uiteindelijke concept rapportage.

2.3 Systeemgrenzen

Conform de afspraken in de startbijeenkomst zijn de systeemgrenzen van dit project ruim: deze worden gevormd door de afvalwaterketen vanaf het overnamepunt van afvalwater in het riool van de gemeente naar het waterschap tot en met de slibeindverwerking. Externe levering van energiestromen alsmede inkoop van stromen en chemicaliën dient te worden meegenomen.

De meeste monitoringsystemen richten zich op het in kaart brengen van energie in de afvalwaterzuivering inclusief slibontwatering. Energieverbruik en -opwekking in de slibeindverwerking wordt nauwelijks opgevraagd. Afvalwatertransport wordt niet opgevraagd door het CBS, maar wel door de overige monitoringsystemen.

Voor De Energiefabriek geldt dat afvalwatertransport buiten de systeemgrenzen valt. Ten aanzien van slibeindverwerking ligt het wel in de doelstelling van De Energiefabriek om deze erbij te betrekken, maar wordt dit tot op heden weinig gedaan (zie tabel 1).

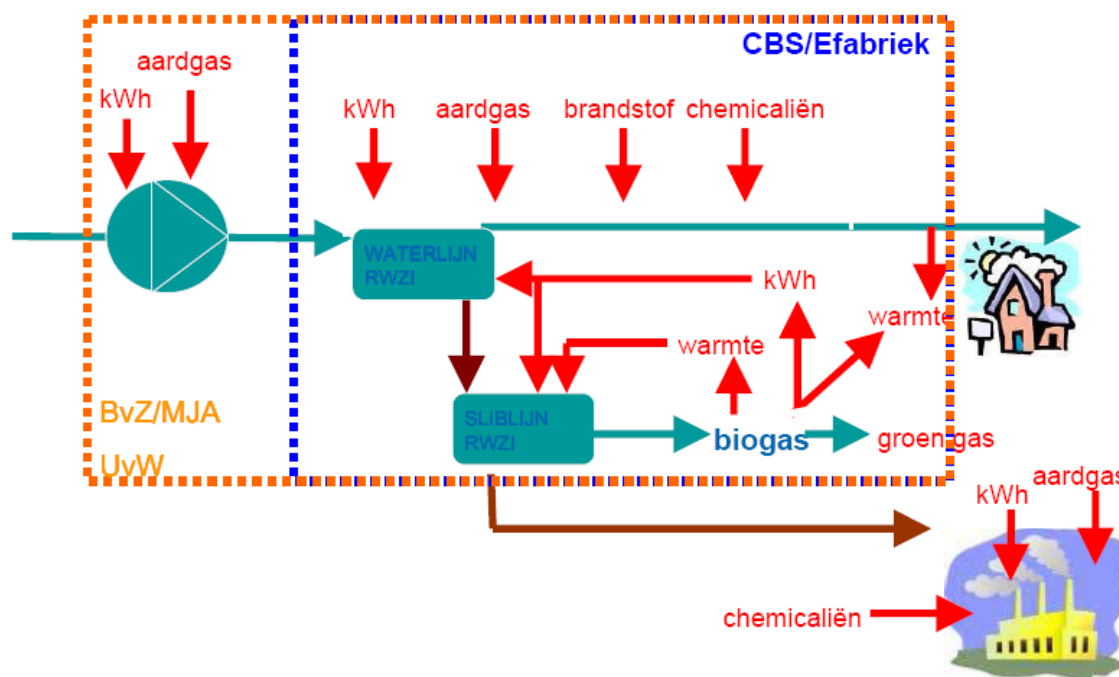
Tabel 1 – Afbakening uitvragen op het gebied van energieverbruik in de afvalwaterzuivering

	CBS	BVZ	MJA	Klimaatakkoord	Energiefabriek
Afvalwatertransport	nee	ja	ja	ja	nee
Afvalwaterzuivering inclusief slibontwatering	ja	ja	ja	ja	ja
Slibeindverwerking	nee*	nee*	nee*	nee	nee**

* Met betrekking tot slibeindverwerking worden wel de afzetroutes in kaart gebracht door de BVZ en de MJA, maar er worden geen gegevens opgevraagd op het gebied van energieverbruik (ketenefficiency buiten beschouwing gelaten, zie paragraaf 2.2.1). Het CBS brengt tevens de afzetroutes in kaart. Bovendien worden de energieverbruiken opgevraagd van slibeindverwerking door de waterschappen zelf (bijvoorbeeld slibdroging).

** In de huidige uitgewerkte businesscases heeft men met name de basis- of de plusvariant uitgewerkt. In de supervariant kan gekozen worden voor superkritische vergassing, waardoor de huidige wijze van slibeindverwerking ingrijpend verandert. In de businesscases is voor sommige zuiveringen wel aandacht besteed aan de invloed van de wijziging in processen in de water- en sliblijn op de rwzi op de ontwaterd slib kwaliteit en de slibafzetroute.

Bovenstaande is in figuur 4 grafisch weergegeven binnen de systeemgrenzen van het onderhavige project.



Figuur 4 – Systeemgrenzen project Afvalwaterzuivering: Energie onder één noemer in vergelijking met MJA (alleen procesefficiency; ketenefficiëncy buiten beschouwing gelaten, zie paragraaf 2.2.1), BVZ, de CBS-enquête, het klimaatakkoord (UvW) en de Energiefabriek

2.4 Huidige uitvragen

In het parallelle onderzoek “Inventarisatie informatiebehoefte energie in afvalwaterzuivering” is onderzoek gedaan naar de gegevensverzameling op het gebied van energieverbruik in de afvalwatersector. Er is geïnventariseerd welke gegevens de verschillende protocollen opvragen. Dit is weergegeven in bijlage 1. Uit deze inventarisatie blijkt dat de verschillende protocollen verschillende gegevens opvragen. In dit parallelle inventarisatie-project is een voorstel gemaakt voor één uitvraag van gegevens voor alle protocollen. Op de gegevensverzameling wordt in deze rapportage verder niet ingegaan. Dit project is erop gericht om dezelfde berekeningswijzen en kengetallen te gebruiken. Ook op dit vlak zijn er vele verschillen. Hier wordt verder op ingegaan in paragraaf 2.5.

2.5 Omrekenfactoren

2.5.1 Algemeen

Er zijn vele omrekenfactoren voor energie in omloop. Alleen al via de site van AgentschapNL kan men op verschillende berekeningswijzen komen. Zo zijn er de bijlagen van het convenant MJA3, maar is er ook het recent geupdate protocol Monitoring Hernieuwbare Energie. In studies die vervolgens verricht worden door instanties (zowel waterschappen als ingenieursbureau's) worden verschillende basisgegevens en berekeningswijzen met bronverwijzing genoemd. Ook bronverwijzingen die nu niet meer geldig zijn, omdat ze zijn overruled door nieuwe berekeningswijzen, komen voor zoals een veel voorkomende verwijzing naar het Protocol Monitoring Energiebesparing uit 2001 of de Handreiking Monitoring MJA2 van SenterNovem uit 2005.

Deze paragraaf tracht inzicht te geven in de berekeningswijze van de vijf onderzochte bronnen:

- MJA
- Benchmark afvalwatersector (BVZ)
- CBS-enquête
- Klimaatakkoord
- Energiefabriek

Per bron zal kort worden weergegeven welke berekeningwijze gehanteerd wordt in de paragrafen 2.5.2 tot en met 2.5.6. De verschillende berekeningswijzen worden vervolgens samengevat in paragraaf 2.5.7.

2.5.2 MJA

Op 3 februari 2010 heeft het Platform MJA3 met een aantal aanpassingen ingestemd ten aanzien van de nieuwe methodiek energie-efficiëntie. Met de nieuwe methodiek is tevens het protocol energie-efficiëntie goedgekeurd. Dit protocol bestaat uit 2 delen: Monitoring Protocol, procedure, bijlage MJA3, hoofdstuk3, en Monitoring Protocol, methodiek, bijlage MJA3, hoofdstuk 4 (Agentschap NL, 2010).

De MJA hanteert een aantal belangrijke definities:

- **Primaire energie.** Dit is energie gewonnen uit de natuur zoals aardolie, aardgas en steenkool. De energie-inhoud van de diverse energiedragers wordt uitgedrukt in joules. Voor conventionele elektriciteit, ingekocht van het net wordt een opwekkingsrendement van 40% gebruikt en voor warmte een standaard opwekkingsrendement van 90%. Ook voor inkoop van andere primaire energiedragers zoals brandstof, zijn factoren vastgesteld waarmee gerekend moet worden. Deze factoren zijn opgenomen in bijlage 2. De belangrijkste omrekenfactoren voor de afvalwaterzuivering zijn:

- 1 kWhe = 9 MJ_p
- 1 Nm³ aardgas = 31,65 MJ_p
- 1 kg gas- en dieselolie = 42,7 MJ_p
- 1 Nm³ biogas = 23,3 MJ_p

Alleen daadwerkelijke energiedragers zoals elektriciteit, aardgas, biogas en brandstof worden meegenomen in de berekening van het energieverbruik. Afgeleid energieverbruik voor bijvoorbeeld de productie van chemicaliën telt niet mee in de berekening van de hoeveelheid primaire energie.

- **Direct of werkelijk energiegebruik (gericht op proces)**

Het in de MJA gehanteerde directe energiegebruik van een inrichting betreft het direct, energetisch gebruikte, primaire energiesaldo, inclusief inzet van duurzame energie. Dit is het energiegebruik in het proces, gebruikt voor opwarmen, aandrijven van pompen etc., elektriciteit voor verlichting etc. Ter bepaling van het directe energiegebruik geldt de inkoop plus eigen opwekking van energie minus de terug-/doorlevering daarvan. Daarbij is het niet van belang of de energiebron fossiel of duurzaam is. Binnen de MJA wordt veelal over het werkelijk energiegebruik gesproken. Dit is de hoeveelheid directe energie die werkelijk wordt gebruikt in het betreffende jaar.

