



Aan: de Raad van de Gemeente Zwolle,

Zwolle, 23 mei 2017

**Onderwerp:** Energiegebruik in Zwolle, aanbiedingsbrief t.bv. debat Uitkomsten  
Stadsgesprek Energietransitie.

Geachte Raadsleden,

Eind 2015 heeft de Milieuraad Zwolle een rapport opgesteld met de titel “Energiegebruik in Zwolle – *volledig duurzaam in 2030*”. Dit rapport is destijds ook naar de het gemeentebestuur gezonden.

In het rapport staan een aantal ideeën en uitgangspunten , die in het kader van het debat in de gemeenteraad over de energietransitie - naast de informatie die u op andere wijze bereikt heeft - ons inziens nog steeds zeker relevant zijn.  
Om die reden zenden wij u hierbij dit rapport nogmaals toe.

Vanuit haar doelstellingen voelt de Milieuraad zich sterk betrokken bij milieuvraagstukken, vanzelfsprekend is de energietransitie daar onlosmakelijk mee verbonden.  
Na het debat in de Gemeenteraad zal er nog veel werk op dit terrein verzet moeten worden.  
De Milieuraad wil hierbij op voorhand aangeven graag bij het vervolg betrokken te willen worden om ook daadwerkelijk een bijdrage te leveren aan de realisering van de – uiterst belangrijke – doelstelling op energiegebied.

Met vriendelijke groet,

Hans de Graad,  
Voorzitter Milieuraad Zwolle

Bijlage: het rapport Energiegebruik in Zwolle  
Informant: Siebe Pool, 0529-497981 , siebepool@gmail.com

Adres Milieuraad Zwolle :  
Postbus 1582, 8001 BN Zwolle  
Tel: 038-4982618 [info@milieuraadzwolle.nl](mailto:info@milieuraadzwolle.nl)

*actief voor een natuurlijke leefomgeving*



**Stichting Milieuraad Zwolle**

## **Energiegebruik in Zwolle**

*actief voor een natuurlijke leefomgeving*

*In de werkgroep milieuzorg van de milieuraad Zwolle kwam de wens op tafel om het energiegebruik in de gemeente Zwolle inzichtelijk te maken voor wat betreft de consequenties voor de omgeving als alle gebruikte energie duurzaam opgewekt wordt.*

## **Uitgangspunten**

De energie die in Zwolle gebruikt wordt is berekend met de gegevens van het CBS voor het energiegebruik in Nederland in het jaar 2011 en we nemen aan dat in de gemeente het energiegebruik in de pas loopt met het landelijk gebruik.

In Zwolle woont 0,73% van de Nederlandse bevolking en omdat het energie gebruik veroorzaakt wordt door menselijke activiteiten is de keus gemaakt om 0,73% van het energie gebruikt in Nederland toe te rekenen aan Zwolle. Daarbij houden we de zelfde verdeling over de verschillende energiesoorten aan als in heel Nederland.

## **Werkwijze**

In deze studie gaan we na wat het voor Zwolle betekent als alle energie opgewekt wordt door de bekende vormen van duurzame energie, met name kiezen we voor windenergie, zonne-energie en biomassa zoals biogas, biodiesel en ethanol.

Andere vormen van duurzame energie zoals waterkracht en getijdenenergie laten we buiten beschouwing omdat die vormen in deze omgeving weinig op zullen leveren en aardwarmte komt zijdelings aan de orde bij warmtepompen.

### **Kenmerken van de gemeente Zwolle per 1 januari 2012**

Inwoners: 121.517

Gezinnen: 51618

Woningen: 53314

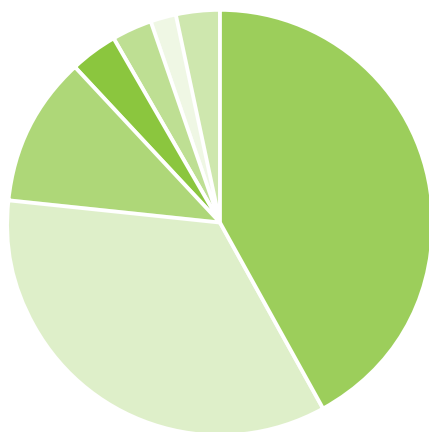
Oppervlakte: 112 km<sup>2</sup>

Bevolkingsdichtheid: 1.100 inwoners per km<sup>2</sup>

*De cijfers van 2015 zullen procentueel slechts zeer gering afwijken van de cijfers van 2012. Bovendien heeft het CBS zelfs de cijfers over 2014 vaak nog niet beschikbaar. Daarom zijn we in dit rapport van de cijfers van 2012 uitgegaan.*



# Energiegebruik in Zwolle naar energiesoort



Het jaarlijks energiegebruik in Zwolle omgerekend naar inzichtelijke eenheden\*

|                                          |                                      |
|------------------------------------------|--------------------------------------|
| Totaal aardoliegrondstoffen en producten | 8100 TJ = 184 miljoen kg             |
| Aardgas                                  | 6700 TJ = 213 miljoen m <sup>3</sup> |
| Elektriciteit                            | 2200 TJ = 622 miljoen kWh            |
| Steenkool en steenkoolproducten          | 650 TJ = 20 miljoen kg               |
| Hernieuwbare energie                     | 580 TJ = 162 miljoen kWh             |
| Afval en andere energiedragers           | 380 TJ = 106 miljoen kWh             |
| Afval- en aardwarmte**                   | 620 TJ                               |

**Totaal**

**19300 TJ**

\* De eenheden zijn berekend uit het landelijk gemiddelde. Op sommige deelgebieden zoals steenkool wijkt Zwolle af.

\*\* Dit is de inzet van afvalwarmte dat anders verloren gaat en dus niet meegeteld wordt, en de aardwarmte.

Om te bekijken wat de gevolgen zijn voor het grondgebruik als alle energie duurzaam wordt opgewekt gaan we voor de verschillende energievormen berekenen hoeveel grondoppervlak er nodig is voor om dat te produceren.

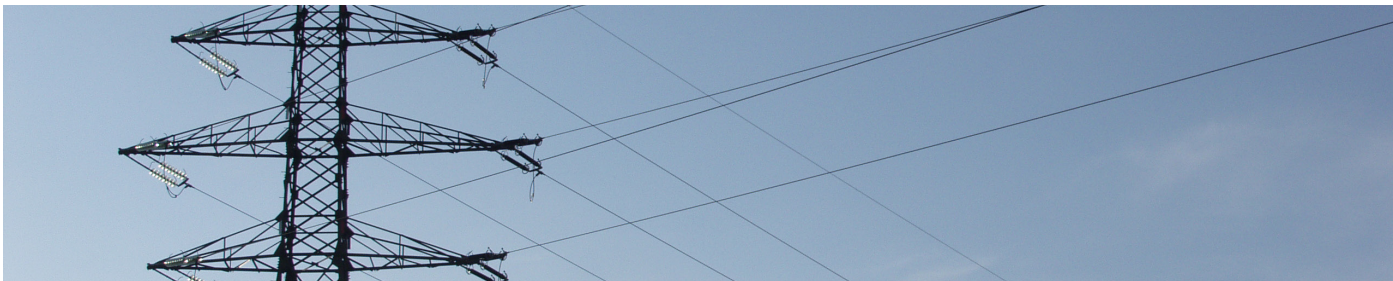
Vooreerst kijken we niet naar de kosten en wordt er alleen berekend hoeveel oppervlak nodig is om de gebruikte energie te produceren. Vraag en aanbod sluiten vaak

niet goed op elkaar aan (zonnepanelen produceren 's avonds en 's nachts geen elektriciteit, windmolens alleen als het waait) en daarvoor moet een oplossing komen maar dat laten we hier buiten beschouwing. In verband met de duidelijkheid geven we de resultaten van de berekeningen in sterk afgeronde getallen. Omdat de gegevens die gebruikt worden een zekere marge hebben heeft dit geen gevolg voor de nauwkeurigheid.



