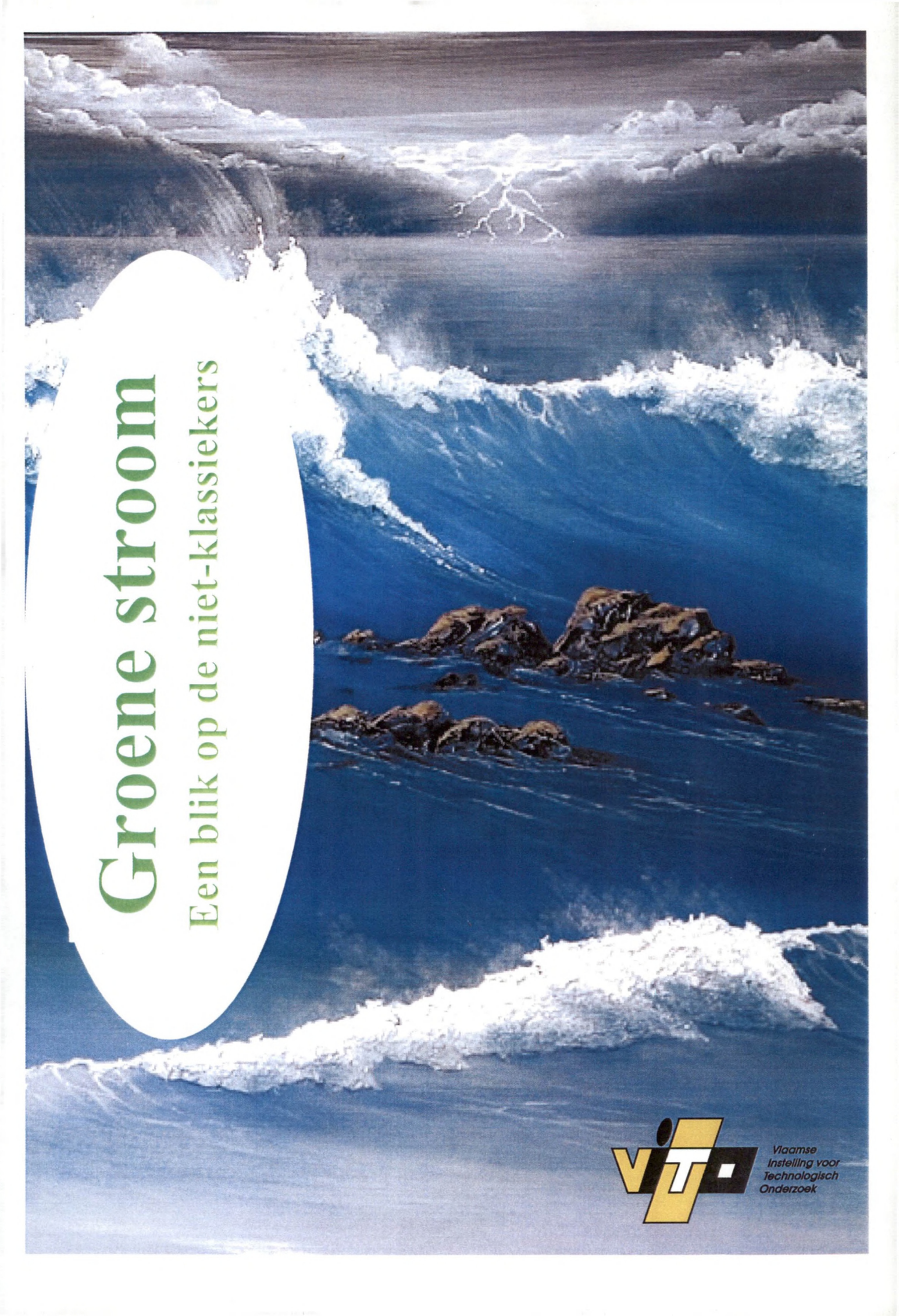




Groene stroom

Een blik op de niet-klassiekers



Vlaamse
Instelling voor
Technologisch
Onderzoek

Beperkte verspreiding

68958

**Studiedag 09.11.2004
Vito, Mol**

Groene stroom

Een blik op de niet-klassiekers

J.G. Kretzschmar, G. Vanuytsel, T. Daems, I. Boeckx

2004/ETE/R/132

Vito

November 2004

PROGRAMMA

VOORMIDDAG

Voorzitter

Jan Kretzschmar, Vito

08.45 uur **Registratie en koffie**

09.15 uur **Verwelkoming**
Jan Kretzschmar, Vito

09.30 uur **Is er plaats voor hernieuwbare energie in Vlaanderen?**
Nathalie Devriendt, Vito
Jo Neyens, ODE

10.00 uur **Energie uit de zee**
Johan Liekens, Vito

10.30 uur **Koffie**

11.00 uur **Archimedes Wave Swing**
Henk Polinder, TU Delft

11.30 uur **WindWall: een nieuw type windturbine voor plaatsing in de bebouwde omgeving**
Rob Roelofs, WindWall BV

12.00 uur **Lunch**

PROGRAMMA

NAMIDDAG

Voorzitter

Guy Vekemans, Vito

- 14.00 uur **Stortgasexploitatie te Mont-St.-Guibert**
Jean-Pierre Van Wingen, E. Van Wingen NV
- 14.30 uur **Productie van biogas en elektriciteit uit reststoffen van een aardappel-
verwerkend bedrijf**
Joop Colsen, Colsen BV en Colsen Milieu BVBA
- 15.30 uur **Koffie**
- 16.00 uur **Green Energy, Clean Reality**
Stijn Van den Bosch, Vyncke Energietechniek NV
- 16.30 uur **Receptie**

Is er plaats voor hernieuwbare energie in Vlaanderen?

Nathalie Devriendt, Vito
Jo Neyens, ODE

Is er plaats voor hernieuwbare energie in Vlaanderen ?

J. Neyens, ODE-Vlaanderen vzw, Leuvensestraat 7/1, B-3010 Leuven, Belgium,
Tel. +32 (0)16 23 52 51 Fax +32 (0)16 48 77 44, E-mail: Jo.Neyens@imec.be

Geert Dooms, Luk Dewilde, 3E nv, Verenigingsstraat 39, B-1000 Brussel, Belgium,
Tel. +32 (0)2 217 58 68, Fax +32 (0)2 219 79 89, E-mail: Geert.Dooms@3E.be

Nathalie Devriendt, Wouter Nijs, Vito, Boeretang 200, B-2400 Mol, België
Tel. + 32 (0)14 33 58 73, Fax + 32 (0)14 33 55 99, E-mail: Nathalie.devriendt@vito.be

1. Inleiding

Zowel in Europa, België en Vlaanderen zijn er doelstellingen opgelegd om tegen 2010 een deel van de primaire energie uit hernieuwbare bronnen te produceren. Europa heeft tot doel 12% van het totale energieverbruik uit hernieuwbare bronnen te produceren. Daarnaast hebben de Europese landen zich ook geëngageerd voor het Kyoto-protocol om de CO₂-uitstoot te verminderen. Van de lidstaten wordt verwacht dat er op regelmatige tijdstippen wordt gerapporteerd wat de resultaten zijn van de genomen acties en wat de vooruitzichten zijn. De rapportering van CO₂-reductie gebeurt in Vlaanderen in het Vlaams klimaatsbeleidsplan.

Deze studie uitgevoerd in opdracht van viWTA reikt het Vlaams parlement discussiemateriaal aan bij de bespreking van de actualisatie van het Vlaams klimaatsbeleidsplan.

1.1 Doelstellingen en aanpak

In deze studie werd vertrokken van een systematisch overzicht van de momenteel beschikbare potentieelstudies van hernieuwbare energievormen. Zowel analyses op Vlaams, Belgisch als Europees niveau werden onderzocht. De gehanteerde hypothesen, definities en tijdshorizon van de uiteenlopende scenario's van de studies werden naast elkaar gelegd en vergeleken. Aan de hand van deze evaluatie werden eventuele lacunes in het onderzoek bloot gelegd.

In een tweede fase van de studie werd nagegaan welke niet-technologische belemmeringen in de weg staan voor de invulling van het potentieel aan hernieuwbare energie. Voor de analyse van belemmeringen werd rekening gehouden met de evolutie van de technologie, de ondertussen ingevoerde beleidsmaatregelen en de vrijmaking van de energiemarkt. De thema's maatschappelijk draagvlak en participatie werden in twee stappen benaderd met als doel een reeks aanbevelingen te formuleren voor participatie bij inplanting van nieuwe grootschalige energiesystemen. In een eerste stap werd een theoretische benadering gedaan door literatuurstudie, in een tweede stap werden enkele case-studies op het vlak van participatieve aanpak van hernieuwbare energie in Vlaanderen en het buitenland bekeken.