De definitie van het directe of werkelijke energieverbruik levert bij veel waterschappen verwarring en discussie op. Veel waterschappers zijn gewend om het energieverbruik van een rioolwaterzuivering gelijk te stellen aan de daadwerkelijke externe inkoop van energie minus eventueel geleverde energie. Opwekking van energie uit eigen biogas wordt dan niet meegenomen. Volgens de definitie van de MJA moet echter ook de binnen de eigen inrichting opgewekte duurzame energie, zoals bijvoorbeeld zonne-energie, windenergie en biogas, worden meegenomen. Dit betekent dat de berekening conform de MJA-methodiek leidt tot een hoger primair energieverbruik dan de berekening conform de BVZ (zie paragraaf 2.5.3)

2.5.3 Benchmark afvalwatersector (BVZ)

In de BVZ worden energieverbruiken voor elektriciteit en aardgas opgevraagd in hun natuurlijke gedaanten (kWh en Nm³). Het energieverbruik wordt weergegeven in kentallen:

- voor transport in kWh/m³.km
- voor zuivering in kWh/i.e.-verwijderd (op basis van CZV 136g TZV; in 2010 aangepast in 150 gTZV)
- voor slibontwatering in kWh/ton ds ontwaterd slib.

Het energieverbruik is gedefinieerd als energie verkregen door inkoop, eigen opwekking en directie aandrijving, waarbij voor sommige zaken een omrekening naar joules moet plaatsvinden volgens de volgende factoren:

- 1 kWhe = 3,6 MJ of 1 MJ = 0,2778 kWhe
- 1 Nm³ aardgas levert 31,65 MJ
- 1 liter diesel levert 35,87 MJ
- 1 Nm³ gistingsgas levert 23 MJ

Voor een gasmotor moet worden uitgegaan van een elektrisch opwekkingsrendement van 30%.

Naast de berekening van de kengetallen voor energieverbruiken wordt tevens het primair energieverbruik en het fossiel energieverbruik berekend. Hiervoor worden de omrekenfactoren gebruikt conform de MJA:

- 1 kWhe = 9 MJ_p
- 1 Nm³ aardgas = 31,65 MJ_p
- 1 kg gasolie/dieselolie = 42,7 MJ_p
- 1 Nm³ biogas = 23,3 MJ_p

Bij de berekening van het primaire energieverbruik wordt alleen gekeken naar de daadwerkelijke inkoop van fossiele stromen zoals elektriciteit en aardgas. Interne stromen als biogas en uit biogas opgewekte energie die binnen de rwzi worden gebruikt worden niet meegenomen.

2.5.4 CBS

Voor de CBS-enquête worden alle energiestromen opgevraagd in hun “natuurlijke gedaante”: elektriciteit in kWhe; aardgas in Nm³ en brandstof in kg. Deze worden vervolgens gepubliceerd in de tabellen op CBS STATLINE (zie bijlage 3). Het CBS rapporteert echter ook over de hoeveelheid duurzame energie in Nederland, sinds 2010 “hernieuwbare energie” genaamd. Voor het bepalen van het verbruik van hernieuwbaar geproduceerde energie in Nederland wordt door het CBS gebruik gemaakt van het Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie.

Eind mei 2010 is de update verschenen van het Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie (AgentschapNL, 2010). Dit Protocol is de opvolger van het Protocol Monitoring Duurzame Energie (SenterNovem, 2006). Het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) gebruikt dit het Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie bij de statistiek van de hernieuwbare energie. Meest in het oorspronkelijke verandering is het wijzigen van de term “duurzaam” in de term “hernieuwbaar”. Voor deze wijziging geeft het nieuwe Protocol twee redenen. Ten eerste is in 2009 een nieuwe Europese Richtlijn uitgebracht waarin wordt gesproken over hernieuwbare energie, ook in de Nederlandse vertaling. Ten tweede is de term duurzaam de afgelopen jaren veelvuldig gebruikt in verschillende context. Daarom kan de term verwarring oproepen. Bij hernieuwbare energie is de betekenis meer éénduidig.

Naast de naamswijziging bevat het nieuwe Protocol nog een groot aantal wijzigingen met een grote of kleine impact op de cijfers. Het CBS heeft deze wijzigingen met terugwerkende kracht doorgevoerd in de gepubliceerde cijfers. Daarnaast heeft het CBS ook verbeterd inzicht in de statistische basisgegevens over meerdere jaren terug in de tijd verwerkt. Het aanpassen van eerder als definitief aangemerkte cijfers naar aanleiding van verbeterde inzichten en methodewijzigingen noemt het CBS een revisie. Voordeel van een revisie is dat de cijfers over meerdere jaren in de tijd vergelijkbaar blijven.

Een belangrijke wijziging met betrekking tot biogas is een aanpassing van het referentierendement voor elektriciteitsproductie conform tabel 2 in plaats van 40%.

Tabel 2 – Referentierendementen elektriciteitsproductie conform protocol monitoring hernieuwbare energie 2010

kental	eenheid	2000	2005	2006	2007	2008
elektrisch omzettingsrendement (onderwaarde)	%	41,8	42,1	43,0	43,7	42,7
- productie (1a)	%	39,8	40,2	41,0	41,7	40,8
- geleverd bij verbruiker (1b)						
emissiefactor CO ₂						
- gemiddeld	kg/GJ _{prim}	71,3	68,9	68,9	68,9	68,9
- productie (1a)	kg/kWh _e	0,614	0,589	0,577	0,568	0,581
- geleverd bij verbruiker (1b)	kg/kWh _e	0,645	0,617	0,605	0,595	0,608
verlies bij transport en distributie	%	4,73	4,43	4,39	4,43	4,38

Op het moment van uitbrengen van dit protocol zijn de toekomstige omzettingsrendementen nog niet bepaald. ECN Beleidsstudies gaat deze berekenen aan de hand van referentieramingen.

Een methode uit het Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie is de substitutiemethode. Deze methode gaat uit van het principe dat hoewel energie uit iedere willekeurige bron kan worden gewonnen, elke hernieuwbare bron in de praktijk vrijwel alleen als vervanging van een bepaalde conventionele energiebron gebruikt wordt; en met die conventionele bron (de referentietechnologie) moet hij dus worden vergeleken. Elke bijdrage van een hernieuwbare bron wordt in de substitutiemethode daarom teruggerekend naar de theoretische energie-inhoud van de vervangen conventionele bron. Dit is het vermeden verbruik van fossiele primaire energie. Deze substitutiemethode maakt het mogelijk de verschillende energiebronnen (en ook warmte, elektriciteit en gas) met elkaar te vergelijken. Deze substitutiemethode wordt ook gebruikt om de Nederlandse doelstelling voor het aandeel hernieuwbare energie(20% in 2020) te berekenen in het kader van het Schoon en Zuinig programma. Het nieuwe kabinet CDA/VVD heeft nationale doelstelling voor hernieuwbare energie losgelaten en richt zich alleen nog op de Europese Doelstelling voor hernieuwbare energie: 14% van het bruto eindverbruik.

Voor deze Europese doelstelling wordt geen gebruik gemaakt van de substitutiemethode, maar van de bruto eindverbruikmethode. Voor de RWZI's komt dat in hoofdlijnen neer op bruto elektriciteitsproductie uit biogas (zonder correctie voor het omzettingsrendement voor elektriciteit) plus dat deel van de inzet van biogas voor wkk installaties dat wordt toegevoerd aan de productie van warmte (inclusief warmte voor gisting). In deze methode telt de warmte relatief zwaar mee en wordt het verbruik van elektriciteit en warmte voor de gisting niet in mindering gebracht.

Het Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie wijkt af van de MJA-methode zoals beschreven in paragraaf 2.5.2 met name op het gebied van de aangenomen rendementen voor elektriciteitsproductie, waardoor de omrekenfactor van kWh_e naar GJ_{primair} kleiner dan 9 is. Hier zal verder op worden ingegaan in paragraaf 2.5.7.

Verder is uit de CBS-cijfers duidelijk te halen welk deel ingekocht wordt en welk deel zelf duurzaam wordt opgewekt uit biogas en andere duurzame bronnen. Qua definitie is er geen sprake van "direct" of "werkelijk" energieverbruik, maar wordt er wel omgerekend naar "vermeden verbruik van fossiele energie".

Overigens zijn er via de website van het CBS ook andere energiepublicaties te vinden van eerder datum zoals bijvoorbeeld "25 Jaar Statistiek Zuivering van afvalwater in vogelvlucht" van 2006 (zie bijlage 3). In deze publicatie worden omrekenfactoren gebruikt die niet terugrekenen naar primaire energie (1 kWh_e = 3,6 MJ; 1 Nm³ aardgas = 31,65 MJ en 1 Nm³biogas = 23,3 MJ).

2.5.5 Klimaatakkoord

Het klimaatakkoord heeft in haar nulmeting diverse gegevens opgevraagd ten aanzien van energieverbruik en opwekking van energie (zie bijlage 1). Om de grafieken in de rapportage te produceren zijn de volgende omrekenfactoren gebruikt:

- 1 kWhe = 3,6 MJ
- 1 m³ aardgas levert 31,7 MJ
- 1 kg diesel levert 41,7 MJ
- 1 m³ biogas = 23,3 MJ

Binnen het klimaatakkoord wordt niet ingegaan op definities voor “direct” of “werkelijk” energieverbruik. De gerapporteerde percentages duurzame opwekking door biogas zijn direct afgeleid op basis van bovenstaande omrekenfactoren. Hiervoor is dus niet teruggerekend naar primaire energie.

2.5.6 De Energiefabriek

Voor de 13 business cases van de Energiefabriek zijn de volgende omrekenfactoren gebruikt voor de energiebalansen (Energiefabriek, 2010):

- 1 kWhe = 9 MJ
- 1 m³ aardgas levert 31,7 MJ
- 1 liter diesel levert 35,87 MJ
- 1 m³ biogas = 23,3 MJ

Chemicaliën vertegenwoordigen een energieverbruik van 17 GJ/ton product.

De elektriciteit en biogas zijn dus teruggerekend naar primaire energie conform MJA3.

Verder is een rioolwaterzuivering energieneutraal als de energie-opwekking minimaal gelijk is aan het energieverbruik van de gehele RWZI. Om dit te bepalen wordt de term ‘Opwekking ten opzicht van eigen verbruik’ gehanteerd. Bij “100% of hoger” is er sprake van een Energiefabriek. Intern opgewekte WKK-warmtestromen die volledig gebruikt worden in de gisting, tellen niet mee in de bepaling van de totale hoeveelheid opgewekte duurzame energie.