# Het energie gebruik in Zwolle en de consequenties voor het grondgebruik

Elektriciteit (Gebruik Zwolle 2011: 622 miljoen kWh)



## Zonnepanelen (zonne-energie)

De benodigde elektriciteit voor geheel Zwolle, 622 miljoen kWh, kan geleverd worden door zonnepanelen. Als er maar voldoende panelen geplaatst worden is er in principe voldoende elektriciteit beschikbaar maar als regel niet op het goede moment. Het is erg lastig en duur om elektriciteit tijdelijk op te slaan dus zijn zonnepanelen slechts voor een deel een echte oplossing. Mocht in de toekomst de thuis-accu van Tesla (de zgn. Powerwall) het goed gaan doen, dan is opslag van energie voor een korte termijn binnen handbereik.

## Berekening

De jaarlijkse opbrengst van zonnepanelen is 130 kWh per m<sup>2</sup> (of: 0,62 miljoen kWh per ha wat overeen komt met 2,3 TJ per ha). Voor de benodigde 622 miljoen kWh is een oppervlak van 4.800.000 m<sup>2</sup> nodig. Dat is 480 ha, 4,3% van het oppervlak van de gemeente. Bij plaatsing op de grond is er vanwege de gewenste afstand tussen de panelen ongeveer het dubbele oppervlak nodig, dus 960 ha (= ongeveer 10 km<sup>2</sup>). Dat is een oppervlak van 3,2 bij 3,2 km. Als alle zonnepanelen op de daken van woonhuizen geplaatst worden is er 97 m<sup>2</sup> (4.800.000 m<sup>2</sup> / 54.591 woningen = 87,9 m<sup>2</sup> per woning) per woning nodig. Het gemiddelde dakoppervlak is ongeveer 60 m<sup>2</sup> in Nederland. We zullen dus ook bedrijfspanden en kantoren moeten gebruiken om ze kwijt te kunnen.

---

## Windenergie

De 622 miljoen kWh elektriciteit die jaarlijks gebruikt worden kan ook geleverd worden door windturbines. Daarvoor moet 311 MW aan windturbines in bedrijf zijn (311 MW x 2.000 uur (zie hieronder) = 622.000 kWh). Dat zijn 78 windturbines van 4 MW of 311 windturbines van 1 MW. Deze turbines moeten op een onderlinge afstand staan van minimaal 5 keer de rotordiameter, anders nemen ze elkaar de wind uit de wieken.

De grond tussen de windmolens blijft voor een groot deel beschikbaar en windenergie kan dan prima gecombineerd worden met zonnepanelen of de verbouw van energiegewassen.

## Berekening

Een windturbine draait *gemiddeld* ongeveer 2000 uur per jaar op vol vermogen. Als alle elektriciteit die in Zwolle nodig is geleverd wordt door de wind dan zijn er bijvoorbeeld 311 grote windturbines van 1 MW nodig elk met een diameter van 50 m en 40 m hoog. De onderlinge afstand moet minstens 250 m zijn en dan passen er 16 van die turbines op 1 km<sup>2</sup>. Voor deze 311 turbines is dan een oppervlak nodig van 19 km<sup>2</sup> (= 1900 ha). Een Windturbine van 4 MW heeft een diameter van 100 m en een onderlinge afstand van 500 meter. Daarvan kunnen er dan 4 windturbines per km<sup>2</sup>. Voor de 622 miljoen kWh zijn 78 windturbines van 4 MW nodig en dat is ook een oppervlak nodig van 19 km<sup>2</sup>. De jaarlijkse opbrengst van windenergie is 1,2 TJ per ha.

## Aardgas (Gebruik Zwolle: 213 miljoen m<sup>3</sup>)



Aardgas wordt voor een groot deel gebruikt voor verwarming. Deze warmte kan ook geleverd worden door elektrisch aangedreven warmtepompen. Een warmtepomp zet warmte van lage temperatuur uit bijvoorbeeld grondwater of buitenlucht over in warmte met een hogere temperatuur waarmee een woning wordt verwarmd. In zo'n warmtepompinstallatie kan 1 kWh elektriciteit omgezet worden in ongeveer 3 kWh warmte. Voor warmte bij hoge temperatuur voor bijvoorbeeld koken of warm water kan de elektriciteit net zo goed direct omgezet worden in warmte.

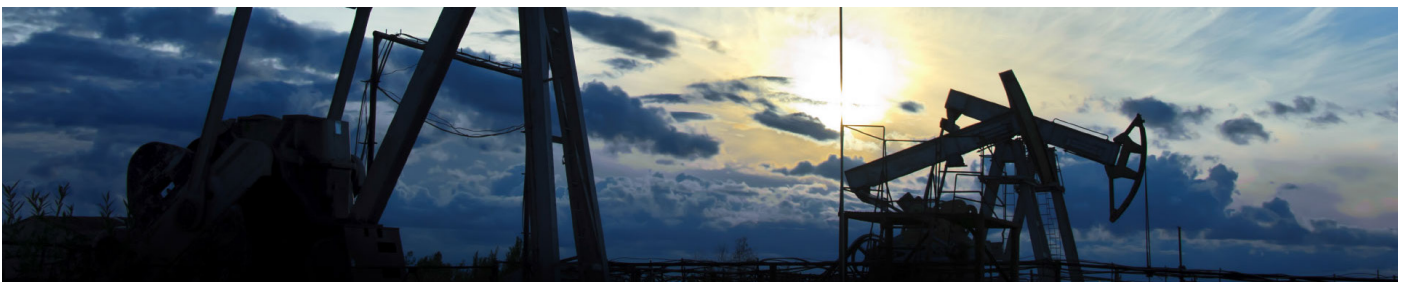
### Berekening

Als 80% van het aardgas gebruikt wordt voor de lage temperatuur toepassing en 20% voor hogere temperatuur dan kan de 213 miljoen m<sup>3</sup> aardgas vervangen worden door 500 miljoen kWh voor de lage temperatuur toepassing en daarnaast 370 miljoen kWh voor de rest. Samen 870 miljoen kWh. Dat kan geleverd worden door een oppervlak met zonnepanelen van 700 ha (bij schuin geplaatste panelen 1400 ha grondoppervlak).

