

# *Visiedocument Kansen voor Groen Gas in de Drechtsteden*



Auteurs:

Steef de Valk (TU Delft – CiTG)

Ralph Lindeboom (TU Delft – CiTG)

*Opgesteld in samenspraak met:*

*Merlijn Timmers (gemeente Hardinxveld-Giessendam)*

*Roosmarijn Sweers (regio Drechtsteden)*

**Datum: 16 April 2021**

## Inhoudsopgave

|       |                                                                             |   |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------|---|
| 1     | Inleiding.....                                                              | 2 |
| 2     | Onbenutte chemisch energie.....                                             | 3 |
| 2.1   | Verkenning groengas uit GFT en menselijke uitwerpselen via vergisting ..... | 3 |
| 2.2   | Effectiever gebruik maken van huidige bronnen voor groen gas .....          | 4 |
| 2.2.1 | Rioolwater – organisch materiaal .....                                      | 4 |
| 2.2.2 | Rioolwater – warmte .....                                                   | 4 |
| 2.2.3 | GFT en ander plantaardig materiaal .....                                    | 5 |
| 2.3   | Toepassingen voor het geproduceerde groene gas.....                         | 5 |
| 3     | Oplossingen voor het vergroten van de groene gas voorraad .....             | 6 |
| 3.1   | Energieproductie.....                                                       | 6 |
| 3.2   | Flexibiliteit energiesysteem .....                                          | 7 |
| 4     | Vertaling naar de Nederlandse situatie .....                                | 7 |
| 5     | Naslagwerk.....                                                             | 9 |

## 1 Inleiding

Het doel van dit document is om inzicht te bieden in de mogelijkheden van het inzetten en benutten van lokale duurzame energiebronnen in de periode 2030 tot 2050 voor de Drechtsteden. De focus zal hierbij liggen op het gebruik van rioolwater en GFT voor het produceren van groen gas. De huidige focus van het overheidsbeleid is op het compleet vervangen van de aardgas behoefte, maar vanwege de specifieke eigenschappen van aardgas, die moeilijk te vervangen zijn met andere energiedragers, verwachten wij dat er grote kansen liggen voor het beter benutten van groen gas.

Dit document zal uit de volgende onderdelen bestaan: 1) Allereerst zal het theoretische maximum van GFT en menselijke uitwerpselen bepaald worden voor de populatie van de Drechtsteden, 2) vervolgens zal dit vergeleken worden met de huidige groengas productie uit deze bronnen, 3) daarna zullen wij op basis van een inventarisatie van de benutbare energiebronnen in de huidige situatie in de Drechtsteden gebruiken om tot 4) outside-the-box ideeën te komen om het potentieel maximaal te benutten en mogelijk zelfs te vergroten. Als laatste zullen wij een outlook geven 5) hoe dit zich van een regionale situatie kan vertalen naar een de landelijke situatie.

## 2 Onbenutte chemisch energie

Door wonen en werken zijn er verschillende rest stromen, zoals warmte en chemische energie die voorsnog onbenut blijven. Deze reststromen kunnen benut worden, denk hierbij aan individuele woningen of via decentrale toepassingen op appartementencomplex, op wijk/buurt niveau, als piekvoorziening van een warmtenet of toegevoegd worden aan het gasnet. In deze sectie zullen verschillende onbenutte bronnen benoemd worden, mogelijke toepassingen c.q. oplossingen gegeven worden om deze bronnen beter te benutten en waar mogelijk een koppeling kan worden gemaakt met bestaande initiatieven en/of projecten.

### 2.1 Verkenning groengas uit GFT en menselijke uitwerpselen via vergisting

Een overzicht is gemaakt met enerzijds de energie vraag voor inwoners van de Drechtsteden, in de vorm van aardgas, en de maximale theoretisch haalbare groengas productie vanuit GFT en menselijke uitwerpselen (op basis van CBS-gegevens en vuistregels voor menselijke uitwerpselen per dag per persoon). De theoretische berekening is puur op energetische basis gemaakt en zal in de praktijk altijd lager uitvallen. De gegevens zijn verwerkt in tabel 1.