Anders dan in het begin van de Energiefabriek wordt er in de berekeningen van business cases dus niet meer zo zeer gekeken naar de chemische energie-inhoud van het afvalwater en hoeveel hiervan nuttig wordt ingezet, maar naar de verhouding zelf opgewekte/totaal verbruikte energie. Deze wijze van rekenen sluit aan bij de wijze van bepalen van het aandeel duurzame energie conform de MJA.

2.5.7 Vergelijking omrekeningsfactoren en berekeningswijzen

In de voorgaande paragrafen is beschreven hoe de verschillende bronnen omgaan met omrekeningsfactoren op het gebied van energie. Naast deze omrekeningsfactoren zijn er verschillende berekeningswijzen ten aanzien van de omgang met biogas en opwekking van elektriciteit en warmte hieruit. Grofweg zijn er drie manieren om de opwekking van energie uit biogas te waarderen:

- Op basis van de energie-inhoud van biogas. Deze kan worden berekend aan de hand van het methaanpercentage en de energie-inhoud van het gas methaan. Aangezien het methaanpercentage niet veelvuldig wordt gemeten gaat men meestal uit van een standaardwaarde: 65%. De energie-inhoud van 1 Nm³ biogas wordt dan 35,8 MJ/Nm³ (energie-inhoud methaan) * 65 % = 23,3 MJ. Deze berekeningswijze wordt gehanteerd door de MJA en het Klimaatakkoord.
- Op basis van de elektriciteitsproductie uit biogas. Deze wordt over het algemeen bemeterd op rwzi's. Afhankelijk van of men terug wil rekenen naar joules of primaire joules bedraagt de omrekeningsfactor voor 1 geproduceerde kWhe 3,6 MJ of circa 9,0 MJ (gebaseerd op 40% rendement e-centrale). Deze methode wordt gebruikt door het CBS conform het protocol monitoring hernieuwbare energie 2010.
- Op basis van een gestandaardiseerde energie-inhoud van biogas en elektriciteitsrendement. De gestandaardiseerde energie-inhoud bedraagt 23,3 MJ/Nm³ biogas wat gelijk is aan een methaanpercentage van 65%. Via het standaard e-rendement van bijvoorbeeld 30% kan vervolgens berekend worden hoeveel elektriciteit wordt opgewekt. Bij een rendement van 30%

bedraagt dit 1,94 kWh/Nm³ biogas. Afhankelijk van of men terug wil rekenen naar joules of primaire joules bedraagt de omrekeningsfactor voor 1 geproduceerde kWh 3,6 MJ of 9,0 MJ (gebaseerd op 40% rendement e-centrale). Deze methode wordt gebruikt door de BVZ voor de berekening van het energieverbruik in kengetallen, maar niet voor de berekening van het primaire energieverbruik. Bij de BVZ-berekening van het primaire energieverbruik wordt alleen gekeken naar de daadwerkelijke inkoop van fossiele stromen zoals elektriciteit en aardgas. Interne stromen als biogas en opgewekte energie hieruit die binnen de rwzi worden gebruikt worden niet meegenomen.

- Op basis van de elektriciteits- en warmteproductie uit biogas. Deze methode wordt momenteel niet uitgevoerd.

Bovenstaande rekenmethoden zorgen voor grote verschillen in de hoeveelheden die worden gerapporteerd door energie-opwekking uit biogas. Zo zorgt de omrekening naar primaire energie voor een factor 2,5 verschil in verband met het wel of niet meenemen van het 40% rendement van e-centrales. Dit lijkt echter niet logisch vanuit het oogpunt dat de elektriciteit door een WKK uit biogas wordt geproduceerd en niet door een e-centrale. Er kan echter ook worden geredeneerd dat er een vermeden opwekking van primaire elektriciteit plaatsvindt. Over het algemeen blijkt dat het voor de meeste waterschappers niet duidelijk is wanneer welke methode wordt gebruikt en waarom. Door de grote hoeveelheden biogas die er door rioolwaterzuiveringen worden geproduceerd, is de berekeningsmethode voor biogas één van de grote veroorzakers van verschillende gerapporteerde totale energieverbruiken en percentages zelfvoorzienendheid. De andere veroorzaker is veel duidelijker zichtbaar; dit is het al dan niet terugrekenen naar primaire energie voor de inkoop en doorlevering van stromen.

Alle omrekeningsfactoren en berekeningswijzen rondom biogas zijn samengevat in tabel 3.

Tabel 3 – Samenvatting omrekeningsfactoren en berekeningswijzen biogas

	CBS	BVZ	MJA	Klimaat- akkoord	Energie- fabriek
<i>Omrekening naar MJoules op basis van</i>					
1 kWhe	-	3,6	-	3,6	-
1 Nm ³ aardgas	-	31,65	-	31,7	-
1 liter brandstof	-	35,87	-	-	-
1 kg brandstof	-	-	-	41,7	-
1 Nm ³ biogas	-	23,3	-	23,3	-
<i>Omrekening naar primare energie (MJp) op basis van</i>					
1 kWhe	Alleen voor hernieuwbare energie: 8,24 – 9,0	9,0	9,0	-	9,0
1 Nm ³ aardgas	Alleen voor hernieuwbare energie: 31,65	31,65	31,65	-	31,65
1 liter brandstof	-	-	-	-	35,87
1 kg brandstof	-	42,7	42,7	-	-
1 Nm ³ biogas	- Hernieuw- bare energie via elektriciteit uit biogas en warmte niet voor gisting	-	23,3	-	23,3 en via elektriciteit uit biogas
<i>Omrekening opgewekte energie uit biogas op basis van</i>					
Geproduceerd Nm ³ Biogas*	1 Nm ³ = 23,3 MJp	1 Nm ³ = 23,3 MJ	1 Nm ³ = 23,3 MJp	1 Nm ³ = 23,3 MJ	1 Nm ³ = 23,3 MJp
Elektriciteit geproduceerd uit biogas	1 kWhe = 8,24- 9,0 MJp	* berekening kengetallen: kWhe via standaard rendement WKK van 1,94 kWhe/Nm ³ biogas; 1 kWhe = 3,6 MJ * berekening primair energieverbruik: interne stromen worden niet meegenomen	1 Nm ³ biogas nuttig ingezet * 23,3 MJ = opgewekte energie	1 Nm ³ biogas nuttig ingezet * 23,3 MJ = opgewekte energie	1 kWhe = 9,0 MJp
Warmte geproduceerd uit biogas	1 TJ = 1110 GJp voor warmte niet ingezet voor gisting	-	1 TJ = 1110 GJp voor extern geleverde stromen	-	1 TJ = 1110 GJp voor extern geleverde stromen

* In de uitvragen wordt niet altijd duidelijk aangegeven dat er een verschil is tussen Nm³ en gemeten m³ biogas. De Nm³ is een gestandaardiseerde waarde qua druk en temperatuur. Uitgaande van een mesofiele gisting van 32 °C staat 1 Nm³ gelijk aan 1,12 m³ biogas. In het rekenmodel zal hier aandacht aan worden besteed.

2.5.8 Voorbeelduitwerkingen cases primair energieverbruik

Om beter inzichtelijk te maken op welke wijze de verschillende protocollen het *primaire energieverbruik* berekenen, zijn in een excelformat cases opgesteld met realistische getallen voor een rwzi met een capaciteit van 120.000 i.e. 150 g TZV met gisting en WKK. Deze cases zijn:

1. Referentie: Elektrisch WKK-rendement 31%
2. Verhoging WKK-rendement van 31% naar 36% door optimalisatiemaatregelen; verder gelijk aan case 1
3. WKK vervalt; warmteopwekking door inzet biogas in CV-installatie; alle elektriciteit extern wordt ingekocht; overschot aan biogas wordt afgezet als ruw biogas
4. Gelijk aan case 3; in plaats van ruw biogas wordt groen gas doorgeleverd
5. Gelijk aan case 3 met toevoeging van inzet van een warmtepomp op de uitgaande slibstroom van de gisting ten behoeve van verwarming van de gisting.

De uitgangswaarden voor deze cases zijn samengevat in tabel 4. De resultaten van de berekeningen zijn samengevat in tabel 5.

Tabel 4 – Uitgangswaarden cases

Rwzi met slibgisting.		situatie:	1	2	3	4	5
120.000 i.e.			WKK 31%	WKK 36%	alleen CV	alleen CV en groen gas	alleen WP cop = 4,1
Jaarcijfers							
biogasproductie	m3		1.100.000	1.100.000	1.100.000	1.100.000	1.100.000
biogas --> WKK of CV of groen gas	m3		1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000
biogas --> fakkel	m3		90.000	90.000	90.000	90.000	90.000
biogas --> spui	m3		10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
E-inkoop	kWh		2.000.000	1.700.000	3.900.000	4.250.000	4.200.000
aardgas-inkoop	m3		200.000	200.000	200.000	200.000	200.000
biogas --> WKK, E-opwekking	kWh		2.000.000	2.300.000	-	-	-
Opgewekte E, eigen verbruik	kWh		1.900.000	2.200.000			
Opgewekte E, door- of teruglevering	kWh		100.000	100.000	-	-	-
biogas --> CV, warmte	m3		-	-	300.000	300.000	-
Biogas voor derden of groengasproductie	m3		-	-	700.000	700.000	1.000.000
Groen gas levering naar derden	Nm3					500.000	
Huisbrandolie (HBO/gasolie)	l		10.000	10.000	10.000	10.000	10.000

Tabel 5 – Resultaten voorbeeldberekeningen cases primair energieverbruik in Tj/p

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5
	WKK 31%	WKK 36%	alleen CV	alleen CV en groen gas	alleen WP
MJA	48,0	45,3	48,8	52,4	49,4
BVZ	24,7	22,0	25,5	29,1	21,2

Wat opvalt uit tabel 5 is dat voor alle cases de BVZ een veel lager primair energieverbruik berekent dan de MJA. Dit komt doordat interne stromen die binnen de rwzi worden opgewekt en verbruikt niet worden meegeteld. Er wordt dus geen waarde toegekend aan de opwekking van energie uit biogas. In feite wordt rekenkundig de energiewaarde van het biogas op 0 MJ/Nm³ gezet en de opgewekte en verbruikte elektriciteit en warmte op respectievelijk 0 MJ/kWh en 0 MJ/GJ. De MJA rekent voor de hoeveelheid biogas die nuttig is ingezet voor energieopwekking met een waarde van 23,3 MJ/Nm³. De reden hiervoor is dat conform de MJA de binnen de inrichting opgewekte duurzame energie, zoals biogas, meegerekend wordt bij de berekening van het totale primaire energiegebruik. Voor meer detailinformatie wordt verwezen naar het excelbestand: 'cases'.