Op basis van de analyse van de belemmeringen en de case studies werden specifieke beleidsaanbevelingen uitgewerkt, zowel per technologie als in het algemeen. Ook werd aandacht besteed aan het uitzetten van tussentijdse doelstellingen voor het aandeel van hernieuwbare energieproductie in België op middellange termijn. Dit alles ter ondersteuning van een doelgericht hernieuwbare energiebeleid.

1.2 Definitie hernieuwbare energiebronnen

De drie belangrijkste processen of krachten die de grondslag vormen voor allerlei hernieuwbare energievormen op aarde zijn zwaartekracht, kernfusie in de zon en radioactief verval in de aardkorst. De tijdschaal waarop deze processen zich afspelen is voor menselijke begrippen oneindig lang en dus onuitputbaar. De omzetting van deze energie in andere energievormen is daardoor een hernieuwbaar proces, in tegenstelling tot energieproductie uit eindige voorraden van energiegrondstoffen zoals steenkool, olie, aardgas, uranium enz.

Het Nederlandse Protocol Monitoring Duurzame Energie [definieert hernieuwbare energie als volgt:

Hernieuwbare energiebronnen zijn energiebronnen waarbij hernieuwbare energiedragers met behulp van energieconversietechnologieën kunnen worden omgezet in de secundaire energiedragers elektriciteit, warmte en/of brandstof.

De uitgebreide lijst van hernieuwbare energiebronnen kan in drie groepen ingedeeld worden.

1. Stromingsbronnen

Alle zogenaamde stromingsbronnen (getijden-, golf- en oceaanstromingsenergie, waterkracht, windenergie, actieve zonne-energie (thermisch, fotovoltaïsch) en passieve zonne-energie) worden als hernieuwbare energiebron beschouwd.

2. Benutting van omgevings- en aardwarmte

Warmtepompen en warmte/koude (seizoen)opslag zijn energiebesparingsopties die men echter dikwijls ook bij de hernieuwbare energiebronnen rekent.

Deze technologieën verbruiken zelf energie, waarvoor gecorrigeerd dient te worden als indien de bijdrage aan de energievoorziening bepaald wordt.

3. Energie uit afval en biomassa

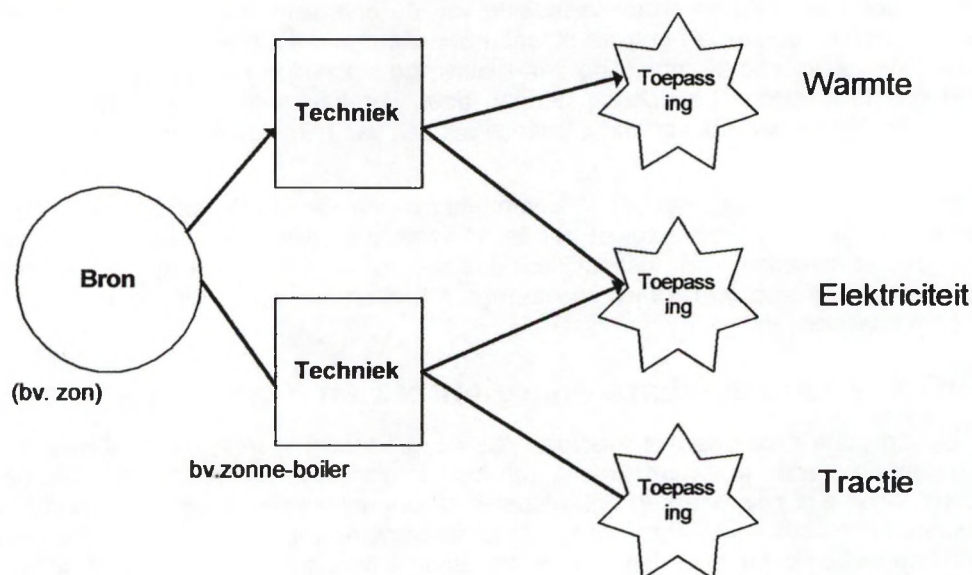
Bij energiewinning uit afval en biomassa is het onderscheid tussen de hernieuwbare en niet-hernieuwbare fractie in de afval- en/of reststoffen van belang. Volgens de Vlaamse definitie (zie verder) wordt uitsluitend de bijdrage van de organisch-biologische fractie als hernieuwbare energie beschouwd.

Toepassing van hernieuwbare energie

Per bron bestaan verschillende technieken om de aangeboden energie te winnen (bv. thermische zonnecollector; bv. fotovoltaïsch systeem). Deze technieken leiden meestal ook naar verschillende toepassingen (bv. verwarming en warm water; elektriciteit) (zie figuur 2). De bronnen en technieken hebben elk hun eigen kenmerken, zodat een effectief en efficiënt beleid (gedeeltelijk) per bron en zelfs per techniek zal moeten worden bepaald.

Geografische afbakening

Overeenkomstige internationale statistische conventies wordt de winning van duurzame energie toegerekend aan het land (of de regio) waar de winning plaatsvindt. In de potentieelanalyse voor Vlaanderen werd hierop één uitzondering gemaakt, nl; voor off shore windenergie opgesteld op het Belgisch continentaal plat.



Figuur 1: Onderscheid tussen bron, techniek en toepassing

1.3 Hernieuwbaar versus duurzaam

Hernieuwbare bronnen zijn vaak, maar niet altijd, duurzaam. Hout bijvoorbeeld is een hernieuwbare bron, maar kan zowel zeer duurzaam worden gebruikt via vergassing in een efficiënte biomassavergasser, als weinig duurzaam in een slecht trekkende open haard.

Andere definities rekenen ook rationeel energiegebruik onder de term duurzame energie. In deze studie wordt het begrip hernieuwbare energie strikt gehanteerd volgens de Europese definitie. De Vlaamse regering heeft op 5 maart 2004 in een nieuw besluit haar definitie van hernieuwbare energiebronnen aangepast aan deze Europese definitie, door de wijziging van het besluit van 28 september 2001 over de bevordering van elektriciteitsopwekking uit hernieuwbare energiebronnen.

Specifiek voor de sector biomassa is ook de definitie belangrijk die de VLAREM-wetgeving hanteert. Deze definitie van biomassa is strenger en betekent af wanneer biomassa als brandstofproduct dan wel als afvalstof wordt gedefinieerd. Dit is belangrijk voor de regelgeving van vergunningsprocedures, in- en uitvoer, heffingen, emissies, enz..

1.4 Afbakening van de studie

De studie heeft alle hernieuwbare energiebronnen behandeld die voor Vlaanderen een relevante toepassing kunnen vormen. Voorts is zowel de productie van warmte als elektriciteit met hernieuwbare energiesystemen onderzocht. Transport werd in deze studie niet behandeld.

Deze twee criteria leidden tot de volgende lijst van technologieën:

Tabel 1: Lijst van geselecteerde hernieuwbare energiebronnen

Hernieuwbare energiebron	Warmte	Elektriciteit
Biomassa	X	X
Geothermie	X	X
Waterkracht	O	X
Wind (incl. off-shore windenergie)	O	X
Actieve thermische zonne-energie	X	O
"Passieve zonne-energie" /omgevingsenergie	X	X
Fotovoltaïsche zonne-energie	O	X

Volgende technieken vallen buiten het bestek van dit onderzoek:

- warmtekrachtkoppeling (tenzij als energieconversietechniek voor biomassa);
- waterstof als energiedrager: onderwerp van een andere viWTA-actie;
- zonthermische elektriciteitsopwekking: niet relevant voor Vlaanderen;
- geothermische conversietechnologie van "hot dry rock": te experimenteel;
- oceanische energie (getijdencentrales, golfslagenergie): te geringe potentieel voor Vlaanderen.

Off-shore windparken waren wel onderwerp van de studie.