**Tabel 1: Gas vraag en maximaal theoretische groen gasproductie voor de Drechtsteden in GJ per jaar.** Berekening op basis van CBS-gegevens uit 2019 en vuistregels voor menselijke uitwerpselen per dag per persoon en methaan vorming uit gft-materiaal.

| De Drechtsteden          | Totaal Energie import CH <sub>4</sub><br>(GJ/jaar) | Uitwerpselen CH <sub>4</sub><br>GJ/jaar | GFT CH <sub>4</sub><br>GJ/Jaar |
|--------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|
| Alblasserdam             | 382.441                                            | 8.011                                   | 3.329                          |
| Dordrecht                | 2.444.962                                          | 47.365                                  | 12.892                         |
| Hardinxveld-Giessendam   | 364.219                                            | 7.206                                   | 3.681                          |
| Hendrik-Ido-Ambacht      | 562.732                                            | 12.361                                  | 3.632                          |
| Papendrecht              | 615.868                                            | 12.890                                  | 4.338                          |
| Sliedrecht               | 494.803                                            | 9.990                                   | 3.843                          |
| Zwijndrecht              | 971.654                                            | 17.819                                  | 5.785                          |
| <b>Totaal (TJ/jaar)</b>  | <b>5.837</b>                                       | <b>116</b>                              | <b>38</b>                      |
|                          |                                                    |                                         |                                |
| <b>Totaal (TWh/jaar)</b> | <b>1.62</b>                                        | <b>0.03</b>                             | <b>0.01</b>                    |

De totale gas energiebehoefte kan maximaal voor 2.5% gedekt worden uit de bronnen GFT en menselijke uitwerpselen die beschikbaar zijn in de Drechtsteden. Indien andere reststromen ook omgezet kunnen worden, kan dit aandeel een factor 5-6 vergroot worden. Zoals vermeld, zullen deze energetische waarden niet behaald worden in de praktijk. Gedurende afvalwater transport, beluchting en vergistingsprocessen in een AWZI en de conversie naar elektriciteit, gaat energie verloren. Energie

‘lekken’ van  $\text{CH}_4$  van  $390 \text{ kJ / m}^3$  per dag komen voor gedurende transport door premature vergisting in het riool. Een voorzichtige schatting geeft aan dat er in de conventionele zuivering daarbovenop minimaal 40-60% van de energie potentie uitgedrukt in Chemisch Zuurstof Verbruik (CZV<sup>1</sup>) van het menselijk geproduceerde organische materiaal verloren gaat door bezinking, aerobe biologische activiteit, fermentatie efficiëntie en via het effluent van door in water opgelost methaangas. Hiernaast consumeert de beluchting daarbij ook nog circa 1kWh elektriciteit per kg te behandelen CZV. Het is belangrijk te melden dat de  $\text{CO}_2$  die vrijkomt bij behandeling van organisch materiaal, in balans is met de koolstofcyclus in tegenstelling tot de  $\text{CO}_2$  die vrijkomt met de verbranding van fossiele bronnen.

## 2.2 Effectiever gebruik maken van huidige bronnen voor groen gas

### 2.2.1 Rioolwater – organisch materiaal

Energieverlies of CZV-verlies, kan voorkomen worden door dicht op de bron het afvalwater te behandelen. Hierdoor wordt voorkomen dat er prematuur methaan gevormd wordt in het riool. Een ander voordeel is dat vergistingssystemen simpeler ontworpen kunnen worden en directe vergisting een mogelijkheid wordt doordat de organische stroom zuiverder is zonder de instroom van hemelwater. Een bijkomend voordeel is ook de hogere temperatuur van de afvalwaterstromen waardoor het vergistingsproces makkelijker op temperatuur gehouden kan worden.

Hiernaast moet gedacht worden aan het scheiden van grijswater van zwartwater. In het algemeen geldt dat hoe geconcentreerder de stroom hoe beter en simpeler de vergisting zal zijn.