De CBS-berekeningen richten zich op het energieverbruik in niet-primaire joules of het aandeel hernieuwbare energie. Het primaire energieverbruik speelt geen rol. Conform de projectafbakening beschreven in paragraaf 1.3 wordt in dit rapport verder niet ingegaan op de verschillende berekeningen ten aanzien van het aandeel hernieuwbare energie. Het klimaatakkoord heeft nog geen berekeningswijze vastgesteld. Deze protocollen van het CBS en het klimaatakkoord kunnen daarom niet vergeleken worden met het MJA- en BVZ-protocol op basis van het primaire energieverbruik.

In het volgende hoofdstuk zal op basis van de voorgaande informatie een voorstel worden gedaan voor een eenduidige berekening van energieverbruik en energieopwekking in afvalwaterzuivering.

3 Uitwerking rekenregels

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden voorstellen gedaan hoe om te gaan met berekeningen binnen de afvalwaterzuivering. Allereerst zal er in paragraaf 3.2 worden ingegaan op de verschillende systeemgrenzen van de verschillende protocollen. Vervolgens wordt in paragraaf 3.3 het verschil tussen omrekening naar Joules en naar primaire energie behandeld. Paragraaf 3.4 gaat in op de berekeningsmethoden rondom biogas inclusief een voorstel hoe hiermee kan worden omgegaan. Hierna wordt in paragraaf 3.5 een voorstel gedaan voor de wijze van omgaan met overige duurzame energie-opwekking uit bijvoorbeeld zon, wind en warmtekoelopslag. Paragraaf 3.6 gaat in op de omgang met “afvalwatervreemde” externe stromen waaruit biogas kan worden opgewekt. Vervolgens besteedt paragraaf 3.7 aandacht aan het gebruik van chemicaliën in de afvalwaterzuivering.

De voorstellen uit dit hoofdstuk zijn vervolgens uitgewerkt in een rekenmodel in Excel-format welke als bijlage bij dit rapport is gevoegd. In dit voorstel is rekening gehouden met het parallelle project “Inventarisatie informatiebehoefte energie in afvalwaterzuivering” waarin een voorstel wordt gedaan voor één gemeenschappelijke uitvraag op het gebied van energie. De parameters die in deze gemeenschappelijke uitvraag worden voorgesteld vormen de basis van het rekenmodel.

3.2 Systeemgrenzen

Zoals aangegeven in paragraaf 2.3 worden er door verschillende protocollen verschillende systeemgrenzen gehanteerd. Gezien de verschillende doelstellingen ligt het niet voor de hand om één systeemgrens voor te stellen voor alle protocollen. In het rekenmodel is daarom gekozen voor een onderverdeling in de volgende onderwerpen:

- Afvalwatertransport
- Afvalwaterzuivering inclusief slibontwatering
- Slibeindverwerking

Voor onderwerpen die buiten de systeemgrens van een specifiek systeem of protocol vallen, kan ervoor worden gekozen hier niets voor in te vullen.

3.3 Omrekening naar primaire energie

Bij de omrekening naar primaire energie wordt er rekening gehouden met het gemiddelde rendement van elektriciteitsopwekking in Nederland. Voor de MJA zijn er vanwege standaardisering afspraken gemaakt dit op 40% te stellen terwijl het protocol monitoring hernieuwbare energie van ietwat hogere rendementen uitgaat. In de toekomst veranderen de brandstofmix en rendementen wellicht. Door de projectgroep en experts wordt er verschillend gekeken naar de terugrekening naar primaire energie. In ieder geval is iedereen het over eens dat alle energiestromen op eenzelfde manier met elkaar moeten kunnen worden vergeleken en gewogen. De enige mogelijkheid om dit te doen is om terug te gaan naar de daadwerkelijke energie-inhoud van een energiestroom in joules. Alleen op deze manier kan goed rekening worden gehouden met energievormen die in elkaar worden omgezet zoals gas naar warmte naar elektriciteit etc. Bovendien hoeven dan niet de ingewikkelde eenheden kWthermisch en kWelektrisch gebruikt te worden.

Op basis van voorgaande is in het rekenmodel daarom een werkblad opgenomen met de omrekening naar joules en een werkblad met omrekening naar primaire energie.

Vooralsnog zijn voor *de omrekening naar primaire energie* de MJA-factoren aangehouden om zoveel mogelijke eenheid in het model te krijgen. Kortom, 40% rendement voor elektriciteitsopwekking (in joules $1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$, en in primaire energie $1 \text{ kWh} = 9 \text{ MJ}_p$) en 90% voor warmteopwekking (1 GJ warmte is $1,11 \text{ GJ}_p$ warmte in primaire energie). Voor opwekking van energie uit biogas wordt uitgegaan van de energie-inhoud van het biogas a $23,3 \text{ MJ/Nm}^3$. Het rekenmodel is zo opgezet dat eventuele

verandering in factoren van primaire energie eenvoudig kunnen worden aangepast (ivm bijvoorbeeld gehanteerd e-rendement centrale en al dan niet meenemen van transportverliezen; zie tabel 2).

Voor de *omrekening naar joules* worden de volgende omrekenfactoren gebruikt:

- 1 kWh_e = 3,6 MJ
- 1 Nm³ aardgas levert 31,65 MJ
- 1 kg diesel levert 42,7 MJ
- 1 Nm³ biogas = 23,3 MJ
- 1 GJ warmte = 1 GJ

3.4 Opwekking energie uit biogas

Voor de opwekking van energie uit biogas wordt voorgesteld zoveel mogelijk uit te gaan van de basisgegevens die op een rwzi verzameld worden. Dit zijn over het algemeen:

- Hoeveelheid geproduceerd biogas
- Hoeveelheid afgefakkeld biogas
- Hoeveelheid gespuid biogas
- Hoeveelheid biogas ingezet voor directe aandrijving van gasmotor/beluchting
- Hoeveelheid biogas ingezet voor WKK/gasmotor
- Hoeveelheid biogas ingezet voor CV-ketel
- Elektriciteit opgewekt uit biogas

Vanuit deze gegevens kan bepaald worden hoeveel biogas daadwerkelijk nuttig ingezet wordt voor elektriciteitsproductie. Verhoging van biogasproductie en WKK-rendementen leidt door gebruikmaking van deze gegevens tot meer opwekking van elektriciteit en minder externe inkoop van elektriciteit. Zoals uit de voorbeelduitwerkingen blijkt, zakt hierdoor het totale primair energieverbruik berekend op basis van de MJA-methode.

Verwarrend in de biogasdiscussie is de opwekking van warmte. Hier wordt verschillend mee omgegaan. Vooral het interne verbruik van opgewekte warmte uit biogas op de rwzi voor verwarming van gebouwen en de gisting. De BVZ en het MJA nemen warmte niet mee in de berekeningen als aparte stroom, de energie-inhoud is immers al als biogas ingebracht. Het CBS doet dit wel voor zover de warmte niet aangewend wordt voor het opwarming van de gisting. Als er sprake is van levering van externe warmtestromen doordat bijvoorbeeld meer warmte wordt teruggewonnen dan de rwzi nodig heeft, nemen alle protocollen dit wel weer mee. Dit kan seizoensgewijs zijn (rwzi's hebben in de zomer een overschot aan geproduceerde warmte), maar ook doordat er extra warmte wordt teruggewonnen uit bijvoorbeeld de rookgassen van een WKK. Vooral als er teruggerekend wordt naar primaire energie kan een verwarrende situatie ontstaan. Het blijkt namelijk dat uit 1 Nm³ biogas meer primaire energie kan worden teruggewonnen dan er feitelijk in zit. De primaire energetische waarde van 1 Nm³ biogas bedraagt gemiddeld 23,3 MJ. Als hier elektriciteit uit wordt gewonnen met een rendement van meer dan 40% dan bedraagt de primaire energetische waarde meer dan 23,3 MJ, doordat het aangenomen rendement van een e-centrale gekozen is op 40%. Het voordeel van warmtekrachtkoppeling zit in het feit dat ook de warmte nuttig kan worden ingezet, wat bij een e-centrale niet gebeurt. Als deze warmte zodanig hoog is dat deze extern kan worden geleverd, zonder dat de rwzi zelf warmte tekort komt, dan stijgt de totale primaire energie per Nm³ biogas nog veel verder. Alleen door berekeningen te maken en deze te zien, realiseert men zich dit. Dit project heeft niet tot doel om diep in te gaan op de voor- en nadelen van WKK en zal hier verder niet gedetailleerd op ingaan. Ter illustratie van wat WKK aan primaire energie oplevert ten opzichte van gescheiden opwekking van elektriciteit en warmte is in bijlage 4 een toelichting opgenomen vanuit het Interregproject DACTA.

De primaire energieberekening van de BVZ kiest ervoor om opgewekte energie in de vorm van elektriciteit en warmte niet mee te nemen. Zoals in paragraaf 3.3 al is aangegeven wordt voorgesteld om de primaire energieberekening in het model te baseren op de MJA-methode. Dit betekent dat nuttig ingezet biogas wel wordt meegenomen in de berekening à 23,3 MJ/Nm³. Alleen indien opgewekte warmte extern wordt afgezet, wordt dit meegenomen.