Enkele specifieke conversietechnieken werden wel meegenomen in de thema's belemmeringen en beleidsaanbevelingen, maar niet in de potentieelanalyse, wegens het gebrek aan relevante studies voor Vlaanderen:

- warmtepompen
- windenergie op gebouwen (kleine windturbines)
- asfaltcollectoren

2. POTENTIEELANALYSE VAN HERNIEUWBARE ENERGIE

2.1 Definitie van het begrip potentieel

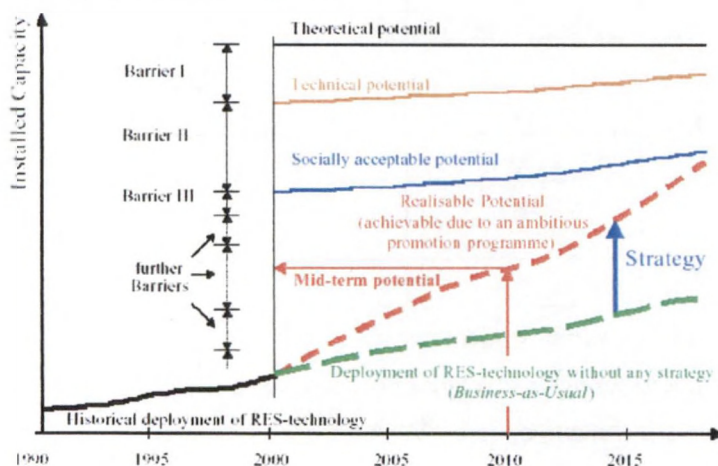
Verschillende niveaus van potentieel

Een belangrijke motivatie voor de toepassing van hernieuwbare energiebronnen is hun potentieel grote bijdrage tot de energievoorziening. Het fysische aanbod van de diverse hernieuwbare energiebronnen is enkele duizendtallen groter dan het totale wereldenergieverbruik. Het nuttig toepasbare aandeel van dit fysisch aanbod wordt echter zeer sterk gereduceerd door diverse randvoorwaarden, die niet statisch zijn maar kunnen evolueren in de loop van de tijd.

De raming van de reducties door deze beperkingen leidt tot de berekening van verschillende niveaus van potentieel. Diverse auteurs hanteren onderling verschillende definities voor het onderscheid tussen niveaus van potentieel. In de studie ELGREEN gebeurt dit als volgt:

- theoretisch potentieel: energiestroom;
- technisch potentieel: technische beperkingen worden ingerekend;
- sociaal aanvaardbaar potentieel: maatschappelijke aanvaarding beperkt verder het technische potentieel;
- realiseerbaar potentieel: realisatie in functie van de tijd, bepaald door marktgroei, en planning; het middellange-termijn potentieel is gelijk aan het realiseerbare potentieel voor het beschouwde jaar (2010)

Deze niveaus van potentieel worden in het Elgreen rapport in een schematische niet-kwantitatieve grafiek voorgesteld (Fig. 3).



Figuur 3: Definitie van verschillende niveaus van potentieel

Voor een transparante vergelijking van potentieelstudies leidt het hanteren van onderling verschillende definities tot verwarring. Daarom geeft de studie een gedetailleerd overzicht van de randvoorwaarden die het fysisch potentieel reduceren. Aan deze lijst van randvoorwaarden wordt dan elke geselecteerde potentieelstudie getoetst (via de toegekende codes), om gedetailleerd aan te tonen welke onderliggende hypothesen ten grondslag liggen aan de berekende cijfers.

Tabel 2: Randvoorwaarden die het potentieel reduceren

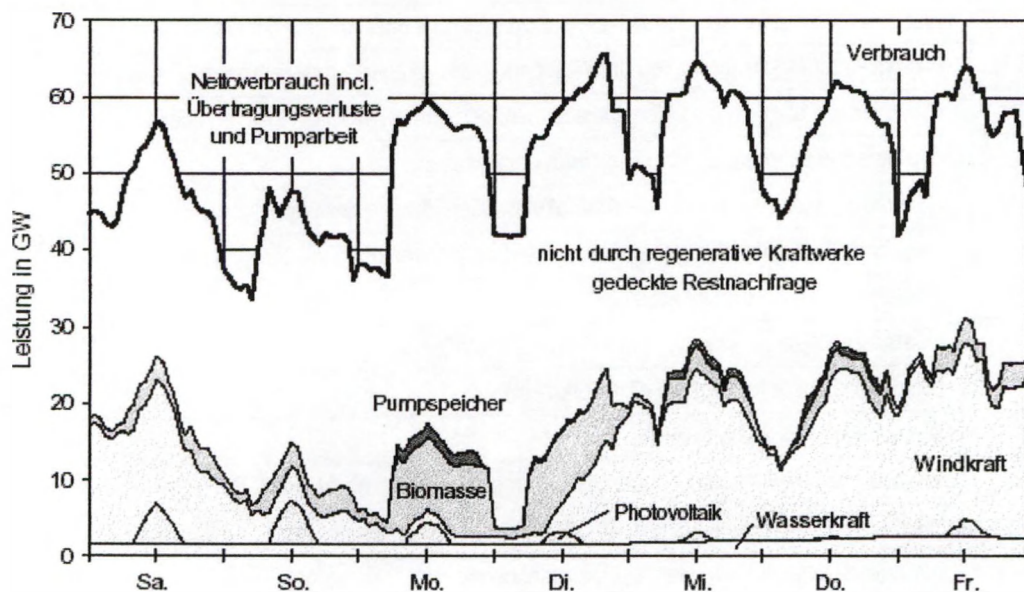
1.	klimatologische randvoorwaarden:
1A	tijdsschommelingen in het aanbod,
1B	geografische schommelingen van fysisch aanbod
2.	ruimtelijke randvoorwaarden:
2A	beschikbare ruimte: Vlaams gewest
2B	concurrentie tussen conversietechnieken (bvb. thermische zonnecollectoren versus PV-module),
2C	concurrentie tussen sectoren (energie versus voeding, kunststoffen...)
2D	Nuttige beschikbare ruimte of geschikte technische ruimte (orientatie daken, geschikte rivier,...)
3.	technologische randvoorwaarden:
3A	omzettingsrendementen
3B	beschikbare vermogens van installaties
3C	niet overeenstemmen van aanbod- en vraagprofiel (niet bruikbare overschotten).
3D	interactie met elektriciteitsnet en productiepark (back-up power, regelvermogen, dispatching, ...)
3E	dynamiek van energievraag: demandside management, jaarlijkse evolutie energievraag
4.	ecologische en maatschappelijke randvoorwaarden:
4A	milieu-impact (directe en indirecte uitstoot van milieuschadelijke stoffen)
4B	hergebruik: bvb. cascaderегeling (ladder van Lansink) van bio-afval
4C	ruimtelijke ordening (windenergie)
4D	maatschappelijke aanvaarding ("not in my backyard"),
4E	ecologisch beheer (vismigratie bij waterkracht)
5.	economische randvoorwaarden:
5A	wisselwerking met macro-economische factoren: werkgelegenheid, groei, BBP, groei energievraag
5B	micro-economische haalbaarheid: brandstofprijzen, elasticiteiten
5C	internationale handel van energie, biomassa, certificaten
6.	politieke randvoorwaarden:
6A	beleidsstrategie, steunprogramma's en wettelijk kader
6C	inrekening externe kosten: prijsbeleid, prijszetting, accijnzen enz.
7.	Tijdshorizon:
7A	2010
7B	2020
7C	2050
7D	2025

Statisch versus dynamisch potentieel

Belangrijk bij de beoordeling van potentieelstudies is ook het onderscheid tussen een statische en dynamische benadering.

De meeste potentieelanalyses berekenen voor elke hernieuwbare energietechnologie diverse niveaus van potentieel in termen van opgewekte energie per jaar (bvb. TWh/jaar voor elektriciteit). Dat gebeurt door de gemiddelde jaarlijkse energieproductie van een typesysteem te vermenigvuldigen met het geraamde opgestelde vermogen. Deze statische berekening geeft echter geen informatie over de tijdsafhankelijkheid van de energieopwekking. Naargelang de techniek doen zich immers grote schommelingen voor, per seizoen, per dag en per korter tijdsinterval. Ook de vraag naar energie schommelt volgens een statistisch te berekenen patroon.

Een dynamische potentieelanalyse brengt deze twee wisselende patronen wel in kaart, wat een correcter beeld oplevert van de relatie tussen vraag- en aanbodzijde. Dit laat ook toe om de wisselende bijdrage van hernieuwbare energie, de niet-hernieuwbare energiebehoefte en de eventuele wisselwerking met (toekomstige) opslagtechnieken in vermogen en tijd te onderzoeken. Figuur 4 geeft een voorbeeld van dergelijke simulatie voor elektriciteit in Duitsland in 2020, voor een week in december. In het bestek van deze studie is zulke analyse niet haalbaar.