- Decentrale vergisting
- Direct op de bron
- Hogere temperatuur aan de bron
- Efficiëntere simpelere systemen
- Geen energieverlies door transport
- Verminderde  $\text{CH}_4$  emissies

### 2.2.2 Rioolwater – warmte

Afvalwater komt in het algemeen met lage temperatuur (20-30 °C) verwarmd uit huizen en kantoren. De temperatuur zal vooral afhangen van het tijdstip van de dag, waarbij de temperaturen in de ochtend hoger zullen liggen dan in de avond door het lozen van verwarmd douche water. Deze warmte-energie zal verloren gaan wanneer het water getransporteerd wordt naar de zuivering. Hierdoor moet er alsnog energie gestopt worden in het verwarmen van het AWZI influent om de vergister goed te laten functioneren.

Het benutten van deze bron kan doormiddel van warmtewisselaars. De gewonnen warmte kan hierna worden ingezet voor andere doeleinden zoals het bijdragen aan het verwarmen van water voor particulier gebruik of voor bovengenoemde lokale water zuiveringsprocessen en/of aan het bijdragen aan verwarmen van woningen en kantoorpanden.

- Decentraal
  - o Gebruikmakend van warmtewisselaars of “phase-changing” materials
  - o Verwarming van systemen in combinatie met individuele of collectieve warmtepompen

---

<sup>1</sup> CZV is een veelgebruikte term in de afvalwater sector wereld, voor de hoeveelheid zuurstof, in grammen, die nodig is om een (organische) stof volledig te reduceren naar  $\text{CO}_2$  en  $\text{H}_2\text{O}$

- De retourleiding van het warmtenet kan worden benut voor opwarmen van rioolwater ten behoeve van vergistingsprocessen.

### 2.2.3 GFT en ander plantaardig materiaal

GFT wordt door HVC verwerkt naar compost en groen gas. Indien directe vergisting wordt uitgevoerd kan er naast groen gas ook compost gemaakt worden van het digestaat (het materiaal dat overblijft na de vergisting). Het gebruik van dit materiaal zal naast bodemverbetering in Nederland ook zorgen dat (buitenlandse) veengrond niet wordt afgegraven voor compost en dat de daarbij vrijkomende  $\text{CO}_2$ /  $\text{CH}_4$  emissies voorkomen worden.

- Directe vergisting van GFT
- Additionele plantaardige bronnen zoals berm maaisel naast GFT
- Gebruik van digestaat als bodem verbeteraar.
- Verminderde  $\text{CO}_2$ /  $\text{CH}_4$  emissies door bodem afgraving.

Als alternatief kan groente en fruit afval, indien goed vermalen, ook toegevoegd worden aan een decentrale, lokale vergistingsinstallatie. Tuinafval dat in het algemeen veel houtachtig materiaal bevat is niet geschikt voor de kleinere decentrale oplossingen en zal centraal behandeld moeten worden.

## 2.3 Toepassingen voor het geproduceerde groene gas

Belangrijke aspecten van vergisting en het gevormde biogas is het gebruik ervan. Hieronder zullen een aantal mogelijkheden en de daarbij horende implicaties besproken.

- Injecteren in bestaande gasnetwerken. Hierbij moet rekening gehouden met het opwerken van het biogas naar de kwaliteit en gepaste druk die gehanteerd wordt in het gasleidingnetwerk. Afhankelijk van het ontwerp kan Autogenerative High Pressure Digestion direct op het lokale net (8 bar) ingezet worden, maar ook daar is het noodzakelijk een monitoringssysteem aan te brengen. Hiermee kan voorkomen worden dat eventuele operationele upsets, geen negatieve gevolgen hebben voor de gaskwaliteit die in het gasnet geïnjecteerd wordt. Het  $\text{AH}_2\text{PD}$  proces koppelt elektrolyse (het produceren van waterstof uit water) bij piekoverschot aan het omzetten van  $\text{CO}_2$  uit het biogas naar extra  $\text{CH}_4$ .
- Warmtekrachtkoppeling (WKK): Omzetten van biogas naar elektriciteit. Deze systemen hebben een elektrisch rendement van 30 tot 45% en thermische rendementen van 40 tot 50%. Natuurlijk kan de extra warmteproductie benut worden. De efficiëntie is sterk afhankelijk van schaalvoordelen en een WKK moet dus niet te klein gedimensioneerd worden.
- Fuel Cells: Solid Oxide Fuel Cells (SOFC's) zeer efficiënte omvorming van gas naar elektriciteit. Rendementen van 50 tot 60% zijn mogelijk. Natuurlijk kan de extra geproduceerde warmte benut worden.
- Warmtenet: Gebruik van groen gas voor extra warmte generatie voor het warmtenet. Dit zou echter enkel op piekvraag momenten moeten gebeuren, omdat bij stabiele vraag er efficiëntere oplossing zoals restwarmte, lage en hoge temperatuur warmtepompen, aqua- en geothermie zijn.