Voor de *energieberekening in joules* wordt voorgesteld om opgewekte warmte uit een WKK mee te nemen in de berekeningen, ook als dit niet extern wordt geleverd. Het biogas levert immers een hoeveelheid warmte op die ingezet wordt voor het verwarmen van de gisting en de gebouwen. Als deze warmte niet opgewekt zou worden, dan zou aardgas o.i.d moeten worden ingekocht. Alleen door zowel de elektriciteits- en warmteproductie uit biogas mee te nemen kunnen andere opties voor biogas zoals groengasproductie worden afgewogen ten opzichte van inzet van biogas in een WKK. Indien in dit geval namelijk al het biogas zou worden ingezet voor groengasproductie dan zou er aardgas moeten worden ingekocht. In de praktijk wordt dan een deel van het biogas ingezet voor verwarmingsdoeleinden via een CV. Dit is energetisch ongunstiger dan het inzetten van biogas in warmtekrachtkoppeling. Alleen door zowel elektriciteits- als warmteproductie mee te nemen wordt dit duidelijk.

Voor de *primaire energieberekening* wordt voorgesteld om uit te gaan van de MJA-methode, waarin voor opwekking van energie uit biogas uitgegaan wordt van de energie-inhoud van het biogas a 23,3 MJ/Nm³.

3.5 Opwekking energie uit overige bronnen

Voor de opwekking van energie uit overige bronnen zoals wind, zon en WKO wordt voorgesteld dat dit alleen mag worden meegerekend indien dit gebeurt op terreinen van rioolwaterzuiveringsinrichtingen. De reden hiervoor is dat er vanuit verschillende oogpunten een belangrijke scheiding is op het gebied van een rioolwaterzuiveringsinrichting zoals bijvoorbeeld vanuit vergunningsoptiek en ook vanuit de MJA-monitoring. Indien een waterschap actief is op gebied van duurzame energie buiten het eigen terrein, dan wordt in de MJA dit als ketenmaatregel beschouwd en gewaardeerd, maar de berekening van deze ketenmaatregelen valt buiten de scope van deze rapportage (zie paragraaf 2.2.1)

3.6 Inname externe "afvalwatervreemde" stromen

Door inname van externe afvalwatervreemde stromen kan meer biogas worden geproduceerd en energie worden opgewekt. Hiervoor moet bij kengetallen als bijvoorbeeld geproduceerd biogas/behandeld v.e. echter wel gecorrigeerd worden, aangezien dit een vertekend beeld geeft. Voor de inname van co-producten wordt daarom in het rekenmodel gevraagd naar de netto energieproductie uit deze stromen.

3.7 Chemicaliëngebruik

Met name door de initiatieven vanuit de Energiefabriek staat de ontkoppeling van verwijdering van organische stof en stikstof weer in het voetlicht. Voor de verwijdering van stikstof is organische stof nodig. In traditionele installaties wordt dit gecombineerd met de verwijdering van organische stof door aerobe micro-organismen. Dit proces vraagt veel zuurstof en dus energie. Door de stikstofverwijdering onafhankelijk te maken van de organische stof verwijdering kan veel energie worden bespaard. De organische stof kan zoveel mogelijk worden omgezet in biogas, terwijl energiezuinige technologieën zorgen voor stikstofverwijdering.

Door deze initiatieven is het gebruik van chemicaliën voor de afscheiding van organische stof weer in de belangstelling gekomen. De productie van deze chemicaliën vraagt echter ook energie. Voor veel waterschappers voelt het verkeerd om energie te besparen op het gebied van organische stof verwijdering en deze aan de andere kant weer weg te gooien in het productieproces van chemicaliën die hiermee gemoeid zijn en het extra energieverbruik voor de extra (chemisch) slibverwerking. Om deze reden is binnen dit project het energieverbruik van de productie van chemicaliën tevens meegenomen in het rekenmodel. De waarden zijn indicatief en afgeleid van de internationale databases voor LCA-verkenningen, conform de aanpak van de Klimaatneutrale waterketen (STOWA, 2008) en weergegeven in tabel 6.

Tabel 6 – Energiewaarden chemicaliën

Chemicaliën	MJ/kg
Metaalzouten	15,7
Polymeer	15,9
Natronloog	17,0
Zoutzuur	6,2
Methanol	22,7

Momenteel vindt er vanuit STOWA nader onderzoek plaats naar de waarden die in rekening worden gebracht voor chemicaliën. Het rekenmodel is zodanig opgezet dat deze nieuwe waarden kunnen worden ingevuld.

3.8 Slibeindverwerking

Op dit moment zijn nog geen goede getallen voor handen om het energieverbruik van de verschillende slibverwerkingsroutes te kwantificeren in kengetallen van bijvoorbeeld kWh/kg ds. Dit komt omdat de verschillende afzetroutes zeer divers zijn en niet van alle verwerkers genoeg data beschikbaar zijn. In de gehouden workshop bleek dat een aantal slibeindverwerkers in Nederland willen gaan werken aan betere openbare gegevens omtrent duurzaamheidsaspecten waaronder energieverbruik. Het verdient aanbeveling om bij dit initiatief aan te sluiten. In het rekenmodel is nu gekozen voor de optie om zelf verschillende energieverbruiken en eventuele opwekking in te geven. Ook zijn alvast de bulkchemicaliën genoemd die door de huidige Nederlandse slibverwerkers worden gebruikt. Hiervan zijn echter nog geen energieverbruiken bekend voor de productie ervan (zie 3.7).

4 Aanbevelingen

Het Excel-bestand 'Energie onder 1 noemer' bevat kengetallen, definities en systeemgrenzen, die door de afvalwatersector gebruikt kunnen worden voor een eenduidige bepaling van het energieverbruik zuiveringsbeheer. Het Excel-bestand is dusdanig opgesteld dat deze ook gebruikt kunnen worden voor de verschillende protocollen voor MJA, BZV, CBS, Klimaatakkoord en Energiefabriek. De verschillen in uitkomst kunnen met het Excel-bestand beter geduid worden.

Uit het project komen verder de volgende aanbevelingen tot nadere uitwerking voort:

Nadere uitwerking rekenmodel: Het wordt aanbevolen om het rekenmodel verder uit te werken op protocolniveau conform de voorbeelduitwerkingen van de cases. Daarnaast wordt een uitwerking op RWZI-niveau aanbevolen, om aansluiting mogelijk te maken bij de werkwijze en de doelen van de verschillende protocollen.

WKK- berekeningen: Dit rapport maakt inzichtelijk dat de inzet van biogas op verschillende wijzen wordt berekend in de verschillende protocollen. Het gaat hierbij met name om de energie die opgewekt wordt door een WKK en binnen de inrichting wordt verbruikt. Wordt deze energie in de vorm van elektriciteit en warmte wel, niet of deels meegeteld in het totale energieverbruik? Het verdient aanbeveling om de berekeningswijzen omtrent de inzet van de WKK binnen de protocollen op dezelfde wijze uit te voeren.

Energie-inhoud chemicaliën: Als energieverbruik ten gevolge van de productie van chemicaliën goed meegenomen moet worden, dan zal nader onderzoek moeten plaatsvinden naar de te hanteren waarden voor de verschillende chemicaliën.

Covergisting: Door inname van externe afvalwatervreemde stromen kan meer biogas worden geproduceerd en energie worden opgewekt. Hierdoor geven kengetallen als bijvoorbeeld geproduceerd elektriciteit uit biogas/behandeld v.e. een vertekend beeld. Het wordt daarom aanbevolen om bij de inname van co-producten apart de hieruit netto opgewekte energie te registreren.

MJA-3 en protocol monitoring hernieuwbare energie: Het verdient aanbeveling om deze twee protocollen op elkaar af te stemmen of, als dit niet mogelijk is, een korte toelichting te maken vanuit Agentschap NL wat de verschillen zijn en waarom deze er zijn.¹

Slibeindverwerking: Het verdient aanbeveling aan te sluiten bij het initiatief van een aantal slibeindverwerkers in Nederland om betere openbare gegevens te verkrijgen omtrent duurzaamheidsaspecten waaronder energieverbruik.

Productie van nutriënten: In de workshop is aangegeven dat in dit project geen aandacht wordt besteed aan nutriënten die in de toekomst geproduceerd kunnen worden, waar ook een secundaire energie-inhoud aan toe kan worden gekend. Dit aspect zou in een latere fase toegevoegd kunnen worden.

Broeikasgassen: Het verdient aanbeveling ook voor de bepaling van de emissies van de broeikasgassen CO₂, CH₄ en N₂O bij rioolwaterzuiveringsinstallaties nader onderzoek te verrichten en afspraken te maken over te hanteren kengetallen en systeemgrenzen.

Ten slotte, de verkregen inzichten in eenduidige kengetallen zijn ook van nut voor het bepalen van het energieverbruik in andere delen van de waterketen (drinkwater, riolering).

¹ In de afrondingsfase van dit rapport is de Handreiking monitoring MJA3 beschikbaar gekomen. In deze handreiking wordt voor de definitie van duurzame energie en de berekening van de besparing van de eigen opwekking van duurzame energie verwezen naar het 'Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie - update 2010'.