Vervangen we op deze manier het aardgas door elektriciteit dan is het benodigd oppervlak voor de productie afgerond 1400 ha ( $870/622 \times 10 \text{ km}^2 = 1.390 \text{ ha}$ ) bij zonnepanelen en afgerond 2700 ha ( $870/622 \times 19 \text{ km}^2 = 2.657 \text{ ha}$ ) bij windenergie. Voor windenergie is dus bijna 2 keer zo veel oppervlakte nodig als voor zonnepanelen.

---

## Aardolie en aardolieproducten (Gebruik Zwolle: 8.100 Tj of 184 miljoen kg)



De belangrijkste toepassing van aardolie is brandstof voor verbrandingsmotoren. De alternatieven voor aardolie (in de vorm van benzine, diesel en LPG voor onze auto's en vrachtwagens) zijn vooral de elektrische auto, bio-ethanol en waterstofgas.

Aardolie wordt ook gebruikt voor andere toepassingen bijvoorbeeld voor het maken van kunststoffen. Daarvoor worden alternatieven ontwikkeld op basis van land-

bouwproducten en we nemen aan dat met een slimme gewaskeuze de opbrengst per ha vergelijkbaar is aan de opbrengst voor biobrandstoffen.

Alleen voor personenauto's en licht vrachtvervoer ligt elektrische aandrijving voor de hand. Voor vrachtvervoer over de weg en over water is dat niet mogelijk. We werken daarom het model uit waarbij alle aardolie vervangen wordt door waterstofgas of biobrandstof.

### **Bio-ethanol**

Voor bio-ethanol (of: bio-olie, biogas en ethanol) is hoogwaardige biomassa nodig en dat betekent dat er goede landbouwgrond nodig is om het te telen. Voor de berekeningen gebruiken we de energetische waarde van de brandstof die gewonnen wordt uit landbouwgewassen. De netto energie opbrengst van landbouwgewassen is 0,12 TJ per ha. Het areaal landbouwgrond dat nodig is om de gewassen te telen is dan 68000 ha ( $8100/0,12$ ).

### **Berekeningen**

Uitgangspunt zijn de gegevens uit het onderzoek van het VAN HALL Larenstein instituut. De opbrengst per ha is ongeveer 4000 kg bio-ethanol en dat heeft een energetische waarde van 120 GJ = 0,12 TJ. Dit is uiteraard afhankelijk van het soort gewas en de verwerkingstechnieken. Volgens de gegevens is er 8100 TJ nodig om de aardolieproducten te vervangen en dat betekent dat er 68000 ha landbouwgrond vrijgemaakt moet worden voor de teelt van energiegewassen zoals energiemais of suikerbieten. Dat is een gebied van 26 bij 26 km.

### **Waterstofgas**

Veel aardolie producten met name benzine en diesel kunnen ook vervangen worden door waterstof dat men via chemische processen uit landbouwproducten kan winnen, of met behulp van elektriciteit uit water. De productie met elektriciteit verdient de voorkeur omdat energiewinning met zonnecellen of windturbines een veel hogere opbrengst per ha geeft. Deze elektriciteit kan dan omgezet worden in de energiedrager waterstof. Recent zijn er ook ontwikkelingen om waterstof rechtstreeks met zonlicht te produceren.

Het energie rendement van de productie van waterstof met elektriciteit is maximaal 95%. Met behulp van brandstofcellen kan het waterstof weer omgezet worden in elektriciteit en dan rechtstreeks benut voor aandrijving. Hoe hoog het rendement van zo'n brandstofcel zal zijn is nog niet duidelijk maar een rendement van 50% lijkt op den duur technisch haalbaar. Brandstofcellen hebben een lange starttijd en leveren daarna een niet variabel vermogen. Daarom is een brandstofcel minder geschikt voor de motoren van voertuigen want die hebben een motor nodig die een wisselend vermogen kan leveren. Een brandstofcel heeft bij wijze van spreken geen gaspedaal. De hybride techniek, een brandstofcel gecombineerd met accu's, biedt wellicht uitkomst.

### **Berekening**

1TJ elektrische energie kan dan via de omweg van waterstof en bij de aangegeven rendementen omgezet worden in 0,48 TJ directe aandrijving. 1 TJ bio-ethanol kan in een verbrandingsmotor omgezet worden in 0,33 TJ directe aandrijving omdat het rendement van een verbrandingsmotor in praktijk hooguit 33% is. Als de omweg via waterstof toegepast wordt kan 1 TJ elektriciteit daarom  $1 \cdot 0,48/0,33$  is 1,4 TJ bio-ethanol vervangen.

De benodigde 8.100 TJ brandstof voor vervoer kan dus vervangen worden door  $8100 / 1,4 = 5800$  TJ elektriciteit. Met gebruik van zonnecellen is daar een grond oppervlak voor nodig van  $5800/2,3$  is 2500 ha. Bij toepassing van windenergie ongeveer 5000 ha.

## Steenkool en steenkoolproducten (Gebruik Zwolle: 652 Tj = 20 miljoen kg)



De steenkool die in Nederland gebruikt wordt in elektriciteitscentrales zit al verwerkt in het hoofdstukje “Electriciteit”. Verder wordt steenkool ook gebruikt in de industrie. Met name de hoogovens zijn een grote afnemers van steenkool. Ook daar zijn ontwikkelingen om de steenkool te vervangen door andere vormen van energie. Wellicht zijn de nieuwe technieken efficiënter dan de oude maar dat is nog niet zeker daarom gaan we er van uit dat de energiewaarde van de steenkool vervangen moet worden uit andere bronnen.

Zonnecellen leveren 2,3 TJ per ha en die hebben dus een opbrengst per ha die 19 keer zo hoog is als die van hoogwaardige biomassa. Biomassa geeft dus een groot ruimtebeslag.

### Berekening

Als we ons ook nu weer baseren op de vervanging van de energetische waarde d.m.v. landbouwgewassen dan is moet er 652 TJ energie geproduceerd worden en dat is dan een oppervlak van  $652/0,12 = 5400$  ha. landbouwgewassen.

---

### Hernieuwbare energie en andere vormen

De aanwezige hernieuwbare energieopwekking hoeven we uiteraard niet te vervangen

## Benodigde grondoppervlak

Als we alle benodigde grond voor een energetisch volhoudbaar Zwolle bij elkaar optellen dan komen we op het volgende resultaat:

|                                                                                                                        | Zonnepanelen   | Windenergie     | Biomassa        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Elektriciteit geleverd door zonnepanelen resp. windenergie                                                             | 960 ha         | 1900 ha         |                 |
| Aardgas vervangen door zonnepanelen resp. windenergie                                                                  | 1400 ha        | 2700 ha         |                 |
| Aardolie vervangen door waterstof geproduceert dmv. zonnecellen resp. windenergie, of aardolie vervangen door biomassa | 2500 ha        | 5000 ha         | 68000 ha        |
| Steenkool vervangen door zonnecellen, windenergie of biomassa                                                          | 283 ha         | 543 ha          | 5400 ha         |
| <b>Totaal</b>                                                                                                          | <b>5143 ha</b> | <b>10143 ha</b> | <b>73400 ha</b> |

*Uit deze tabel gaan we nu een aantal combinaties maken, en bekijken het gevolg ervan voor het benodigde grondoppervlak*

Als we het verbruik van aardolie en steenkool vervangen door biomassa, en het gebruik van aardgas en elektriciteit door windmolens dan is het grondoppervlak dat nodig is voor de energievoorziening van alleen de gemeente Zwolle bij toepassing van windmolens 78000 ha ( $68000 + 5400 + 1900 + 2700$ ) of  $780 \text{ km}^2$  ( $= 27,9 \times 27,9 \text{ km}$ ).