### 3 Oplossingen voor het vergroten van de groene gas voorraad

In deze sectie zijn een aantal 'outside-the-box' thematisch gegroepeerde suggesties beschreven, die ervoor zorgen dat de groene gas voorraad vergroot of beter benut kan worden. De gemeenschappelijke deler is dat zij allen een vorm van energie omzetten naar chemische energie. Deze suggesties zullen nooit op zichzelf de oplossing zijn voor de transitie naar groene energie, maar zullen altijd opgenomen en gecombineerd moeten worden met bestaande of te ontwikkelen systemen. De aangedragen suggesties kunnen regio specifiek zijn en mogelijk over de gemeentegrenzen heen stijgen.

#### 3.1 Energieproductie

Gescheiden inzamelen van grijswater, zwart water en urine. Dit maakt het gebruik van warmtewisselaars voor grijswater, de vergistingsprocessen van zwart water en de mogelijkheden tot het gebruik van ammonia, als toekomstige energiebron, veel efficiënter. Dit leidt er wel toe dat er nieuwe leidingen binnen en buitens huis aangelegd moeten worden, sanitaire voorzieningen in woningen aangepast moeten worden en veel kleinschalige biogas producerende installaties gebouwd moeten worden. Mogelijk is dit beter geschikt voor nieuwbouw. Onderhoud van deze installaties zal nieuwe werkgelegenheid in de regio kunnen betekenen, mits er voldoende personeel wordt opgeleid.

De functie van het rioleringsstelsel kan behouden worden voor watertransport doeleinden, alleen in mindere mate naar een centrale zuivering. Water wordt een schaars goed waardoor het opslaan van lokaal gezuiverd water, in bijvoorbeeld spaarbekkens zeer belangrijk wordt. Het huidige rioleringsstelsel zou hier een belangrijke rol in kunnen spelen.

Hieronder, nogmaals, een overzicht van mogelijke bronnen voor energieproductie.

- **Rioolwater**
  - Organisch materiaal: Decentrale vergistingsoplossingen om het maximale uit het menselijk organisch materiaal te halen zo dicht mogelijk bij de bron. Scheiding van grijs en zwart water is noodzakelijk. Toepassing op wijkniveau.
  - Ammonia-stikstof: Stikstof kan als energiedrager ingezet worden. Stikstof komt in grote hoeveelheden vrij bij het vergisten van organisch materiaal en in de vorm van urea in urine. Uiteraard zal de urine apart verzameld moeten worden. Ammonia kan gebruikt worden als energiedrager mits de concentraties hoog genoeg zijn zodat hoge concentraties ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) geproduceerd kan worden. Vervolgens kan de ammoniak gebruikt worden in een fuel-cell om elektriciteit en warmte op te wekken. Energie uit ammonia stikstof is op het moment nog in onderzoek om het systeem netto energie producerend te maken.
- **GFT – Organisch materiaal:** Indien gewenst zijn decentrale oplossingen mogelijk samen met zwartwater behandeling. Tuinafval vraagt vanwege de grote hoeveelheid vezels (lignocellulose) een hogere temperatuur voorbehandeling (150-200°C) om goed vergist te kunnen worden en is dus efficiënter om in te zamelen en centraal te vergisten. Het groente en fruit materiaal dient goed vermalen te worden. Toepassing op wijkniveau (groenten en fruit) en regio niveau (tuin, maaisel en ander plant materiaal).
- **Zon en windenergie –** Deze bronnen kunnen gebruikt worden om, via verschillende wegen, elektrische energie vast te leggen in groen gas. Deze bronnen zijn gegroepeerd onder flexibele

energiesystemen. Het AH<sub>2</sub>PD systeem valt hier ook onder aangezien dit vergistingssysteem elektrische (piek) energie kan gebruiken om extra methaan te vormen.