Figuur 4: Tijdsafhankelijke vermogenscurve (in GW) van hernieuwbare energiesystemen en pompopslagcentrales over 7 dagen in de tweede helft van december van het jaar 2020 en netto energieverbruik onder een energiebesparingsscenario

Cumulatie van potentiëlen

Potentiëlen van verschillende hernieuwbare energietechnieken kunnen niet onbeperkt bij elkaar opgeteld worden. Dakoppervlaktes moeten verdeeld worden tussen actieve thermische zonnecollectoren en fotovoltaïsche panelen. Voor ruimteverwarming van gebouwen bijvoorbeeld bestaan er diverse routes: passieve zonne-energie, warmtepomp op omgevingswarmte, thermische zonne-energie voor ruimteverwarming, op langere termijn eventueel micro-warmtekrachtkoppeling met waterstof als energiedrager of de microbrandstofcel. Bij deze WKK toepassing bvb. zal dimensionering op warmtevraag leiden tot lagere elektriciteitsopwekking dan maximaal mogelijk. Maximale inschatting van de potentiëlen voor elke technologie afzonderlijk leidt tot overschatting. Een transparante berekening vraagt echter een gedetailleerde analyse en veronderstelt een (deels subjectieve) prioriteitenlijst van technologieën. In het kader van deze studie was dit haalbaar.

2.2 Validatie van bestaande potentieelstudies

De potentieelstudies werden zo ruim mogelijk geselecteerd en vervolgens ingedeeld volgens onderstaande categorieën:

- A. Studies die een potentieel inschatten per hernieuwbare energietechnologie afzonderlijk.
- B. Studies die niet elke technologie expliciet apart nemen of waarvan het totale potentieel primeert boven de afzonderlijke inschattingen per technologie.
- C. Studies die geen potentieel definiëren, maar waarin hernieuwbare energietechnologieën wel aan bod komen, soms door ze te gaan vergelijken met andere technologieën.

Studies met een potentieel per energietechnologie afzonderlijk

De studies verschillen in aanpak naargelang de criteria waarmee ze rekening houden, de regio en de betrokken technologieën. De tabel 4 somt alle studies in de categorie A op met vermelding van onderzoekscoördinator, publicatiedatum, beschouwde tijdshorizon en betrokken technologieën.

Potentieelstudies kunnen focussen op warmteopwekking en/of op de elektriciteitsproductie. Voor biomassa en zonne-energie is er zowel een kolom voor warmte als voor elektriciteit. Bijna alle studies die geothermie behandelen gericht zijn op warmte. Voor waterkracht worden alleen installaties bedoeld met een elektrisch vermogen kleiner dan 10 MW. Bij zonne-energie is nog een verdere opsplitsing gemaakt voor actieve en passieve zonne-energie, zoals tabel 3 verduidelijkt.

Tabel 3: Onderverdeling van het domein zonne-energie

Actieve zonne-energie		Passieve zonne-energie	
Warmte	Elektriciteit	Warmte	Elektriciteit
AW	AE	PW	PE
Zonneboiler	Netgekoppelde Fotovoltaïsche systemen	Besparing op ruimteverwarming	Besparing op kunstverlichting door daglichttoetreding

Studies met een potentieel voor het totaal aan hernieuwbare energie

Naast de studies van categorie A werden voor de volledigheid ook kort twee Belgische en vier Europese studies geciteerd, waarin geen afzonderlijke potentieelramingen worden berekend per hernieuwbare energietechniek.

Tabel 5: Overzicht van de potentieelstudies in categorie B

Studie	Auteur	Jaar	Tijds-horizon
B1. Energievooruitzichten voor België tegen 2030.	Federaal Planbureau	2004	2030
B2. Indicatief programma van de productiemiddelen voor elektriciteit 2002-2011	CREG	2004	2011
B3. ADMIRE REBUS, Modeling the European market for renewable electricity, ECN Policy Studies	ECN	2003	2010
B4. White Paper	EC	1997	2010
B5. Energy Outlook	EC	1999	2020
B6. PRETIR	Ecofys	2002	2010

Andere studies

Tabel 6: Overzicht van de studies categorie C

Studie	Auteur	Jaar
C1. Thesis Biomassa i.o.v. vWTA	Stijn Dierickx	2004

2.3 CO₂-reductiepotentieel

Variabelen bij de berekening van het CO₂-reductiepotentieel

Indirecte CO₂-emissies

Hernieuwbare energiebronnen zijn niet CO₂-neutraal. De omvorming van hernieuwbare energiestromen gebeurt weliswaar zonder fossiel brandstofverbruik (tenzij voor hulpenergie) en dus zonder CO₂-uitstoot, maar de fabricage van de "hardware" voor de hernieuwbare energiesystemen verbruikt energie en veroorzaakt dus broeikasgasemissies. Omdat ze niet direct gerelateerd zijn aan de energie-opwekking tijdens de werking van de hernieuwbare energie-installatie, noemt men ze *indirecte emissies*. Ze worden berekend in g/kWh, waarbij de indirecte emissies verdeeld worden over de totale hoeveelheid energie die wordt opgewekt tijdens de (geraamde) levensduur van de hernieuwbare energie-installatie.

De berekening van deze indirecte emissies is complex. Ze steunt op een levenscyclusanalyse van de gebruikte materialen (bepalend voor de gebruikte energie in het productieproces), de locatie van de hernieuwbare energie-installatie (bepalend voor zowel de energieopbrengst als de vermeden

emissies), de levensduur en de opbrengst van de installatie. Van groot belang voor de berekening van de emissies zijn de onderliggende hypothesen. Voor België heeft de studie "Indirecte broeikasgasemissies van 'emissievrije centrale'" deze waarden voor een aantal hernieuwbare energietechnologieën berekend.

Vermeden CO₂-emissies

De netto vermeden CO₂-emissies kunnen statisch of dynamisch berekend worden. In de statische methode wordt het verschil berekend tussen de CO₂-uitstoot op de plaats van opwekking en de indirecte emissies van de betrokken hernieuwbare energietechnologieën, in g/kWh. Vermenigvuldigd met de jaarlijkse kWh-productie geeft dit een jaarlijkse CO₂-reductie in bvb. Mton/jaar.

Een dynamische berekening houdt ook nog rekening met de evolutie van de CO₂-emissies over de tijd: de vermeden emissies van het klassieke centralepark zijn immers afhankelijk van de types ingeschakelde centrales en hun lastregime (vollast, deellast). De studie van Voorpools (KULeuven) hanteert deze methode voor de berekening van de dynamische CO₂-uitstoot.

Validatie van studies over CO₂-reductiepotentieel

Volgende studies werden in het kader van CO₂-reductiepotentieel bekeken.

Tabel 7: Overzicht van de studies waar het CO₂-reductiepotentieel aan bod komt.

Studie	Auteur	Jaar
Sectie G2, H en I van het AMPERE-rapport	AMPERE	2000
Evaluatie van het reductiepotentieel voor diverse pollutanten naar het compartiment lucht voor elektriciteitsproductie in Vlaanderen	Vito	2002
Externe kosten van elektriciteitsproductie	Vito	2002
Indirecte broeikasgasemissies van "emissievrije centrales"	KULeuven TME	2000
De invloed van de ogenblikkelijke energiemix voor elektriciteitsproductie op de overeenkomstige emissies.	KULeuven PME	1998

De meeste studies geven geen inschatting van het CO₂-reductiepotentieel. Enkel AMPERE geeft een vork voor de reductie van CO₂-emissies.

3. ONDERZOEK NAAR NIET-TECHNOLOGISCHE BELEMMERINGEN EN MAATSCHAPPELIJK DRAAGVLAK

SAMENVATTING

Naast de discussie over het technisch realiseerbare potentieel voor hernieuwbare energie in Vlaanderen zijn niet-technische, politieke en sociale aspecten minstens even belangrijk. In opdracht van het viWTA¹ heeft een onderzoeksploeg bestaande uit Vito, 3E en ODE-Vlaanderen onderzoek verricht naar niet-technologische belemmeringen en maatschappelijk draagvlak voor hernieuwbare energie in Vlaanderen, als tweede luik van het onderzoeksproject "Is er plaats voor hernieuwbare energie in Vlaanderen". Volgende thema's werden behandeld: belemmeringen voor de marktontwikkeling van hernieuwbare energie, beleidsaanbevelingen, het sociaal en politiek draagvlak voor hernieuwbare energie en de opportuniteiten van participatieve betrokkenheid van de bevolking. Omdat het onderzoeksrapport nog niet gepubliceerd is, geeft deze tekst geen gedetailleerde resultaten van het onderzoek, maar wel een overzicht van de methode.