Bij de toepassing van zonnepanelen in plaats van windmolens is het  $75860 \text{ ha}$  ( $68000 + 5400 + 960 + 1400$ ) of  $760 \text{ km}^2$  ( $= 27,6 \times 27,6 \text{ km}$ ).

Het grootste oppervlak is nodig voor de teelt van energiegewassen voor de vervanging van aardolie en steenkool. Als ook die energie opgewekt wordt met zonnepanelen of windturbines dan is er een gebied nodig van respectievelijk  $5143 \text{ ha}$  of  $51 \text{ km}^2$  ( $= 7,1 \times 7,1 \text{ km}$ ) en  $10143 \text{ ha}$  of  $100 \text{ km}^2$  ( $= 10 \times 10 \text{ km}$ ) voor de energievoorziening.



Als we zo inzetten op *minimaal grondgebruik* is er het resultaat.

|                                                   |                                    |
|---------------------------------------------------|------------------------------------|
| Elektriciteit geleverd door zonnecellen           | 960 ha                             |
| Aardgas vervangen door zonnecellen                | 1400 ha                            |
| Aardolie vervangen door zonnecellen en waterstof  | 2500 ha                            |
| Steenkool vervangen door zonnecellen en waterstof | 160 ha                             |
| <b>Totaal</b>                                     | <b>5000 ha = 50 km<sup>2</sup></b> |

Met maximale inzet van waterstof en geavanceerde omzettingstechnieken is er dus 50 km<sup>2</sup> nodig voor de huidige energievoorziening. Dit is 45% van het oppervlak van de gemeente Zwolle.

Dit grondoppervlak is al voor een deel beschikbaar als daken van woningen en bedrijfsgebouwen. In totaal al ruim 300 ha dus 6% van het totaal oppervlak.

Door een slimme combinatie van zonne-energie en windenergie kan het teruggebracht worden tot 30% van gemeentelijk oppervlak. Bij een combinatie van een windpark met tussen de windturbines een zonnepark is het benodigd oppervlak 3400 ha = 34 km<sup>2</sup>, een gebied van 5,8 bij 5,8 km.

### Berekening

#### - Woningen:

|                                                         |                                  |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 54.591 x 60m <sup>2</sup> gemiddeld dakoppervlak        | 3.275.460 m <sup>2</sup>         |
| Af: ongunstige ligging 40%, stapelbouw 10%. Totaal 50%. | <u>- 1.637.730 m<sup>2</sup></u> |
| Totaal dakoppervlak woningen                            | 1.637.730 m <sup>2</sup>         |

#### - Bedrijven, kantoren en instellingen is 2/3 van het oppervlak van woningen in stedelijk gebied\* = $\frac{2}{3} \times 3.275.460$ \*\* = 2.183.640 m<sup>2</sup>

|                                                                          |                                |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Echter: 70% is effectief te benutten (70% van 2.183.640 m <sup>2</sup> ) | <u>1.528.548 m<sup>2</sup></u> |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|

|                                                                          |                                         |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| <b>Totaal dakoppervlak woningen, bedrijven, kantoren en instellingen</b> | <b>3.166.278 m<sup>2</sup> = 316 ha</b> |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|

\*cijfers CBS "Nederland Regionaal"

\*\* bedrijven en kantoren hebben over het algemeen platte daken, dus er is geen ongunstige ligging

Uiteindelijk minimaal benodigde grondoppervlak: 3400 -/- 316 = 3084 ha = 30,8 km<sup>2</sup> = **5,5 x 5,5 km**

# Investerings

## Alle energie produceren met zonnepanelen

De prijs van zonnepanelen is de laatste jaren sterk gedaald en momenteel (2013) is de prijs op de spotmarkt €0,55 per Wp. (<http://www.solarserver.com/service/pvx-spot-market-price-index-solar-pv-modules.html>). (2013-04-26). De prijs van omvormers en bevestigingsframes zal ongeveer een zelfde bedrag per Wp zijn. Per ha is er dan een investering nodig van €0,76 miljoen.

Alle energie opwekken door middel van zonne-energie vraagt ruim €3,5 miljard aan investeringen in zonnepanelen. De kosten voor de grond bij een kostprijs van €40.000 per ha is €200 miljoen.

Daarbij komen dan nog de kosten voor aanleg, infrastructuur en technische installaties. Hoe hoog die zullen zijn is nu niet te voorzien omdat de noodzakelijke techniek nu nog in ontwikkeling is of nog ontwikkeld moet worden.

## Alle energie produceren met windturbines

Op basis van de huidige kennis is de complete investering voor 1 W windvermogen op land ongeveer €1,50. Per vierkante kilometer is dat €25 miljoen. In totaal is er bij windenergie een investering nodig van €2,4 miljard. Dit is inclusief alle benodigde grond, infrastructuur en werkzaamheden.

Alle investeringen die nodig zijn voor de productie van waterstof, de brandstofcellen, de aanpassing van woningen voor lage temperatuur verwarming etc. zijn dan nog niet meegenomen. De minimale investering voor een volledig duurzame energievoorziening per hoofd van de bevolking is bij toepassing van zonnepanelen €31.000 en bij windturbines €18.000.

We laten in het midden of dit al dan niet haalbaar is.

# Energiebesparing

*(dit hoofdstuk is een samenvatting van het Urgenda 2015 rapport)*

*Het benodigde grondoppervlak van 5,5 x 5,5 km zal moeilijk te vinden zijn in ons volle land. Daarom zal een deel moeten komen uit energie-bezuiniging. Alle mogelijkheden zijn op dit gebied nog lang niet benut. Vooral in de bestaande woningbouw is op isolatie gebied nog een wereld te winnen. Ook in de industrie zijn er nog veel bedrijfsprocessen te verbeteren en gebouwen zuiniger te maken. De wil is er*

*vaak wel, maar ontbreekt net het laatste (financiële) zetje.*

Energiebesparing kan in voornamelijk de volgende sectoren:

- Woningen (Huur- en Koopsector)
- Verkeer
- Kantoren/ Gebouwen/ Industrie
- Voedselvoorziening/ Agrarische sector

## Woningen



### Uitdaging: de bestaande bouw

Als we dus veel verschil willen maken, zal er vooral iets gedaan moeten worden aan de bestaande woningen en kantoren. Daar wordt ongeveer 28% van alle energie verbruikt. Als we dat weten terug te dringen, maken we een grote stap.

### Cijfers Zwolle

Aantal woningen: 53.314

Aantal Huurwoningen: 48% = 25.590

Aantal Koopwoningen: 52% = 27.723

Bron: "Cijfers over Zwolle", gemeentelijke website.