5 Bronnen

- Agentschap NL, 2010, Bijlagen MJA3, Hoofdstukken 2, 3 en 4 Monitoring Protocol, methodiek
- Agentschap NL, 2010, Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie - Update 2010
- CPB, ECN, Novem en RIVM, 2001, Protocol monitoring energiebesparing
- CBS, 2006, 25 Jaar Statistiek Zuivering van afvalwater in vogelvlucht
- Doorn, M., Maarleveld, M., Rijdsdijk, V. (2009). *Rapport ondersteuning klimaatakkoord*. Arnhem: Arcadis
- IPCC, 2006, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol 5 Waste, Vol 6 Waste Water
- IPCC, 2007, Fourth Assessment Report (AR4), Climate Change 2007: Synthesis report
- Energiefabriek, 2009, Werkrapport 'De Energiefabriek'
- Energiefabriek, 2010, Eindrapportage – Energie op realisatie, marketing en onderzoek
- Frijns, J. & M. Mulder, 2009, Benchmarking Sustainability of the Water Sector: Carbon Footprint Assessment, IWA Benckmarking Water Services conference, Amsterdam, 12-13 March
- Mirabella Mulder Waste Water Management, 2010, Inventarisatie informatiebehoefte energie in afvalwaterzuivering
- SenterNovem, 2005, Handreiking Monitoring MJA2
- SenterNovem, 2006, Protocol monitoring duurzame energie
- SenterNovem, 2008, Handreiking EEP 2009 – 2012
- STOWA, 2005, Slibketenstudie I, rapport nr. 2005-26
- STOWA, 2008, Op weg naar een klimaatneutrale waterketen, rapport nr. 2008-17
- STOWA, 2010, Op weg naar de RWZI 2030, rapport nr. 2010-11
- STOWA, 2010, Energie in de waterketen, rapport nr. 2010-35
- UvW (2006), Bedrijfsvergelijking zuiveringsbeheer 2006 (benchmark)
- Website I-DACTA: Interregional Dessimation on Activities in Cogeneration, Technologies and environmental Aspects: <http://i-dacta.digibel.be>
- Website MJA: <http://www.senternovem.nl/mja/> (Protocollen duurzame energie, energiebesparing en monitoring MJA)

I Bijlage: Samenvatting uitvragen MJA, CBS, BVZ en klimaatakkoord

Lijst van parameters voor alle uitvragen per jaar						
		CBS	CBS	BVZ	MJA	Klimaatakkoord
		enquete 1	enquete 2	2009	2009	Uitvraag 2009
Hoeveelheden	Eenheid					
Getransporteerde hoeveelheid afvalwater	m3	nee		ja	nee	nee
Behandelde hoeveelheid afvalwater	m3	ja		ja	nee	nee
Getransporteerde hoeveelheid afvalwater	m3km	nee		ja	ja	nee
Aangesloten i.e. 150 g TZV	i.e.150 g TZV (1)	ja		ja	nee	nee
Behandelde i.e. 150 g TZV	i.e.150 g TZV (1)	nee (2)		ja	nee	ja
Verwijderde i.e. 150 g TZV	i.e.150 g TZV (1)	nee (2)		ja	ja	nee
Geproduceerd slib RWZI	kg ds/d	ja		ja	nee (3)	ja
Geproduceerd slib RWZI	kg os/d	nee		nee	nee	nee
Ingekocht co-product voor vergisting	kg ds/d	nee		nee	nee	nee
Inkoop energiestromen						
<i>Inkoop elektriciteit grijs/groen</i>	Eenheid					
Afvalwatertransport	kWh		ja	ja	nee (4)	ja
Afvalwaterzuivering incl. slibontwatering	kWh		ja	ja	nee	ja
Afvalwatertransport, - zuivering en - slibontwatering	kWh		nee	nee	ja	nee
Slibontwatering	kWh		ja	ja	nee (3)	nee
Slibeindverwerking	kWh		nee	nee	nee	nee
<i>Inkoop elektriciteit groen (5)</i>	Eenheid					
Afvalwaterzuivering incl. slibontwatering	kWh		ja	ja	nee	ja
Afvalwatertransport, - zuivering en - slibontwatering	kWh		nee	nee	ja	nee
<i>Inkoop aardgas</i>	Eenheid					
Afvalwatertransport	Nm3		ja	nee	nee	nee
Afvalwaterzuivering incl. slibontwatering	Nm3		ja	ja	nee	ja
Afvalwatertransport, - zuivering en - slibontwatering	Nm3		nee	nee	ja	nee
Slibontwatering	Nm3		ja	nee	nee	nee
Slibeindverwerking	Nm3		nee	nee	nee	nee
<i>Inkoop warmte</i>	Eenheid					
Afvalwatertransport	Nm3		ja	nee	nee	nee
Afvalwaterzuivering incl. slibontwatering	Nm3		ja	nee	nee	nee
Afvalwatertransport, - zuivering en - slibontwatering	Nm3		nee	nee	ja	nee
Slibontwatering	Nm3		ja	nee	nee	nee
Slibeindverwerking	Nm3		nee	nee	nee	nee
Biogas	Eenheid					
Hoeveelheid geproduceerd biogas	Nm3		ja	nee (6)	ja	ja
Afgeakkeld en afgeblazen hoeveelheid biogas	Nm3		ja	nee (7)	ja	ja
Biogas voor directe aandrijving	Nm3		ja	nee	nee	nee (8)
Gemiddeld omzettingsrendement electriciteit	%		nee	nee	nee	nee (9)
Gemiddeld omzettingsrendement warmte	%		nee	nee	nee	nee
Totaal opgewekte electriciteit uit beschikbaar biogas	kWh		ja	nee	ja	nee
Totaal opgewekte warmte uit beschikbaar biogas	GJ		ja	nee	nee	nee
Nuttig ingezette warmte op rwzi	GJ		ja	nee	nee	nee (10)
Externe levering van warmte	GJ		ja	ja	ja	nee
Externe levering van elektriciteit	kWh		ja	ja	ja	nee
Externe levering van biogas/groengas	Nm3		ja	ja	ja	nee
Biogasproductie uit co-producten	Nm3		nee	nee	nee	nee

Lijst van parameters voor alle uitvragen per jaar						
		CBS	CBS	BVZ	MJA	Klimaatakkoord
		enquete 1	enquete 2	2009	2009	Uitvraag 2009
Chemicaliengebruik						
<i>Afvalwaterzuivering</i>						
Metaalzouten: per type kg opgeven	kg	ja (11)		nee (12)	nee	ja
Polymeer: per type kg opgeven	kg	ja (11)		nee	nee	nee
Natronloog	kg	ja (11)		nee	nee	nee
Zoutzuur	kg	ja (11)		nee	nee	nee
C-bronnen: per type kg opgeven	kg	ja (11)		nee	nee	nee
<i>Slibontwatering</i>						
Polymeer: per type kg opgeven	kg	ja		ja	nee	nee
Metaalzouten: per type kg opgeven	kg	ja		ja	nee	nee
Kalkmelk	kg	ja		ja	nee	nee
<i>Slibeindverwerking</i>						
Type slibeindverwerking		ja		ja	nee	nee
Brandstofverbruik						
Huisbrandolie/stookolie			ja	ja	ja	nee
Diesel/benzine en overige brandstoffen			nee	nee	ja	nee(13)
(1) Vanaf 1/1/2010 wordt een i.e. uitgedrukt in 150 g TZV ipv 136 g TZV						
(2) niet specifiek gevraagd; wel te herleiden uit gevraagde influentsamenstelling						
(3) alleen in de vorm van prestatiegraad MJprimair/kg ds ontwaterd slib						
(4) alleen in de vorm van prestatiegraad MJprimair/m3 kilometer						
(5) totale groene inkoop gerapporteerd niet per onderdeel afvalwatertransport, afvalwaterzuivering, slibontwatering etc.						
(6) BVZ werkt met standaard omzettingsrendementen WKK						
(7) alleen spui						
(8) er wordt gevraagd naar % nuttig toegepaste biogas						
(9) % totaal voor e en warmte						
(10) alleen vraag naar totaal nuttig ingezette biogas						
(11) gerapporteerde getallen lijken niet altijd betrouwbaar; onderling tussen uitvragen grote verschillen voor zelfde installaties						
(12) alleen ten behoeve van fosfaatverwijdering						
(13) alleen diesel voor gemalen						

Overzicht gebaseerd op uitvragen gedaan tot en met juni 2010

Bron:

Mirabella Mulder Waste Water Management, 2010, Inventarisatie informatiebehoefte energie in afvalwaterzuivering

II Bijlage: Omrekeningsfactoren MJA-3

Energiedrager (oud en nieuw)	Eenheid	Stookwaarde (GJ/eenheid)	CO2-em.factor kg CO2/GJ)
(Overige bitumineuze) steenkool	ton	24,5	94,7
Aardgas	Nm3	0,03165	56,8
Aardgascondensaat	ton	44	63,1
Afval (niet biogeen)	ton	34,4	73,6
Antraciet	ton	26,6	98,3
Biomassa vast	ton	15,1	109,6
Biomassa vloeibaar	ton	39,4	71,2
Bitumen	ton	41,9	80,7
Bitumineuze leisteel	ton	9,4	106,7
Bruinkool	ton	20	101,2
Chemisch restgas	Nm3	0,03165	66,7
Cokeskolen (basismetaleel)	ton	28,7	89,8
Cokeskolen (cokeovens)	ton	28,7	95,4
Cokesoven/gascokes	ton	28,5	111,9
Cokesovengas	Nm3	0,03165	41,2
Electriciteit	MWh	9	74,6
Ethaan	ton	45,2	61,6
Fosforovengas	Nm3	0,03165	149,5
Gas-/dieselolie	ton	42,7	74,3
Hoogovengas	Nm3	0,03165	247,4
Industrieel fermentatiegas	Nm3	0,0233	84,2
Kerosine luchtvaart	ton	43,5	71,5
Koolmonoxide	Nm3	0,0126	155,2
Leisteelolie	ton	36	73,3
LPG	ton	45,2	66,7
Methaan	Nm3	0,0359	54,9
Motorbenzine	ton	44	72
Nafta's	ton	44	73,3
Orimulsion	ton	27,5	80,7
Overige oliën	ton	40,2	73,3
Oxystaalovengas	Nm3	0,03165	191,9
Petroleum	ton	43,1	71,9
Petroleumcokes	ton	35,2	100,8
Primaire energie	TJ	1000	56,1
Raffinaderij grondstoffen	ton	44,8	73,3
Raffinaderijgas	Nm3	0,03165	66,7
Ruwe aardolie	ton	42,7	73,3
RWZI biogas	Nm3	0,0233	84,2
Smeeroliën	ton	41,4	73,3
Steenkoolbriketten en bruinkoolbriketten	ton	23,5	94,6
Steenkoolcokes/cokes	ton	29	103
Stortgas	Nm3	0,0195	100,7
Sub-bitumineuze kool	ton	20,7	96,1
Turf	ton	10,8	106
Warmte	TJ	1110	56,1
Waterstof	ton	117	0
Zware stookolie	ton	41	77,4

Bron: Agentschap NL, 2010, Bijlagen MJA3, Hoofdstukken 2, 3 en 4 Monitoring Protocol, methodiek

III Bijlage: Voorbeelden gegevens CBS STATLINE

CBS StatLine - Zuivering van stedelijk afvalwater; energieproductie en energieverbruik - Windows Internet Explorer

http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=70155ned&D1=a&D2=0&D3=11-19&HDR=G2&

Bestand Bewerken Beeld Favorieten Extra Help

Norton Kaarten en aanmeldingen

Favorieten Sit... Con... Hom... Mic... Rus... BV... Wan... Rus... Aan... Gra... Web...