PROBLEEMSTELLING

Hernieuwbare energietechnologieën hebben de laatste decennia een sterke technologische ontwikkeling gekend qua rendement en betrouwbaarheid en zijn nu rijp voor marktintroductie. Tussen technische ontwikkeling en marktontwikkeling staan echter diverse belemmeringen:

- het wisselend en onvoorspelbaar karakter van het aanbod van hernieuwbare energiestromen;
- niet-technologische belemmeringen van institutionele, economische en maatschappelijke aard.

In het bestek van dit onderzoek hebben we vier vragen behandeld:

1. welke zijn de niet-technologische belemmeringen voor de uitbouw van hernieuwbare energie in Vlaanderen?
2. wat is het maatschappelijk draagvlak voor hernieuwbare energie in Vlaanderen?
3. welke rol kunnen participatieve processen spelen in het vergroten van het maatschappelijk draagvlak voor hernieuwbare energie?
4. welke beleidsaanbevelingen kunnen op basis van de analyse van de voorgaande vragen geformuleerd worden?

3.1 BELEMMERINGEN VOOR HERNIEUWBARE ENERGIE

3.1.1 Inventarisatie van belemmeringen

In het ODE-studierapport van 1996 [1], werden de toenmalig actuele belemmeringen voor hernieuwbare energie opgesomd. Acht jaar later is het energielandschap sterk veranderd: de technologie is geëvolueerd, de vrijmaking van de energiemarkt is (bijna) voltooid (tenminste in het Vlaams Gewest) en nieuwe beleidsmaatregelen voor hernieuwbare energie werden ingevoerd.

De oplijsting van actuele belemmeringen voor hernieuwbare energie steunt op de oorspronkelijk lijst van het ODE-rapport, die geactualiseerd wordt en zo nodig uitgebreid. De focus ligt hier op niet-technische belemmeringen.

De lijst met belemmeringen is opgesteld in overleg met externe partners van het "middenveld", d.w.z. de verschillende sectorale platformen van ODE-Vlaanderen en daarbuiten die thematisch per technologie georganiseerd zijn. Tabel 1 geeft een overzicht deze sectorale platformen.

¹ Vlaams instituut voor wetenschappelijk en technologisch aspectenonderzoek

Tabel 1: Sectorale organisaties m.b.t. hernieuwbare energie

Hernieuwbare energiebron	Sectororganisatie
Biomassa	Biomassaplatform
Waterkracht	geen (<i>alleen individuele promotoren</i>)
Wind	Windplatform
Actieve thermische zonne-energie	BELSOLAR
Passieve zonne-energie	Passiefhuisplatform
Warmtepompen	Werkgroep Warmtepompen
Fotovoltaïsche zonne-energie	PV-platform

Het ODE-studierapport vermeldt twee types van belemmeringen:

- intrinsieke kenmerken van hernieuwbare energiebronnen, verder interne belemmeringen genoemd: technische ontwikkeling en kostprijs, geringe vermogensdichtheid en kleinschalig gebruik, oncontroleerbare beschikbaarheid. Het onderzoeksrapport wijst op de dalende kosten van een aantal technologieën onder impuls van marktgroei en massaproductie, en op een aantal technische innovaties bij het herdenken van de netopbouw zoals voorspellingsmodellen en energie-opslag. Hier liggen ook opportuniteiten voor kennisopbouw en industriële innovatie
- financiële, wettelijke en institutionele belemmeringen, verder "externe belemmeringen" genoemd.

3.1.2 Actualisatie van de niet-technologische belemmeringen

De analyse van belemmeringen gebeurt in twee stappen:

- actualisatie van de belemmeringen in het ODE-rapport;
- aanvulling van de lijst belemmeringen zowel algemeen als per hernieuwbare energietechnologie.

De belangrijkste thema's in de opgelijste belemmeringen zijn:

- de problematiek van de vergunningsprocedure voor projecten met waterkracht, windenergie en biomassa;
- het ontbreken van een steunmechanisme voor groene warmte;
- het gebrek aan doelgroepgerichte informatie (bouwsector, lokale overheden);
- het ontbreken van een langetermijnstrategie voor doelstellingen en onderzoek;
- onvoldoende overleg tussen beleidsdomeinen, bevoegdheidsniveaus en de sector.

3.1.3 Hernieuwbare elektriciteit in de vrijgemaakte energiemarkt

De liberalisering van de energiemarkten houdt een bedreiging in voor de introductie van hernieuwbare energie in de energiemarkt. Het beleid heeft dit tijdig ingezien en wettelijke regelingen uitgewerkt. Het steunmechanisme van groenestroomcertificaten dat aanvankelijk met een schommelende prijsvorming werkte, is in april 2004 gestabiliseerd door de invoering van minimumprijzen, gediversifieerd per hernieuwbare energiebron. Dit gebeurde via een wijziging van het Vlaams Elektriciteitsdecreet.

1 Tabel 2: Minimumprijzen voor groenestroomcertificaten

Hernieuwbare energiebron	Federale minimumprijs	2 Vlaamse minimumprijs certificaat	
	[euro/MWh]	[euro/MWh]	[cent/kWh]
Biomassa*	20	80	8
Windenergie op land	50	80	8
Waterkracht	50	95	9,5
Getijden- en golfslagenergie	20	95	9,5
Aardwarmte	20	95	9,5
Fotovoltaïsche zonne-energie	150	450	45

* organisch-biologische stoffen waarbij al dan niet coverbranding wordt toegepast, voor de vergisting van organisch-biologische stoffen in stortplaatsen, en voor het organisch-biologisch deel van restafval

De distributienetbeheerders zijn verplicht deze minimumsteun te betalen voor een periode van 10 jaar na de ingebruikname van het hernieuwbare energiesysteem (fotovoltaïsche zonne-energie: 20 jaar

vanaf 2006), als een openbaredienstverplichting. De meerkost kunnen ze recupereren door verkoop van de certificaten op de markt en door het overblijvende saldo door te rekenen in de distributietarieven.

Voor offshore windenergie blijft de bestaande federale regelgeving van het KB van 16 juli 2002 geldig, met een minimumprijs van 90 euro/MWh groenestroomcertificaat. Het voordeel van de Vlaamse decretale regeling is de rechtszekerheid (die ook expliciet ingeschreven staat in de tekst van het decreet²) die een opbrengstgarantie en dus stabiliteit voor de investeerder biedt.

Door het vrijmaken en openstellen van de markt voor nieuwe en buitenlandse energieleveranciers groeit de noodzaak tot betrouwbare informatie voor de consument over groene stroom, om dubbelverkoop van groene stroom te vermijden en om de herkomst van de elektriciteit ondubbelzinnig aan te tonen. De introductie van 'Garanties van Oorsprong', zoals vereist door de Europese Richtlijn en voorzien in de Vlaamse wetgeving, biedt de geschikte basis voor het uitwerken van dergelijke garanties.

3.1.4 Hernieuwbare warmte in de vrijgemaakte energiemarkt

Voor warmteopwekking uit hernieuwbare bronnen bestaat er nog geen Europese richtlijn, maar er wordt aan gewerkt. Ook in Vlaanderen wordt gezocht naar mogelijkheden om warmteopwekking uit hernieuwbare bronnen te stimuleren. In de studie 'Hernieuwbare Warmte' in opdracht van ANRE uitgevoerd door Vito, worden de mogelijkheden onderzocht voor warmteopwekking uit hernieuwbare bronnen te stimuleren.

Voorbeelden van mogelijke steun- en/of stimuleringsmechanismen uit andere EU-landen werden in de studie verzameld. Uit de vergelijking komen volgende mogelijke steunmechanismen naar voor:

- Demonstratiesteun
- Investeringssteun
- Fiscale aftrek
- Goedkope leningen
- WKK-certificaten

In Vlaanderen zijn de meeste van deze steunmechanismen reeds aanwezig behalve goedkope 'groene' leningen. Voor louter warmteproductie met hernieuwbare bronnen komt het steunmechanisme ecologiesteun in aanmerking. Om warmte te stimuleren samen met elektriciteitsproductie komen WKK-certificaten in aanmerking.

3.2 DRAAGVLAK VOOR HERNIEUWBARE ENERGIE

Ervaringen in binnen- en buitenland hebben bewezen dat diverse vormen van participatie essentieel zijn voor een geslaagde realisatie van hernieuwbare energieprojecten. Dit geldt zowel voor grootschalige hernieuwbare energie-installaties als voor de marktgroei van decentrale hernieuwbare energiesystemen door kleine private investeerders.

Dit deel van het onderzoek analyseert het draagvlak voor hernieuwbare energie in Vlaanderen en gaat na hoe diverse participatieprocessen dit draagvlak kunnen vergroten.