### **27.723 bestaande koopwoningen**

Van deze 27.723 bestaande koopwoningen is naar schatting 30 tot 40% niet tot matig geïsoleerd/energiezuinig gemaakt. Het gaat dus ongeveer om 9.000 woningen.

De opgave wordt om deze 9.000 bestaande woningen zodanig aan te pakken, dat ook zij energieneutraal worden. De eerste voorbeelden van dit soort renovaties zijn er al. De kunst wordt om dit op te schalen en betaalbaar te maken. Als we veel mensen willen verleiden om hun huis aan te pakken, zullen ze geholpen moeten worden, zowel met de concrete activiteiten, als met de financiering. Kortom, dit kan enorm veel werkgelegenheid creëren, waardoor de hele bouwsector in één keer uit het slop is. Sterker nog, het is een banenmotor voor jongeren en nieuwe mensen, die nieuwe banen kunnen krijgen in deze branche.

De eerste stap is eigenlijk mensen op een aansprekende manier te verleiden om eens een afspraak te maken met iemand die aanbiedt te helpen. Deze persoon kan dan in kaart brengen wat het huidige verbruik is en wat er mogelijk is in het desbetreffende huis. Stap 1 is eigenlijk laten zien hoe makkelijk het is om het verbruik omlaag te brengen door kleine maatregelen, van het beter inregelen van bestaande apparatuur en het aanschaffen van standby killers, tot mensen wijzen op zuinigere apparaten, die bij een volgende vervanging/aanschaf gekocht zouden kunnen worden. Vaak kan met simpele maatregelen al 15 à 20% bespaard worden. Daarna wordt gekeken wat er aan het huis zelf verbeterd kan worden. Voor ieder huis kan een stappenplan gemaakt worden, wat de opties zijn om energieneutraal te worden. Bewoners zouden moeten kunnen kiezen wat het beste bij hun past.

### **Financiering**

Als er enige mate van standaardisatie en scherp inkopen plaatsvindt, kan een gemiddeld huis voor zo'n 35.000 euro energieneutraal gemaakt worden. Dat is ongeveer ook het bedrag wat een gemiddeld gezin in 15 à 20 jaar uitgeeft aan energie. Als we dat bedrag naar voren kunnen halen om die investering te doen en mensen kunnen dat vervolgens in bijvoorbeeld vijftien jaar afbetalen, dan kunnen we aan de slag.

Mensen hebben dat bedrag vaak niet zelf op de bank, maar kunnen de maandelijkse afbetaling wel doen, zeker als die zelfs iets lager is dan hun huidige energierekening.

Als we dat kunnen organiseren, hebben we een belangrijke sleutel in handen. Om grootschaliger scherp in te kunnen kopen en financiering te regelen, zou een organisatie die dat op grotere schaal regelt en daarmee mensen 'ontzorgd' en zorgt voor kwaliteit voor een scherpe prijs.

Degene die de mensen helpt in dit proces (Ontzorgorganisatie), zou zelf geen belang moeten hebben. Het werkt beter als het buurtbewoners zijn die elkaar helpen of non-profit organisaties of energie coöperaties die in hun eigen buurt aan de slag gaan of netwerkbedrijven. Er zijn vele mogelijkheden en waarschijnlijk zullen die ook allemaal naast elkaar gaan bestaan. In ieder geval moet het laagdrempelig zijn, betrouwbaar en van goede kwaliteit.

### **Betrouwbare oplossingen**

Deze 'Ontzorg-Organisatie' zal moeten zorgen dat zij garandeert dat de maatregelen leiden tot daadwerkelijke verlaging van de energierekening, liefst tot nul (maar het kan eventueel ook in stappen). Als dat voor burgers betrouwbare resultaten oplevert, kunnen ze zelf kiezen hoe ze de renovaties en aanpassingen in de duurzame energievoorziening van hun huis willen financieren. Zelf betalen is doorgaans het goedkoopst. Als iemand het geld heeft, is dat een goede oplossing, maar het is slechts een kleine groep die dat geld op de bank heeft.

Er zijn echter ook allerlei leningen mogelijk. Er zijn nu al financieringsmogelijkheden, zowel via banken (verhoging 'groene' hypotheek, greenloans etc.) als via bijvoorbeeld SVn (Stichting Stimuleringsfonds Volkshuisvesting Nederlandse gemeenten), waar voor een effectieve rente van een paar procent geld geleend kan worden voor het verduurzamen van woningen. Ook de nationale overheid verstrekt sinds januari 2014 via SVn extra fondsen voor het verduurzamen van de bestaande bouw. Zowel banken als SVn werken aan nieuwe producten op landelijke schaal, dus de verwachting is dat er snel steeds meer nieuwe mogelijkheden komen voor burgers die aan de slag willen.

Maar er zal ook een groep zijn die niet wil of kan lenen, maar toch elke maand 150 à 200 euro besteedt aan energie en dat geld dus ook anders zouden kunnen inzetten. Voor hen zou een ESCO (Energy Service Company) een oplossing kunnen zijn. De ESCO belooft een klant om het huis energieneutraal te maken en vraagt de

klant bijvoorbeeld 150 euro per maand te betalen aan de ESCO in plaats van aan het energiebedrijf. Na 15 jaar zijn alle aanpassingen afbetaald en houdt de klant een huis zonder energierekening over (bij gelijkblijvend gedrag). De ESCO krijgt dus al het geld terug, maar doet de voorfinanciering, zodat de huishoudens dat niet zelf hoeven op te hoesten in één keer.

### **25.590 huurwoningen**

De overheid heeft afspraken met de huursector gemaakt voor energiebesparing. In 2020 moet de huursector gemiddeld Energielabel B hebben. De woningcorporaties in Zwolle liggen op schema om deze doelstelling te halen. Dit bleek tijdens de laatste “Stook je Rijk” bijeenkomst in Zwolle van de corporaties, provincie, milieuorganisaties en gemeente op 16 juni 2015.

#### **De voordelen van het verduurzamen van de gebouwde omgeving zijn zeer divers:**

- Energieverbruik daalt met 45% en de CO2-uitstoot daalt in de bestaande bouw in de komende 20 jaar met bijna 100%.
- De waarde van de huizen die energieneutraal zijn gemaakt stijgt met 5 à 10% (conservatief).
- Het renoveren en energieneutraal maken van 9.000 woningen levert al snel duizenden manjaren aan werk op per jaar (hele bouwsector, installatiebranche, begeleiding etc).
- Kosten per gemiddelde woning voor het energieneutraal maken zijn rond de 35.000 euro. Dat wordt in 15-20 jaar terugbetaald, waarbij de kosten niet hoger zijn dan men voorheen kwijt was aan energie. Daarna heeft het huis geen energierekening meer. Investerings kunnen komen via eigen geld, uit leningen/ fondsen (overheid, later wellicht pensioenfondsen), verhoging hypotheek of via een ‘energy service company’ (ESCO). Het belangrijkste is nu de stap om dit te gaan organiseren.
- Huizen die goed aangepakt zijn, leveren ook meer comfort en een gezonder binnenklimaat.