CBS StatLine - Zuivering van stedelijk afvalwater; ene...

Zuivering van stedelijk afvalwater; energieproductie en energieverbruik

Tabeltoelichting Gewijzigd op 15 maart 2010. Verschijningsfrequentie: eenmaal per jaar. pas gegevens aan

Link Download Afdrukken Help

Kenmerken installaties	Onderwerpen	Perioden	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Totaal alle installaties	Productie en verbruik van biogas	Productie 1 000 m3	87 931	94 339	96 609	93 942	96 648	91 139	95 316	93 139	95 080
	Verbruik gasmotoren WKK installatie		65 890	70 435	74 925	72 777	70 658	68 346	65 016	66 672	69 054
	Verbruik gasmotoren directe aandrijving		.	.	.	.	1 455	1 527	1 628	1 610	1 405
	Verbruik voor opwarming slibgistingstank		7 805	9 186	4 705	4 548	4 913	5 073	4 574	4 452	6 122
	Verbruik voor slibontwatering		7 679	7 854	8 337	8 786	8 620	6 258	865	793	798
	Afgeakkeld		6 150	6 248	7 329	7 530	9 712	7 536	8 731	8 591	6 713
	Afgeblazen		.	.	1 197	278	939	400	325	800	414
	Verbruik of toepassing onbekend		407	616	116	24	350	1 251	5 167	1 086	1 415
	Aflevering		-	-	-	-	-	748	9 011	9 134	9 159
	Productie en verbruik overige energie	Elektriciteit Aankoop mln kWh	529	564	555	550	565	573	577	582	583
		Productie in WKK installaties	154	163	143	149	166	153	151	155	170
		Totaal verbruik	663	712	697	682	731	724	728	709	721
		Warmteproductie TJ	.	.	.	.	1 091	1 036	887	933	951
		Aardgasverbruik 1 000 m3	30 267	31 255	27 919	32 703	34 845	34 106	28 882	29 574	30 193
		Huisbrandolie verbruik 1 000 l	86	111	318	301	193	194	215	276	288
	Energie-efficiency zuiveringsproces	Verbruik per kg verwijld. BZV gemiddelde kWh	5,6	6,0	6,0	6,1	6,2	6,2	6,2	6,1	6,1
		Verbruik per kg verwijld. BZV landelijk	5,3	5,7	5,6	5,5	5,7	5,8	5,9	5,8	5,6
		Aandeel beluchting in totaalverbruik % van elektriciteit	66	65	60	62	61	60	60	61	60

© Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen 30-10-2010

CBS StatLine - Hernieuwbare energie; vermeden verbruik fossiel primair en vermeden CO2 - Windows Internet Explorer

http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/default.aspx?DM=SLNL&PA=7516&D1=0-28D2=0%2c37-44&D

Bestand Bewerken Beeld Favorieten Extra Help

X Norton Kaarten en aanmeldingen

Favorieten Sit... Con... Hom... Mic... Rus... BV... Wan... Rus... Aan... Gra... Web...

CBS StatLine - Hernieuwbare energie; vermeden verb...

X Zoeken: hernieuw Vorige Volgende Opties

meden CO2
lichting Gewijzigd op 15 juli 2010. Verschijningsfrequentie: eenmaal per jaar. pas gegevens aan

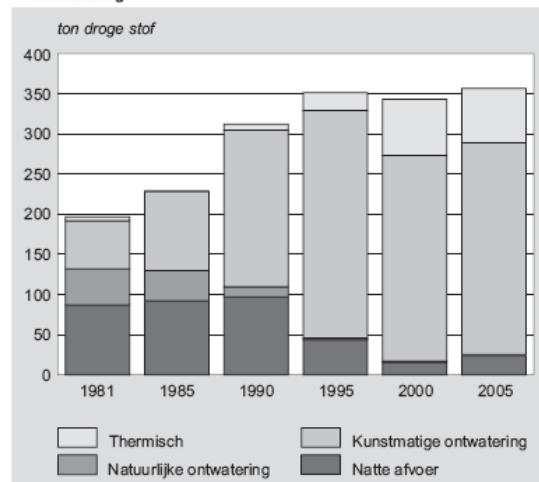
Link Download Afdrukken Help

Onderwerpen	Perioden	Bron/techniek	Totaal energiebronnen	Biogas, totaal	Biogas uit stortplaatsen	Biogas uit rioolwaterzuiveringsinstall.	Biogas op landbouwbedrijven	Biogas, overig	Biobrandstoffen voor wegverkeer, totaal	Biobenzine	Biodiesel
Vermeden verbruik prim. fossiele energie	2000	TJ primair/jaar	35 059	4 349	1 986	1 493		870	-	-	-
	2001		39 671	4 457	1 971	1 606		880	-	-	-
	2002		47 150	4 599	2 096	1 609		894	-	-	-
	2003		48 063	4 443	1 847	1 620		976	134	-	134
	2004		59 769	4 382	1 660	1 694		1 027	134	-	134
	2005		80 097	4 135	1 608	1 452	76	998	101	-	101
	2006		87 265	4 487	1 519	1 324	459	1 185	1 766	798	968
	2007		92 487	5 502	1 410	1 434	1 434	1 223	13 031	3 687	9 344
	2008		109 118	7 342	1 408	1 494	2 977	1 463	12 048	4 524	7 524
	2009**		123 642	8 491	1 321	1 433	4 055	1 682	15 414	5 835	9 580
	2000	mln m3 aardgas-equivalenten	1 107,7	137,4	62,7	47,2		27,5	-	-	-
Vermeden primaire energie in mln m3 a.e.	2001		1 253,4	140,8	62,3	50,7		27,8	-	-	-
	2002		1 489,7	145,3	66,2	50,8		28,3	-	-	-
	2003		1 518,6	140,4	58,4	51,2		30,8	4,2	-	4,2
	2004		1 888,4	138,4	52,5	53,5		32,5	4,2	-	4,2
	2005		2 530,7	130,6	50,8	45,9	2,4	31,5	3,2	-	3,2
	2006		2 757,2	141,8	48,0	41,8	14,5	37,4	55,8	25,2	30,6
	2007		2 922,2	173,8	44,6	45,3	45,3	38,7	411,7	116,5	295,2
	2008		3 447,7	232,0	44,5	47,2	94,1	46,2	380,7	143,0	237,7
	2009**		3 906,5	268,3	41,7	45,3	128,1	53,1	487,0	184,4	302,7

Internet 100%

start C:\Doc... eindrap... 3 Outl... 3 Inte... 2 Ado... 13:12

4. Hoeveelheid zuiveringsslib (droge stof) per methode van ontwatering



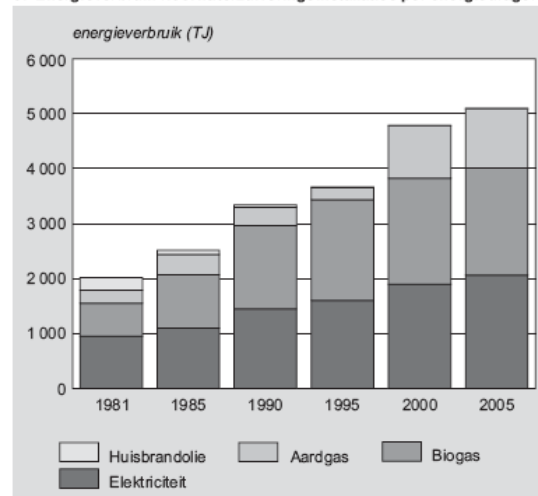
Figuur 5 laat zien dat de manier waarop het zuiveringsslib wordt verwerkt, eveneens sterk is veranderd.¹⁰⁾ In 1981 werd het merendeel van het zuiveringsslib gestort of als meststof toegepast in de landbouw. Per 1 januari 1995 is de afzet naar de landbouw van slib uit rioolwaterzuiveringsinstallaties beëindigd door de invoering van de normen voor gehalten van zware metalen uit het Besluit kwaliteit en gebruik van overige organische meststoffen.⁸⁾ Strengere regels voor het storten⁹⁾ van zuiveringsslib hebben ook de afzet naar stortplaatsen sterk doen afnemen.

In 2005 wordt het grootste deel van het zuiveringsslib verbrand. Overigens kan de hoeveelheid afgezet zuiveringsslib in figuur 5 afwijken van de hoeveelheden slib in figuur 4 (per ontwateringsmethode). Dit verschil wordt veroorzaakt door meerjarige opslag.

Energieverbruik en vermeden CO₂-emissies

De enquête levert ook waardevolle informatie op over het energieverbruik van de rwzi's. Figuur 6 laat zien dat het energieverbruik van rioolwaterzuiveringsinstallaties in Nederland sterk is gegroeid¹¹⁾. Was er in 1981 behoefte aan 2000 TJ (=1 012 Joules) aan ener-

6. Energieverbruik rioolwaterzuiveringsinstallaties per energiedrager



gie, in 2005 is dit toegenomen tot circa 5 000 TJ. Deze toename wordt vooral veroorzaakt door een toename in de aankoop van elektriciteit voor o.a. aandrijving van pompen, beluchters en blowers. Ook is het verbruik van aardgas gestegen, met name door het gebruik van aardgasgestookte slibdrooginstallaties. Ten slotte is door een toegenomen slibgisting ook de productie en het verbruik van biogas (figuur 6) gestegen. Het biogas wordt veelal direct weer gebruikt op de rwzi om elektriciteit en warmte op te wekken in WKK installaties.