3.2.1 Draagvlak

Een eenduidige definitie van het begrip draagvlak ontbreekt - er zijn ongeveer evenveel definities als er studies over draagvlak zijn. Het veelzijdige karakter van het begrip draagvlak komt naar voor in de volgende definitie:

Het draagvlak is een positieve of neutrale opvatting, houding en/of gedraging van een (in)direct bij het beleid betrokken persoon of groepering ten aanzien van de beleidsinhoud.

Een verdere nuancering van het begrip draagvlak maakt onderscheid tussen algemeen en specifiek draagvlak (bvb. een positieve mening over hernieuwbare energie in het algemeen, maar een negatieve houding tegenover een concreet windenergieproject in de buurt) en onderscheidt het draagvlak

² in Art. 4, § 3: "In het geval dat de steun, bedoeld in § 1, door een beslissing van de Vlaamse overheid niet langer wordt toegekend, vergoedt de Vlaamse regering voor bestaande installaties de geleden schade"

volgens sector: maatschappelijk draagvlak, middenvelddraagvlak, ambtelijk draagvlak, politiek draagvlak.

3.2.2 Het draagvlak voor hernieuwbare energie in Vlaanderen

Voor de analyse van het draagvlak voor hernieuwbare energie hebben we ons beperkt tot het maatschappelijk draagvlak, het politiek draagvlak op gewestelijk niveau en het ambtelijk draagvlak op gemeentelijk vlak.

Het maatschappelijke draagvlak

Hiermee bedoelen we meer bepaald de "niet-geactiveerde" publieke opinie. We baseerden ons hiervoor op geselecteerde resultaten van regionale en nationale enquêtes over energiebesparing en duurzame ontwikkeling. Concreet gaat het hier om:

- de *Tweede draagvlakenquête duurzame ontwikkeling* die de Federale Raad voor Duurzame Ontwikkeling (FRDO) in 2002 organiseerde;
- de studie *Draagvlak duurzame ontwikkeling kuststreek, een kwantitatieve en kwalitatieve analyse* van het Hoger Instituut voor de Arbeid (2003) in opdracht van de Provincie West-Vlaanderen;
- de drie enquêtes over *Energiezuinig gedrag van Vlaamse huishoudens* (1998, 2001, 2003) in opdracht van de Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap.

Windenergie wordt in de laatste ANRE-enquête beduidend minder positief beoordeeld dan in 2001. Ongeveer 1/3 van de respondenten is effectief tegen het plaatsen van windmolens, 19% weet het niet. De helft heeft een positieve attitude. Ook wenst slechts een kleine minderheid van de respondenten nergens windmolenparken (5,3%). Het NIMBY-effect (*not in my back yard*) is zeker aanwezig, aangezien 32% - zes maal zoveel – geen windmolenpark *in zijn/haar buurt* wenst. Alleen over locaties in zee is er ruime (positieve) consensus.

Het politieke draagvlak op gewestelijk niveau

Hiervoor onderzoeken we de partijprogramma's voor de Vlaamse gewestelijke verkiezingen van 13 juni 2004 en bespreken we het Vlaamse regeerakkoord van juni 2004.

Het politieke draagvlak voor hernieuwbare energie is in de meeste Vlaamse partijen aanwezig, zij het in diverse niveaus van "activering", gaande van uitgebreide gedetailleerde voorstellen (sp.a-Spirit en Groen!) tot algemene en beknopte positieve attitudes t.o.v. hernieuwbare energie in enkele zinnen (CD&V-N-VA, VLD-Vivant). Het Vlaams Blok trekt het broeikaseffect in twijfel.

Het Vlaams regeerakkoord formuleert voor het thema "hernieuwbare energie" naast een algemene beleidsintentie met voldoende aanzetten voor concretere beleidsdaden ook concrete actiepunten voor het formuleren van doelstellingen. Daarnaast biedt het luik over REG ook aanknopingspunten voor het wegwerken van belemmeringen voor hernieuwbare energie (bvb. het voorstel voor een derdebetalersysteem voor de financiering van projecten).

Het ambtelijk draagvlak op gemeentelijk vlak

Volgende indicatoren komen hier aan bod:

- de deelname van Vlaamse gemeentebesturen aan de cluster energie van de Samenwerkingsovereenkomst "Milieu als opstap naar duurzame ontwikkeling";
- het aantal gemeenten dat een subsidiereglement heeft goedgekeurd voor decentrale zonne-energiesystemen;
- de resultaten van de eigen enquête die ODE-Vlaanderen uitvoerde naar de opinie van de milieuambtenaren over de positie van hun gemeente met betrekking tot hernieuwbare energie.

De deelname van gemeenten aan de Samenwerkingsovereenkomst toont op het eerste gezicht aan dat het *algemene politieke draagvlak* voor het thema energie op gemeentelijk vlak redelijk groot is: 55% van het totaal aantal gemeenten schreven in op het thema energie. Nochtans blijkt uit het

gedetailleerde evaluatierapport [3] dat dit *politieke draagvlak binnen de gemeente* zeer smal is en beperkt blijft tot de schepen van milieu. Het *specifieke politieke draagvlak voor hernieuwbare energie* is bijzonder klein: geen enkele lokale overheid ondertekende het ambitieniveau 3, waarin hernieuwbare energie aan bod komt.

Dit politieke draagvlak is bovendien *passief* en wordt *niet geactiveerd*. Dit blijkt uit de bevraging van de gemeentelijke milieuambtenaren: activiteiten inzake hernieuwbare energie blijven meestal beperkt tot het passief ter beschikking stellen van brochures.

40% van alle Vlaamse gemeenten geven in 2004 een lokale subsidie voor zonne-energie (zonthermisch en/of PV). Daarvan nemen 7 gemeenten bijna 30% van de aanvragen voor hun rekening. Het minieme aantal aanvragen in de overige gemeenten wijst op de passieve rol van de meeste gemeenten.

3.3 PARTICIPATIE

3.3.1 Definitie

De term 'participatie' dekt een hele reeks niveaus van betrokkenheid in processen van bestuur, van symbolische formele deelname tot een werkelijke controle over besluitvorming en besteding van middelen. Een "klassieke" benadering van publieksparticipatie is de "participatieladder" van Sherry Arnstein, die acht vormen van participatie rangschikt volgens toenemende invloed van de deelnemers. Een studie voor de Federale Raad voor Duurzame Ontwikkeling [4] vertaalt de oorspronkelijke onderverdeling aan tot een meer bruikbare participatieladder en onderscheidt daarin drie vormen van participatie, naargelang het rechtstreeks of onrechtstreeks betrekken van de burger

- *directe participatie*: rechtstreekse inbreng van de burger;
- *gedelegeerde participatie*: de burger delegeert zijn beslissingsmacht aan vertegenwoordigers;
- *steekproefsgewijze participatie*: door statistische selectie van burgers in participatieve processen

Voor een beschrijving van de verschillende methodes verwijzen we naar de praktijkgids "*Participatory methods*", een uitgave van de Koning Boudewijnstichting en viWTA.

3.3.2 Praktijkguiden voor participatie

Het onderzoek naar verschillende participatiemethoden heeft een aantal praktijkguiden opgeleverd. meestal bedoeld voor publieke inspraakprocessen bij gevestigde beleidsstructuren. Sommige critici menen dat daardoor participatie verengd wordt tot een technische bekommernis om het proces, de zogenaamde "*tool kit*"-benadering, hetgeen meer fundamentele vragen negeert.

Verder zijn de meeste praktijkguiden door hun specifieke nationale context niet gemakkelijk te transponeren in andere situaties. Toch bespreken we in deze studie één toolkit, nl. *Consulting communities: a renewable energy toolkit*, omdat het één van de zeldzame guiden is voor de participatorische aanpak van hernieuwbare energieprojecten, gebaseerd is op praktische terreinervaring bij de implementatie van een windenergieproject in Wales (UK).

3.3.3 Argumenten voor participatie

Een eerste motivatie voor participatie is het functionele doel: vergroten van de effectiviteit en efficiëntie van de besluitvorming. Deze vorm van participatie als beleidsinstrument is gericht op het vergroten van het draagvlak voor een op voorhand geformuleerd beleid. Het gevoel kan ontstaan enkel te mogen meepraten in functie van een politieke legitimering achteraf van het resultaat, wat tot een vertrouwenscrisis kan leiden.

Participatie kan anderzijds ook een normerend doel hebben: als doel op zich, omdat het een eigen waarde heeft voor de samenlevingsopbouw. Hier staat de verdieping van de democratie voorop.