## **Verkeer**



De verwachting is dat het autoverkeer in 2030 75% elektrisch rijdt en de overige 25% op biodiesel, bio-ethanol en bio-CNG. Trucks rijden 45% elektrisch en voor 45% op bio-CNG, verder op een mix van biodiesel en bio-ethanol. Goederenvervoer over de weg groeit met 0,2% per jaar

en ook verder groeit de sector gering (meer deelauto's en combinaties met openbaar vervoer, etc) en wordt zo'n 1,5% per jaar efficiënter. Internationaal transport laten we buiten beschouwing.



### Kantoren

Voor eigenaren en verhuurders van kantoorgebouwen zijn er genoeg bedrijven die hun pand kunnen verduurzamen of zelfs energieneutraal kunnen verbouwen. Er zijn ook steeds meer partijen die ook de financiering daarvan voor hun rekening willen nemen, zoals hieronder wordt beschreven. In veel gevallen is dat de moeite waard en financieerbaar. In deze markt van leegstand en de roep om mee te werken aan het opbouwen van een circulaire economie, is herontwikkeling van een bestaand pand in plaats van nieuwbouw, ook steeds vaker gebruikelijk.

Kantoorgebouwen zijn net als huizen heel goed energieneutraal te maken. Het verschil met veel huizen is vooral dat kantoren ook veel koeling vragen. Koeling kost meestal meer energie dan verwarming. Duurzamere vormen van koeling werken vaak met water, vooral uit de bodem, dat gebruikt wordt om het gebouw te koelen, bijvoorbeeld met warmte-koude opslagsystemen (WKO). Dat is een relatief zuinige manier van koelen. De extra elektriciteit die daarvoor nodig is, kan met zon of wind worden opgewekt.

Hoewel Zwolle het goed doet (2e plaats in Nederland na Amsterdam in totaal geïnstalleerd vermogen van zonnepanelen), is op veel daken nog ruimte.

### Gebouwen

De utiliteitsbouw maakt in de komende jaren een krimp door (-0,6%/jaar) wat resulteert in een lagere energievraag. De energievraag in de gebouwensector wordt voornamelijk bepaald door de elektriciteitsvraag, de

warmtevraag, maar ook -meer dan in de huishoudens- door de koudevraag. Besparingen vinden plaats door isolatie, warmteterugwinning bij ventilatie, efficiëntere apparaten en verlichting door voornamelijk LED-buizen. Intelligente systemen als bewegingsdetectie en daglicht afhankelijke regeling reduceert de vraag nog verder. Ruimteverwarming in de utiliteitsbouw vindt plaats doormiddel van elektrische warmtepompen in combinatie met warmte- en koudeopslag (WKO) (65%) en zonnethermische panelen (9%), daarnaast is er een substantieel aandeel voor warmtenetten (16%) die werken met geothermische warmte. Een groot deel van de koeling in gebouwen wordt ook via warmte- en koudeopslag gerealiseerd. Ook in deze sector is de marktpenetratie van zonnepanelen hoog met zo'n 40% van het potentieel.

### Industrie

De 2% jaarlijkse energiebesparing in de industrie die nodig is om het scenario 100% duurzame energie in 2030 mogelijk te maken, kan door het bedrijfsleven gezamenlijk makkelijk gehaald worden volgens vele experts. Als men doordrongen is van de noodzaak en/of als de besparingen voldoende geld opleveren, dan kan er nog wel meer dan dat. De Industrie kan zelf heel veel duurzame energie opwekken. Voor grote energieafnemers is de prijs van fossiele energie op dit moment vaak te laag om die keuze af te dwingen op economische gronden. Er zijn echter in toenemende mate bedrijven die toch stappen zetten en zelf bio-WKKs of WKO's neerzetten of zonne- of windenergie capaciteit opbouwen, omdat ze de urgentie of de morele verplichting voelen of het zien als een mooie marketing uiting van hun (groene) activiteiten.



De verwachting is dat het autoverkeer in 2030 75% elektrisch rijdt en de overige 25% op biodiesel, bio-ethanol en bio-CNG. Trucks rijden 45% elektrisch en voor 45% op bio-CNG, verder op een mix van biodiesel en bio-ethanol. Goederenvervoer over de weg groeit met 0,2% per jaar en ook verder groeit de sector gering (meer deelauto's en combinaties met openbaar vervoer, etc) en wordt zo'n 1,5% per jaar efficiënter. Internationaal transport laten we buiten beschouwing.

### **Meer regionale en seizoensgebonden producten**

Groente en fruit die gegeten worden in het zelfde seizoen als waarin ze worden geteeld buiten de kas, veroorzaken minder verbruik van fossiele brandstoffen en dus minder CO<sub>2</sub>-uitstoot. In andere woorden: de energie intensiteit van seizoensgebonden groente en fruit is veel lager dan groente en fruit dat bijna jaarrond in gasgestookte kassen wordt geteeld of wordt ingevlogen vanuit een ander continent.

Bij voorkeur halen we onze producten uit een regio tot 200 à 400 kilometer ver weg. Voor zover we ze betrekken van landen verder weg, is vervoer per boot vele malen klimaatvriendelijker dan aanvoer per vliegtuig. Ook is hier veel winst te halen door de distributie slim te organiseren

### **Energieverbruik en verduurzaming in de land- en tuinbouw**

Aan de productiekant van de landbouw kan ook zuiniger omgesprongen worden met energie en kan men overstappen op duurzame vormen van energie. Het verbruik van brandstoffen in de logistieke kant van deze bedrijfstak beschouwen we als onderdeel van het hoofdstuk mobiliteit. Vooral de tuinbouw verbruikt veel energie in kassen (in 2011 kwam 7,8 Mton van de 166 Mton CO<sub>2</sub>-

uitstoot in Nederland uit de glastuinbouw). Door relatief lage gasprijzen in Nederland, was er lang geen aanleiding om op dat gebied te gaan besparen. De afgelopen tien jaar is er wel veel aandacht geweest voor de energiezuinige of energieproducerende kas. Er was zelfs een transitieplatform opgericht om duurzamere kassen op weg te helpen. Inmiddels is 'De Kas als Energiebron' onderdeel geworden van de Topsector Tuinbouw & Uitgangsmaterialen. De glastuinbouw gebruikte eind 2011 gemiddeld per eenheid product 52% minder fossiele energie dan in 1990. De CO<sub>2</sub>-emissie daalde daardoor ook: in 2011 lag die 18% lager dan in 1990. Er zijn voor de glastuinbouw teeltconcepten ontwikkeld met in potentie 30 tot 40% energie besparing. Die worden nu in de praktijk opgepakt en gerealiseerd. Het aandeel duurzame energie stijgt langzaam en ligt in de glastuinbouw op 1,8%. Er zijn diverse aardwarmteprojecten bij gekomen, waarmee kassen duurzaam verwarmd worden. Als we willen kunnen kassen in 2030 energieneutraal zijn. Aan de landbouwproductiekant kan dan nog extra gekeken worden naar betere inzet van covergisting van mest bij boeren, die dieren houden, met als resultaat biogas productie en digestaat (meststoffen) waardoor de netto energiereductie nog verder oploopt.