### 3.2 Flexibiliteit energiesysteem

Hieronder een overzicht van alternatieve duurzame energiebronnen, die aangewend kunnen worden om energie vast te leggen in chemische energie, en daardoor energieproductie en energievraag beter op elkaar aan te laten sluiten.

- CH<sub>4</sub> productie uit H<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub>: Stroom vanuit groene energiebronnen kan gebruikt worden om H<sub>2</sub> te produceren vanuit water en dit samen met CO<sub>2</sub> te combineren om CH<sub>4</sub> te produceren. Hierbij kan gedacht worden aan de volgende CO<sub>2</sub> bronnen: Industrie, biogas, planten en paarse bacteriën. De H<sub>2</sub> leiding tussen Antwerpen en Rotterdam kan uitkomsten bieden in geval van onverwachte wind en zon tekorten. Combinatie met AHPD of AH<sub>2</sub>PD is zeer interessant met name als de afstand van duurzame energiebronnen tot midden spanning-stations te groot is.
- H<sub>2</sub> productie: Hoge temperatuur elektrolyse cellen. Deze zijn efficiënter dan hun lage temperatuur tegenhangers.
- Omkeerbare fuel cell: aansluitend op laatste ontwikkelingen op rSOFC gebied en momenteel nog op TRL 4-5
- Opslag van (piek) elektriciteit in mechanische oplossingen. Denk hierbij aan potentiële energie opgeslagen in hoogte verschillen, vliegwielen of hogedruk stoom.
- Living wall systems: Verticale planten groei voor biomassa. Bijkomstige voordelen zijn het tegen gaan van hitte eilanden, het verbeteren van de luchtkwaliteit, grijswater zuivering, mogelijkheden tot urban-farming en esthetisch.
- Fotobioreactoren: Verticaal produceren van algen. Algen bevatten suikers en oliën die zeer goed vergistbaar zijn en dus biogas kunnen opleveren. Algen bevatten echter ook veel componenten die niet makkelijk om te zetten zijn in CH<sub>4</sub> waardoor combinatie met hydrothermale voorbehandeling voorzien moeten worden.
- Concentrated Solar Power (CSP): Alhoewel alleen bruikbaar in de zomer of in gebieden richting de evenaar, kan dit systeem gekoppeld worden aan thermische opslag van energie in de vorm van gesmolten zout, een turbine voor elektriciteit generatie of hoge temperatuur thermolyse van water voor de productie van H<sub>2</sub>. Bij droging en opslag van tuinafval, kan dit mogelijk wel in de zomermaanden ingezet worden om de thermochemische omzetting efficiënter te maken.
- Drogen van biomassa voor opslag voor later gebruik gedurende verwachte pieken in energie vraag zoals in de winterperiode.
- Hydrothermale voorbehandeling voor het ontsluiten van biomassa met name geschikt voor vezelrijk plantaardig materiaal vanuit tuinen, landbouw en ander maaisel.
- Opslaan van groen gas of biomassa bestemd voor vergisting. Piek warmte vragen zijn seizoen gebonden en op deze manier kan de opslag aan deze voorspelbare vraag voldoen.

## 4 Vertaling naar de Nederlandse situatie

Op basis van de huidige socio-economische ontwikkelingen is het waarschijnlijk dat ons energiesysteem zich zal door ontwikkelen in een combinatie van elektriciteit, hernieuwbaar gas en warmtenetten. Groen gas is daarbij een waardevol onderdeel als energiebron en als energiedrager. Middels bovenstaande visie hebben wij gepoogd een overzicht te schetsen van alle kansen die er liggen in en rondom de Drechtsteden om het groen gas potentieel te benutten en mogelijk zelfs te vergroten.