3.3.4 Participatie in hernieuwbare energie

Participatie en duurzame ontwikkeling

Het begrip participatie loopt als een rode draad door de principes van duurzame ontwikkeling. Het meest centraal staat participatie in het concept van Agenda 21, een van de slotdocumenten van de UNCED conferentie van Rio in 1992, dat een volledig hoofdstuk wijdt aan de inbreng van alle sociale groepen.

Ook in de Vlaamse beleidsdocumenten over milieu wordt expliciet aandacht besteed aan participatie. In het Vlaams milieubeleidsplan 2003-2007 handelt deel 4 "Actoren" volledig over de verschillende actoren die actief zijn in het milieubeleid, de noodzaak van een specifiek doelgroepenbeleid, het bereiken van de burger en de interactie tussen de overheid en de maatschappelijke organisaties.

In de praktijk wordt participatie vaak vereenzelvigd met formele politieke interactie via representatief samengestelde overleg- en adviesorganen zoals de Mina-raad en de SERV op Vlaams gewestelijk niveau en de Federale Raad voor Duurzame ontwikkeling op het federale Belgische niveau.

Het wettelijk kader voor participatie bestaat uit het verdrag van Aarhus dat in 1998 door de EU en haar lidstaten ondertekend werd. Daardoor verbinden zij zich er toe het publiek in procedures voor plannen, milieueffectrapporten en vergunningen een gepaste inbreng te laten doen. Een ontwerp van Europese richtlijn over participatie (Public Participation Directive 2003/35/EC) is bedoeld om een aantal relevante Europese richtlijnen aan de bepalingen van dit verdrag aan te passen.

Niveaus van participatie in hernieuwbare energie

Op basis van de in het begin van hoofdstuk 2 beschreven niveaus van participatie onderscheiden we specifiek voor het domein van hernieuwbare energie vijf niveaus van participatie:

1. Informatie
2. Invitatie, Consultatie, Deliberatie
3. Financiële participatie
4. Partnerschap
5. Gemeenschappelijke exploitatie

Financiële participatie in hernieuwbare energie

Er kunnen twee vormen van financiële participatie worden onderscheiden.

1. Participatie in planning en exploitatie

In deze verregaande vorm van participatie stichten omwonenden, grondeigenaren of belanghebbenden (landbouwers bij biomassa-projecten) samen met een bank en een energiebedrijf, een rechtspersoon die het hernieuwbare energieproject opricht.

2. Indirecte financiële participatie

Bij een aantal vormen van participatie kan de individuele geïnteresseerde een indirecte financiële bijdrage leveren aan de investering in hernieuwbare energieprojecten:

- Energieleveranciers kunnen hun afnemers de mogelijkheid bieden duurzame energie te kopen (bijvoorbeeld onder namen als groene stroom, natuurstroom enz.) tegen extra betaling per kWh.
- Groenfondsen bieden particulieren de mogelijkheid om via aandelen te investeren in bvb. windenergieprojecten.
- In een coöperatieve vereniging met beperkte aansprakelijkheid kunnen de deelnemers aandeelhouders worden tegen een vaste prijs per aandeel, dat een jaarlijks vast te leggen dividend oplevert. Aandeelhouders hebben ook stemrecht in de algemene vergadering.

Participatie en schaalgrootte

Hernieuwbare energieprojecten onderscheiden zich in de schaalgrootte en het centrale of decentrale karakter. Volgende voorbeelden hebben een belangrijke visuele impact bij veralgemeende toepassing:

- windenergie door zijn specifieke grote hoogte en rotordiameter;
- fotovoltaïsche zonne-energie door zijn typisch donkerblauwe kleur;
- energieteelten door de typische visuele kenmerken van de aanplanting (gele kleur van bloeiend koolzaad, volumes van houtgewassen)

De vraag "*Is er plaats voor hernieuwbare energie*" is dus niet zozeer de vraag naar fysieke grondoppervlakte voor hernieuwbare energie, maar wel de vraag naar de visuele impact en de landschappelijke inpassing van hernieuwbare energiesystemen. De noodzaak en vorm van participatieve processen voor de maatschappelijke ondersteuning van hernieuwbare energieprojecten zal dus ook sterk verschillen naargelang de technologie en de schaalgrootte.

3.3.5 Participatieprocessen bij lokale projecten van hernieuwbare energie: aanbevelingen

Voor de uitwerking van aanbevelingen voor participatieprocessen bij de realisatie van lokale hernieuwbare energieprojecten baseren we ons op de uitvoerige praktijkgids *Consulting communities: a renewable energy toolkit*. Hierin is de ervaring bij de implementatie van een windenergieproject in Wales uitgewerkt tot een algemenere leidraad die ook van toepassing is op andere duurzame energieprojecten. De gids wijst op volgende belangrijk aandachtspunten:

- het systematisch betrekken van alle doelgroepen
- transparantie van het proces en integratie in de technische procedure
- betrouwbare en volledige informatieverstrekking
- de nood aan professionele begeleiding en de evaluatie door middel van indicatoren.

3.4 CASE-STUDIES

Dit hoofdstuk presenteert case-studies over de implementatie van hernieuwbare energietechnologieën die geselecteerd werden vanuit twee invalshoeken:

- participatie in grootschalige projecten: analyse van de rol van participatie in concrete grootschalige hernieuwbare energieprojecten in de domeinen windenergie en biomassa.
- participatiestrategie bij grootschalige campagnes voor de introductie van decentrale hernieuwbare energiesystemen in de domeinen van actieve en fotovoltaïsche zonne-energie

Dit leidt tot volgend overzicht:

Technologie	Case study participatie +	Case study participatie -	Case study regionaal	Case study nationaal
wind op land	windproject Eeklo (B)	windproject Veume (B)	beleid windenergie Waals Gewest (B)	
biomassa	Covergisting Denemarken	houtvergassing Groot-Brittannië Biopower (B)		
zon - thermisch			Soltherm Waals Gewest (B)	overzicht initiatieven zonne-energie Duitsland
zon - fotovoltaïsch	Schönau (D)			100 000 daken programma Duitsland

3.5 BELEIDSAANBEVELINGEN

De beleidsaanbevelingen die uit het onderzoek worden afgeleid zullen bij het publiceren van de studie beschikbaar zijn. De studie maakt onderscheid tussen algemene beleidsaanbevelingen die gemeenschappelijk gelden voor een aantal hernieuwbare technologieën, en specifieke beleidsaanbevelingen per hernieuwbare energiebron.

De zeven belangrijkste thema's in de algemene beleidsaanbevelingen zijn:

- een stabiel investeringsklimaat voor potentiële investeerders door langetermijndoelstellingen en stabiele steunmechanismen, zowel voor elektriciteit als warmte uit hernieuwbare energiebronnen;
- transparante vergunningsprocedures over de bevoegdheidsdomeinen heen;
- gediversifieerde informatiecampaagnes in functie van de doelgroepen (grote publiek, bouwsector, onderwijs, lokale besturen);
- een strategie voor participatie, zowel aan het beleid als aan hernieuwbare energieprojecten.
- de rol van lokale besturen activeren en ondersteunen;
- opportuniteiten valoriseren voor de Vlaamse hernieuwbare energie-industrie
- samenwerking : zowel tussen bevoegdheidsniveaus als met de hernieuwbare energiesector

4. BESLUIT

De vraag naar plaats voor hernieuwbare energie heeft erg diverse dimensies:

- welke fysische ruimte is beschikbaar voor de opstelling van hernieuwbare energiesystemen en welk potentieel voor "groene" energieproductie volgt daaruit?
- welke visuele impact en landschappelijke inpassing van hernieuwbare energiesystemen is aanvaardbaar?
- welke "plaats" krijgt hernieuwbare energie in het beleid, in de publieke opinie, in de economische ontwikkeling?

Willen we hernieuwbare energie inschakelen in onze toekomstige energievoorziening, dan mogen we niet afwachten tot er "plaats vrijkomt". Een actieve langetermijnstrategie met stabiele maatregelen en participatie zowel in het beleid als in concrete projecten is de noodzakelijke voorwaarde om ruimte te geven aan de ontwikkeling van hernieuwbare energie.