### **Landbouw**

De landbouw sector gaat ieder jaar iets minder elektriciteit (-0.6% per jaar) en warmte vragen (-0.8% per jaar). Dit kan zijn door efficiëntieverbeteringen maar ook door bijvoorbeeld het vermijden van teelten in het koude seizoen in kassen. De benodigde warmte is afkomstig van elektrische warmtepompen gecombineerd met warmte- en koudeopslag (22,5%), gas WKK op groen gas (5%) en uit geothermische bronnen (72.5%).

# Elektriciteit bufferen

De totale bijdrage van zon en wind in onze energievoorziening is nu nog enkele procenten van ons energiegebruik maar dat zal snel toenemen als Nederland de doelstellingen voor de bijdrage van duurzame energie in 2020 en 2050 gaat halen. Technisch is dat goed mogelijk maar er wordt al snel knelpunten verwacht met de capaciteit van het elektriciteitsnetwerk. Als het opgewekte vermogen door zon en wind verder toeneemt ontstaan er naar verwachting problemen met het beschikbaar zijn van voldoende elektriciteit op het juiste moment en zullen er voorzieningen nodig zijn om de elektrische energie voor lange of korte termijn op te slaan.

De maatschappij streeft er naar dat er op lange termijn er geen fossiele brandstoffen meer gebruik worden voor de energievoorziening alle energie moet met duurzame, onuitputtelijke bronnen geproduceerd worden. De productiecapaciteit van zon en wind moet dan zo groot zijn dat er op zonnige en winderige dagen veel meer elektriciteit geproduceerd wordt dan er op dat moment nodig is en de teveel geproduceerde energie moet dan opgeslagen worden. Op dagen dat er geen zon schijnt en er weinig wind is zal er dan een tekort zijn aan elektriciteit. Met een slim netwerk dat afhankelijk van het aanbod de energievraag regelt kan dat niet volledig opgelost worden. Het zal nodig zijn om op de een of andere wijze de elektriciteit die over is bij een groot aanbod tijdelijk op te slaan voor als het aanbod van elektriciteit laag is. De elektriciteit moet dus gebufferd worden. Dat wil zeggen tijdelijk opslaan voor gebruik op een ander tijdstip.

De elektrische energie die we in bepaalde periodes over hebben moet dus tijdelijk opgeslagen worden zodat die op een ander tijdstip beschikbaar is. Dat tijdelijk opslaan kan nodig zijn voor een aantal uren bijvoorbeeld voor het gebruik in een elektrische auto of voor enkele dagen zodat er ook elektriciteit is als de zon niet schijnt. Het kan ook nodig zijn om het een aantal weken of een aantal maanden op te slaan voor een langere periode met weinig zon en wind of om het winterseizoen te overbruggen.

Voor het bufferen van energie zijn een aantal factoren van grote invloed. Hoe lang moet het opgeslagen worden, hoe groot is de hoeveelheid energie en in welke vorm wordt de elektriciteit omgezet; warmte, beweging, druk, een chemische verbinding of nog een andere vorm? De duurzame bron biomassa levert de energie in de vorm van biogas, vloeibare brandstof of vaste brandstof. Het opslaan van dat soort energiedragers gebeurt nu ook en daarvoor zijn geen nieuwe technieken nodig.

## Accu's

De duurzame energiebronnen zon en wind leveren direct elektriciteit. Met alle voordelen die elektriciteit heeft is er een belangrijk nadeel. Elektriciteit opslaan is lastig, zeker als het gaat om grote hoeveelheden. Kleine hoeveelheden elektriciteit opslaan voor korte of middellange termijn gaat goed met accu's. Bijvoorbeeld bij een elektrische auto worden de accu's in enkele uren opgeladen en als regel binnen uren of dagen gebruikt



voor de aandrijving van de auto. Voor het opslaan van voldoende energie voor de auto is een zwaar accupakket nodig en de maximale hoeveelheid energie in de accu's is nauwelijks voldoende voor een prettig gebruik. Een hogere energiedichtheid in accu's is wenselijk voor een brede toepassing van deze techniek.

In een toepassing waar de accu's op een vaste plaats staan is het aantal kWh per kg minder belangrijk maar de kosten van de opslag zal dan wel van groot belang zijn. Er wordt voor een accu een consumentenprijs gegeven van €125 - €250 per kWh. Het aantal laadcycli is 1200 wat betekent dat de opslagkosten 0,10 a 0,20 per kWh zijn, nog afgezien van het laad/ontlaad en stilstandverliezen.

Voor het bufferen van elektriciteit om de mismatch in productie en vraag in zomer en winter te overbruggen, dus voor een periode van dagen tot maanden, is een grote opslagcapaciteit nodig. Door de geringe capaciteit en de hoge prijs zijn accu's hiervoor niet geschikt.

#### Plan Lieveense

Een bekend voorbeeld van zo'n buffer is het plan Lieveense. Dit is een groot meer omringd door een hoge dijk. Bij een overschot aan elektriciteit wordt er water in het meer gepompt en bij een tekort kan het water door een turbine terugstromen naar een waterbekken en daarbij elektriciteit produceren. Op zich een mooi plan maar het grote bezwaar is de lage energiedichtheid bij deze opslag. Bij een hoogteverschil van 10 meter is er zeventienhonderd kuub water nodig om 1 kWh elektrische energie te bufferen. In een meer met een veel groter hoogteverschil kan er per kuub water weliswaar veel meer energie opslagen worden maar dat geeft in het vlakke Nederland veiligheidsproblemen.

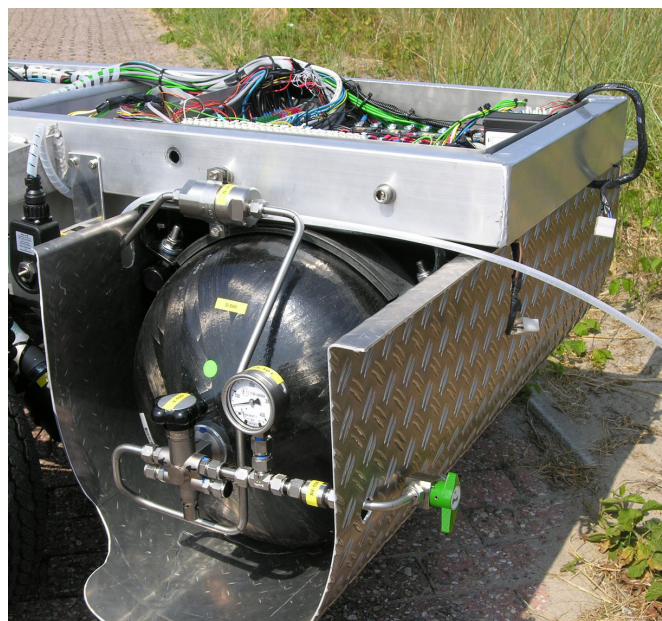
#### Perslucht

Een alternatieve methode is de energie op te slaan door lucht samen te persen en die perslucht bij hoge druk op te slaan in een grote afgesloten ruimte zoals een lege zoutkoepel of een leeg gasveld. Door de samengeperste lucht later door een turbine te laten expanderen kan weer elektriciteit geproduceerd worden. De energiedichtheid in de opgeslagen perslucht is ook vrij laag en het rendement van deze cyclus laat te wensen over.