De elektriciteit verkregen door de inzet van biogas in WKK installaties op rwzi's wordt beschouwd als duurzame energie.¹²⁾ Het aandeel van deze productie in het totale binnenlandse elektriciteitsverbruik varieert de laatste 15 jaar tussen de 0,08 en de 0,15 procent.¹³⁾ De inzet van biogas van rwzi's leidt zo tot een lager verbruik van fossiele energiebronnen en daardoor tot een lagere nationale CO₂-emissie zoals die wordt berekend in het kader van de IPCC richtlijn (Kyoto-protocol). Deze zogenaamde vermeden CO₂-emissie bedraagt voor de rwzi's de laatste jaren circa 150 kton CO₂ per jaar ofwel 0,8 promille van de totale Nederlandse CO₂-emissie.¹³⁾ De vermeden CO₂-emissie is berekend met referentietechnologieën uit het Protocol Monitoring Duurzame Energie.¹²⁾

Bron: CBS, 2006, 25 Jaar Statistiek Zuivering van afvalwater in vogelvlucht

IV Bijlage: Exergie en Anergie bij WKK

Wanneer het over energievoorziening gaat, wordt vaak in eerste instantie aan elektriciteit gedacht. Toch bestaat een groot deel van de energievraag niet uit elektriciteit, maar uit warmte. Zowel warmte als elektriciteit zijn vormen van energie, maar ze zijn niet gelijkwaardig. Voor een goede vergelijking dienen we rekening te houden met de omzetbaarheid van energie in een andere energievorm. Niet alle vormen van energie zijn immers volledig omzetbaar in andere. In dit kader moeten we de begrippen “exergie” en “anergie” vermelden.

Exergie is dat gedeelte van de energie dat volledig omzetbaar is in andere energievormen; anergie daarentegen is het gedeelte dat niet (meer) volledig omzetbaar is in andere vormen. Het is duidelijk dat aan exergie een grotere waarde dient gehecht te worden dan aan anergie, en dat met deze exergie dan ook zuinig omgesprongen moet worden.

Elektriciteit is volledig omzetbaar in andere vormen, zoals bijvoorbeeld mechanische energie, in warmte, ... en bestaat dus volledig uit exergie. Warmte is echter een energievorm met een lagere kwaliteit, die niet meer volledig kan omgezet worden in een andere energievorm. Warmte bevat dus naast exergie ook anergie, en het aandeel van de anergie neemt toe naarmate de warmte op lagere temperatuur beschikbaar is.

Meestal worden warmte en elektriciteit gescheiden geproduceerd, wat wil zeggen dat elke energievorm in een afzonderlijke installatie wordt opgewekt. Elektriciteit is, in tegenstelling tot warmte, gemakkelijk te transporteren. De opwekking gebeurt dan ook vaak op afstand, in grote centrales. Via het net wordt de elektriciteit dan naar de eindgebruiker gebracht. Warmte wordt meestal ter plaatse, bij de gebruiker, geproduceerd met behulp van een boiler of een ketel.

De chemische energie van de brandstof wordt daar via een verbranding omgezet in warmte. Deze warmte is meestal echter gevraagd op een niet al te hoge temperatuur. Dit betekent dat de energie uit brandstof wordt omgezet in warmte die een groot deel anergie bevat. In het kader van een zo efficiënt mogelijke benutting van brandstoffen is dit uiteraard een spijtige zaak, gezien kostbare exergie verloren gaat.

Warmtekrachtkoppeling (afgekort WKK) kan voor dit probleem een oplossing bieden. Hierbij wordt warmte en elektriciteit in eenzelfde installatie opgewekt. Gezien warmte zo moeilijk te transporteren is, bevindt deze installatie zich dicht bij de warmteverbruiker.

De hoogwaardige warmte (1200°C) die vrijkomt bij het verbranden van de brandstof wordt dan eerst gebruikt voor het produceren van mechanische energie, die dan verder via een alternator wordt omgezet in elektriciteit. Hierna blijft de laagwaardige restwarmte (bijvoorbeeld 500°C) over, en deze wordt dan gebruikt om te voldoen aan de specifieke warmtevraag van een bedrijf, van een ziekenhuis, ...

Men kan dus stellen dat een WKK een slimme manier is om warmte te produceren, waarbij een veel hoger exergetisch rendement bekomen wordt. Warmte is inderdaad de belangrijkste factor, en het is dan ook essentieel dat de warmte nuttig aangewend wordt. Daarom wordt een warmtekrachtkoppeling installatie ook bij voorkeur op de warmtevraag gedimensioneerd. De elektriciteitsopwekking wordt hierbij gebruikt om de warmte op de gewenste temperatuur te produceren, en zorgt daardoor voor minder exergieverlies en voor een meer rationeel energiegebruik.

Er bestaan verschillende technologieën om het bovenstaande principe van gecombineerde productie van elektriciteit en warmte te realiseren. Elke technologie heeft zijn specifieke toepassingsgebieden. De meest courante uitvoeringsvormen zijn de stoomturbine, de gasturbine en de inwendige verbrandingsmotor, die zowel gas als diesel als brandstof kan hebben. Daarnaast staan microturbinen op de rand van een marktdoorbraak, en wordt onderzoek verricht naar nieuwe technologieën, zoals Stirlingmotoren en

brandstofcellen.

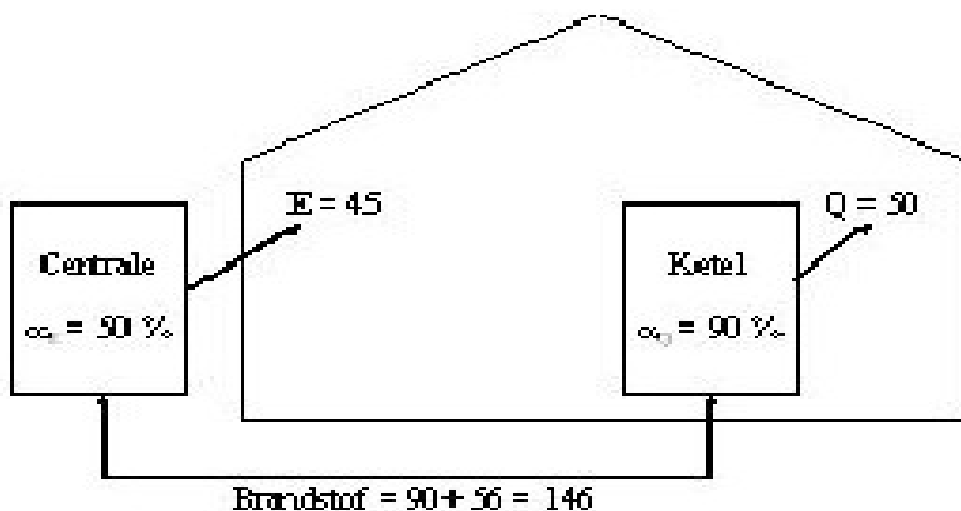
Het principe van warmtekrachtkoppeling kan verder uitgebreid worden door ook trigeneratie te beschouwen. Naast elektriciteit en warmte produceert een dergelijke eenheid ook koude. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een absorptiekoelmachine. Sterk vereenvoudigd zou men dus kunnen stellen dat in een dergelijke machine warmte gebruikt wordt om koude te produceren. Wanneer de warmtevraag in de zomerperiode afneemt, kan de WKK toch nog blijven draaien, en zijn warmte nuttig aanwenden om te voldoen aan de vraag naar koude.

Het grote voordeel aan warmtekrachtkoppeling is dus dat bij een gezamenlijke opwekking van warmte en elektriciteit de in de brandstof aanwezige energie veel beter wordt benut. Hierdoor is bij cogeneratie beduidend minder brandstof nodig dan bij een gescheiden productie van eenzelfde hoeveelheid warmte en elektriciteit.

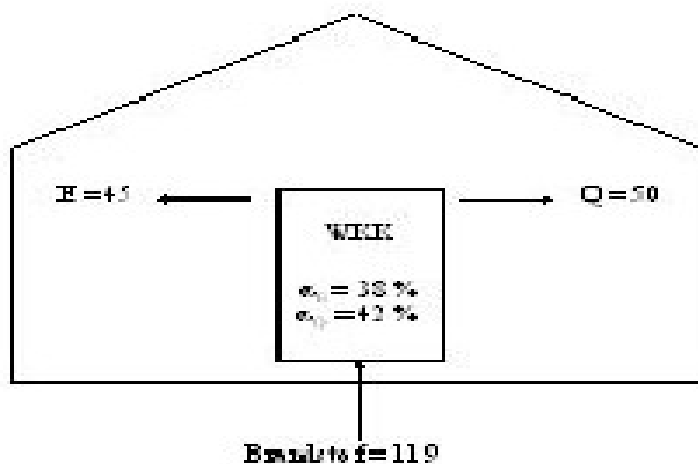
Primaire energiebesparing van WKK tegenover gescheiden productie Een bedrijf heeft een bepaalde behoefte aan warmte en elektriciteit, en kan aan deze behoefte voldoen via gescheiden productie of via warmtekrachtkoppeling. Bij een goed gedimensioneerde WKK, zal deze laatste optie voor een aanzienlijk kleiner totaal brandstofverbruik zorgen. Brandstof is primaire energie, zodat men voor WKK vaak spreekt over een primaire energiebesparing.

Nemen we als voorbeeld een bedrijf dat 45 eenheden elektriciteit en 50 eenheden warmte nodig heeft.

We veronderstellen dat bij gescheiden opwekking de elektriciteitsproductie een rendement heeft van 50% en de warmteproductie (ketel) een rendement van 90% haalt. Deze configuratie leidt dan tot een brandstofverbruik van $45/0,5 + 50/0,9 = 146$ eenheden.



Een WKK, stel een gasmotor, met elektrisch rendement van 38% en een thermisch rendement van 42%, kan in theorie precies aan deze vraag voldoen, en heeft daarvoor 119 eenheden brandstof nodig. Dit zijn 27 eenheden minder dan bij gescheiden productie, of een relatieve primaire energiebesparing van 18,5%.



Voorgaande is natuurlijk een ideaal geval, waarbij de WKK op elk moment precies de behoefte aan zowel warmte als elektriciteit kan dekken. In de praktijk is dit nooit het geval, zodat de mogelijkheid om bijkomende energie te produceren op de klassieke wijze steeds moet voorzien worden. Dit zorgt er natuurlijk voor dat de primaire-energiebesparing kleiner zal zijn dan wat hiervoor werd berekend.

Bron: website I-DACTA (Interregional Dessimination on Activities in Cogeneration, Technologies and environmental Aspects) <http://i-dacta.digibel.be>