Concreet, is het huidige potentieel van groen gas productie uit GFT en rioolwater beperkt. Om het potentieel uit deze bronnen beter te benutten zal dit decentraal vergist moeten worden. De warmtenetten kunnen ingezet worden om ook decentraal de benodigde procestemperatuur te handhaven. In de PhD van dr. Lindeboom (2014) is er een schatting gemaakt dat als naast GFT en rioolwater alle organische afvalstromen in Nederland omgezet zouden worden, het groen gas potentieel kan dan nog met een factor 5-6 vergroot worden, waardoor er dan circa 1 miljoen Nederlandse huishoudens in hun totale gasbehoefte voorzien kunnen worden.

Daarbovenop is er de optie om piek groene elektrische energie en/of waterstof uit de industriële leiding te gebruiken om met nog een factor 2 het groen gas potentieel te vergroten. Dit kan bijvoorbeeld door  $AH_2PD$  vergistingssystemen te gebruiken die de  $CO_2$  uit biogas omzetten in extra  $CH_4$  via hydrogenotrofe methanogenese. Daarmee is het de schatting dat 20-30% van de huidige gasvraag met groen gas voorzien kan worden in Nederland. Voor de lokale situatie in de Drechtsteden dient er dus een balans opgemaakt te worden om het groene gas zo efficiënt mogelijk in te zetten omdat zelfs in dat geval een mix met andere alternatieve duurzame energiebronnen aangewend moeten worden om aan de volledige vraag te voldoen. Interactie met andere regio's die veel duurzame elektrische energie produceren wordt daarom sterk aangeraden.

De opties om zowel warmte als elektrische energie vast te leggen in chemische energie, zullen extra bestudeerd moeten worden, vanwege de significante rol in de productie van hernieuwbaar gas. Alhoewel er voldoende zonlicht op aarde valt om ruimschoots in onze energie vraag te voorzien, zijn we vooral gelimiteerd door de ruimte die wij in Nederland hebben. De Noordzee biedt mogelijk uitkomst. Windmolenparken in zee zullen in de nabije toekomst alle gevraagde elektriciteit kunnen leveren, maar de batterijcapaciteit en het elektriciteitsnetwerk zal flink opgewaardeerd moeten worden.

Lokale piekoverschotten aan elektriciteit zullen een kritieke energiebron zijn om  $CO_2$  uit biogas biologisch op te waarderen naar extra hernieuwbaar gas ( $CH_4$  en eventueel ook  $H_2$ ). Vergisters kunnen in dit scenario ook gaan fungeren als load-stabilizers van het elektriciteit of warmtenet en bovendien is opslag van waterstof aan koolstof in methaanmoleculen een elegante manier om chemische energie op te slaan zonder exotische elementen nodig te hebben in tegenstelling tot batterijen. Een bijkomend voordeel is dat grote investeringen in het elektriciteitsnet uitgesteld en deels overbodig gemaakt kunnen worden.

De Drechtsteden hebben door de unieke huidige energiemix, en centrale locatie in Nederland de kans om voorop te gaan in nieuwe energie en een gebalanceerde energietransitie 2.0 in gang te zetten.

## 5 Naslagwerk

R.E.F. Lindeboom, AHPD, 2014, PhD-thesis [294994 \(wur.nl\)](#)

Saadabadi et al., 2019, [Solid Oxide Fuel Cells fuelled with biogas: Potential and constraints - ScienceDirect](#), Renewable Energy

IRENA, 2020 [Publications \(irena.org\)](#)

Hao Chen, Jianfeng Ye, Yafei Zhou, Zhongning Wang, Qilong Jia, Yunhan Nie, Lei Li, Hui Liu, Gaboury Benoit, Variations in CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> productions and emissions driven by pollution sources in municipal sewers: An assessment of the role of dissolved organic matter components and microbiota, Environmental Pollution, Volume 263, Part A, 2020, 114489, ISSN 0269-7491, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114489>.

Disclaimer: Deze studie is in zeer korte tijd opgesteld en brengt kansen in kaart voor de introductie van nieuwe technologieën om de potentie van groen gas beter te benutten. De berekeningen zijn gebaseerd op vuistregels en verdergaande onderbouwende berekeningen kunnen pas in vervolgwerk gedaan worden.