Omdat accu's, waterkracht en perslucht niet geschikt zijn om de grote hoeveelheid energie op te slaan voor het overbruggen van seizoenen zullen er nieuwe technieken nodig zijn. Deze zullen voldoende hoog rendement moeten hebben bij het opslaan en vrijkomen van de energie en de opslagverliezen moeten minimaal zijn. Stilstandverliezen van enkele procenten per week, zoals in een accu zijn niet acceptabel want dan zal er bij langdurige opslag te veel energie verloren gaan. Ook zal de energiedichtheid in de opslag hoog moeten zijn vanwege het ruimtebeslag, de kosten van het opslagmateriaal en de opslagruimte. Hiermee blijven er maar weinig mogelijkheden over voor langdurige energieopslag.

#### Waterstof

De methode die aan de gestelde voorwaarden voldoet is de elektrische energie omzetten in een of andere brandstof. Het meest eenvoudige is om met elektriciteit water te ontleden in gasvormig waterstof en zuurstof. Het waterstof wordt opgevangen en opgeslagen en het zuurstof kan opgeslagen worden voor speciale toepassing of kan vrij de lucht in gaan. Het is een eenvoudige beproefde techniek waarvan het rendement redelijk hoog is en wellicht nog verbeterd kan worden. Het waterstof dat hierbij gevormd wordt is een uitstekende brandstof en bij de verbranding ontstaat alleen waterdamp en dus geen CO<sub>2</sub>. Waterstof heeft een heel hoge energiedichtheid van bijna 40 kWh per kg maar door de lage dichtheid van het gasvormige waterstof is de energie-inhoud slechts 3,3 kWh per m<sup>3</sup>.



Waterstof moet bij voorkeur opgeslagen worden bij hoge druk omdat dan het aantal kWh per m<sup>3</sup> veel hoger is. Het gas is niet giftig maar bij een lekkage is er een groot risico op een ontploffing. De opslag zal dus zeer zorgvuldig moeten gebeuren.

### Methaan en ethanol

Ondertussen wordt er ook onderzoek gedaan om waterstof, samen met CO<sub>2</sub>, door middel van een chemisch proces om te zetten in methaan, het belangrijkste bestanddeel van aardgas. Het gevormde methaan kan zonder problemen toegevoegd worden aan het aardgasnet en op den duur het aardgas helemaal vervangen. Opslag van methaan is ook goed mogelijk omdat de huidige opslagcapaciteit van aardgas gebruikt kan worden. Het onderzoek is vooral gericht op het verbeteren van de efficiëntie van de processen en het opschalen tot industriële grootte.

Ook wordt onderzocht om het waterstof met chemische processen om te zetten in vloeibare brandstoffen, bijvoorbeeld ethanol dat geschikt is als brandstof voor verbrandingsmotoren of als grondstof voor de kunststofindustrie. In principe is ook dit CO<sub>2</sub> neutraal.



### Samenvatting elektriciteit bufferen

Waterstof is dus, in combinatie met de beschreven omzettingen uitstekend geschikt om energie te bufferen. Voor de opslag van methaan is de infrastructuur beschikbaar en een vloeibare brandstof kan ook heel goed langere tijd opgeslagen worden. De verliezen bij deze manier van bufferen zullen bepaald worden door de efficiëntie waarmee het waterstof geproduceerd kan worden en het energetisch rendement van de chemische omzettingen. Het is verstandig om na de opslag de geproduceerde brandstoffen niet te gebruiken voor elektriciteitsproductie omdat het rendement laag is en naar verwachting ook niet verbeterd zal worden.

Waterstof kan in een brandstofcel wel direct omgezet worden in elektriciteit. Daarbij worden nu rendementen gehaald van 50% en de verwachting is dat die rendementen in de toekomst hoger zullen zijn. Er zijn al brandstofcellen in allerlei groottes en vermogens en ook aan deze brandstofcellen wordt nog veel onderzoek gedaan om het waterstof weer rendabel om te kunnen zetten in elektriciteit.

Voor het opslaan kleine hoeveelheden elektriciteit voor een korte periode is een accu geschikt al is dat door de prijs en de vrij korte levensduur van een accu nogal duur. Elektriciteit opslaan in een accu voor een langere periode is af te raden door het stilstandverlies. Er zijn geen goede alternatieven voor de accu voor een opslag voor korte tijd. Elektriciteit kan voor dagen of eventueel enkele weken met een redelijk goed rendement opgeslagen worden in een stuwmeer maar door de lage energiedichtheid is dat voor Nederland eigenlijk alleen op kleine schaal mogelijk. Dat geldt ook voor perslucht al zijn de rendementen daarbij veel lager. Seizoenopslag is mogelijk met waterstof en de brandstoffen die daaruit gemaakt kunnen worden als dat in de toekomst met voldoende hoog rendement plaats kan vinden.

# Conclusie

Met inzet van moderne technieken is het technisch mogelijk om op het gemeentelijke grondgebied alle energie duurzaam te produceren voor Zwolle. Daarbij is alvast geanticipeerd op de verwachte technische ontwikkelingen. Met een combinatie van zonnepanelen en windturbines is een oppervlak nodig zo groot als de hele stad, inclusief de industrieterreinen, de wegen, de parken etc..

Met inzet van grootschalige en planmatige energiebesparing in de woningbouw, industrie en vervoer moet het mogelijk zijn om de oppervlakte van het energiepark te verkleinen. Maximaal is een besparing van ongeveer 30% te bereiken.

De benodigde grondoppervlakte kan dan worden gereduceerd tot ongeveer **3,5 x 3,5 km**. Voorwaarde voor e.e.a is wel, dat elektriciteit gebufferd kan worden. Waterstof als buffer heeft, zoals het er nu uit ziet, de beste papieren.

Om dit resultaat te krijgen met energie uit biomassa is een grondoppervlak nodig van goede landbouwgrond dat 19 keer groter is dan bij de toepassing van zonnepanelen. De noodzakelijke investeringen van €31.000 en €18.000 per inwoner geven hooguit aan in welke orde van grootte de investeringen zullen liggen.

# Literatuur

Websites:

- <http://www.cbs.nl/NR/rdonlyres/E9B8A657-B344-4004-86CA-4A2DDAAD2020/0/Zwolle.pdf>
- <http://www.vhlde.nl/mobiliteit-duurzame-energie-202/63-bio-ethanol>
- <http://www.groenegrondstoffen.nl/downloads/Infosheets/ECROP%20suikerbiet.pdf>
- [http://www.biotion-tour.eu/media/downloads/brochures/bioethanol\\_NL.pdf](http://www.biotion-tour.eu/media/downloads/brochures/bioethanol_NL.pdf)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Electrolysis\\_of\\_water](http://en.wikipedia.org/wiki/Electrolysis_of_water)
- <http://www.plaatsengids.nl/zwolle>

## Gebruikte omrekenijfers:

- opbrengst zonnepanelen 2,3 TJ per ha
- opbrengst windenergie 1,2 TJ per ha
- opbrengst bio-massa 0,2 TJ per ha

1 km<sup>2</sup> = 100 ha (= hectare)

1 ha = 10.000 m<sup>2</sup>