Referenties

- [1] De Groote, W., *De mogelijkheden en belemmeringen voor hernieuwbare energie in Vlaanderen*, Eindrapport van de studie uitgevoerd in opdracht van het Vlaams Gewest, ter voorbereiding van een "Duurzaam Energieplan voor Vlaanderen", ODE-Vlaanderen, Leuven, 1997, 17 p.(samenvatting) + 126 p.
- [2] Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, 7 mei 2004 — *Decreet houdende wijziging van het Elektriciteitsdecreet van 17 juli 2000, wat betreft het groenestroomcertificatensysteem, en tot interpretatie van artikel 37, § 2, van ditzelfde decreet*, B.S. 08-06-2004
- [3] Ministerie van Economische zaken, 18 JULI 2002. — *Koninklijk besluit betreffende de instelling van mechanismen voor de bevordering van elektriciteit opgewekt uit hernieuwbare energiebronnen*, B.S. 23-08-2002
- [4] K. De Paepe, S. Staut, B. Bosmans, *Samenwerkingsovereenkomst 'Milieu als opstap naar duurzame ontwikkeling'; Samenwerken met Lokale Overheden - Een terugblik op 2002-2003*, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer, Centraal Aanspreekpunt Lokale Overheden
- [5] P. Boulanger, J. van Assche et al., *Het participatief opmaken van indicatoren voor duurzaam ontwikkeling in België*, Studie uitgevoerd in opdracht van de Federale raad voor duurzame ontwikkeling, Institut pour un développement durable (IDD), Centrum voor duurzame ontwikkeling (CDO), mei 2003

Meer informatie

Studie in opdracht van viWTA (Vlaams instituut voor wetenschappelijk en technologisch aspectenonderzoek): <http://www.viwtat.be>



Energie uit de zee

Johan Liekens, Vito

Energie uit de zee

Johan Liekens

**Studiedag Groene stroom
09 november 2004**



Inhoud

- Globale Energieflux
- Energie uit de zee:
 - Ocean Thermal Energy conversion (OTEC)
 - Golfslagenenergie
 - Getijdenenergie
- Financieel plaatje
- Betekenis van energie uit de zee voor België
- Conclusies



Globale Energieflux

- Zoninstraling op atmosfeer: 173.000 TW
 - Weerkaatsing op atmosfeer 52.000 TW
 - Captatie & radiatie 81.000 TW
 - Waterkringloop 40.000 TW
 - Wind, golven, zeestroming 370 TW
 - Fotosynthese 40 TW
- Getijdenenergie 3 TW
- Wereldenergiegebruik ~ 13 TW
- België ~ 0,078 TW
 - Elektriciteitspark ~ 0,015 TW_{inst.}

meer
dan
voldoende
E-input
voor wereld
verbruik



Energie *in* de zee

- Oceanen capteren grootste deel van de zonne-energie
 - Captatie-radiatie 54.000 TW
 - waterkringloop 40.000 TW
 - wind-golven-stroming 245 TW
 - Totaal *in de zee aanwezig* 94.245 TW (78% van irradiatie)
 - Getijden 3 TW

⇒ Veel energie in de zee



Energie *uit* de zee ?

- Moeilijkheden bij captatie van energie uit de zee:
 - Energiedichtheid : 277 W/m^2 (jaargemiddelde)
 - Captatie aan de kusten slechts kleine fractie van totaal *(naar intensiteit & dicht bij consumptiecentra)*
 - Voor de rest concentratie - transport – opslag nodig
- Van de andere kant grote beschikbaarheid



16 oktober 2004

Inhoud

- * Globale Energieflux
- Energie uit de zee:
 - Ocean Thermal Energy conversion (OTEC)
 - Golfslagenergie
 - Getijdenenergie
- * Financieel plaatje
- * Betekenis van energie uit de zee voor België
- * Conclusies

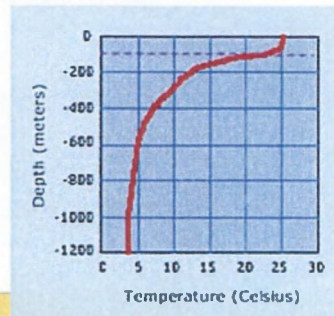


16 oktober 2004

OTEC

- Verticale snede van de oceanen *→*
 - warme bovenstroom naar de polen
 - koude onderstroom naar de evenaar
- OTEC gebruikt temperatuurverschil voor arbeidproductie
 - ΔT ca. 20 °C nodig
 - $\Rightarrow$ zeer laag rendement
 - Carnotrendement < 7%
 - Realistischer < 0,5 %

→ zeer grote installaties nodig



20 oktober 2004

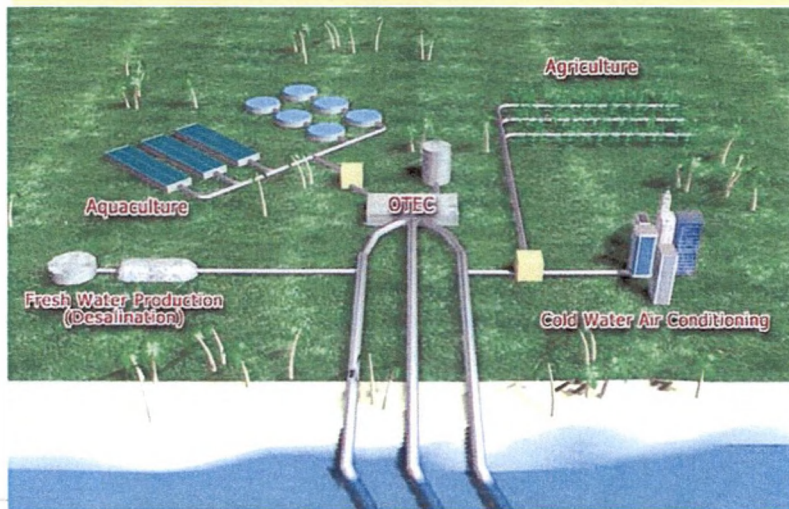
OTEC

- Concepten
 - Gesloten cyclus (ORC) *→ organische rank... cyclus*
 - Open cyclus (oppervlaktewater in vacuüm verdampen)
- Gekoppeld aan *(→ extra mogelijkheden)*
 - ontzilting zeewater $\Rightarrow$ drinkwater
 - koeling door koud zeewater $\Rightarrow$ verminderd elektriciteitsverbruik airco ed.
 - koeling landbouwgrond rondom evenaar voor “koude” gewassen
- Vergt diepe tropische oceaan best dicht bij de kust, *+* zeer grote installatie



20 oktober 2004

OTEC



↓
Zou andersom
geen 2 eenheid
gevoel

OTEC tot nu toe

- Gesloten cyclus Mini-OTEC
 - 50 kWe productie
 - 40 kW eigen verbruik } 10 kW net
 - 830m diepte, 2,5 km off-shore Hawaii
- Open cyclus OTEC
 - 255 kWe max productie
 - 40 kWe netto productie maximum
 - turbine: Ø 3 meter, 7,5 ton, 1800 RPM
 - 26,5 m³ vers drinkwater per dag max. (5 l/1000 l koud zeewater)
 - Afgebroken in 1999...

→ heeft eide
probleme - br 100 Hawaii
percepsen
(meer of een
afgebroken)

→ zeer groot van bereik te venge - intellu
eferen



Inhoud

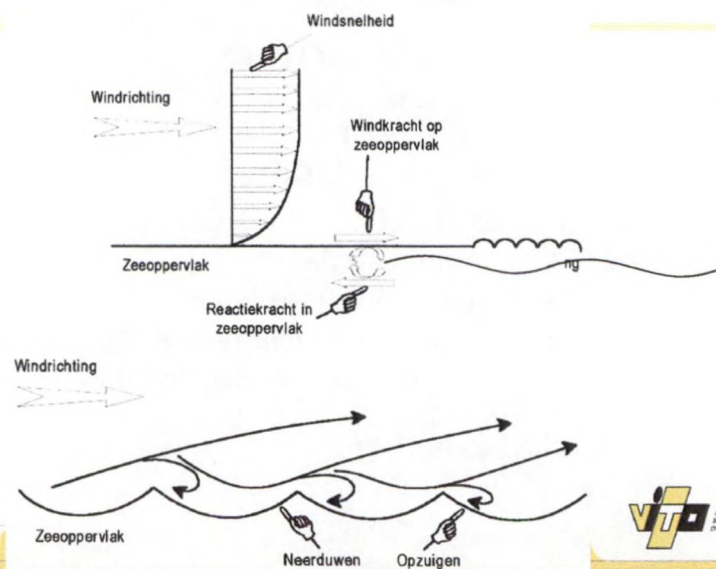
- * Globale Energieflux
- * Energie uit de zee:
 - Ocean Thermal Energy conversion (OTEC)
 - **Golfslagenergie**
 - Getijdenenergie
- * Financieel plaatje
- * Betekenis van energie uit de zee voor België
- * Conclusies



26 oktober 2004

11

Golfslagenergie



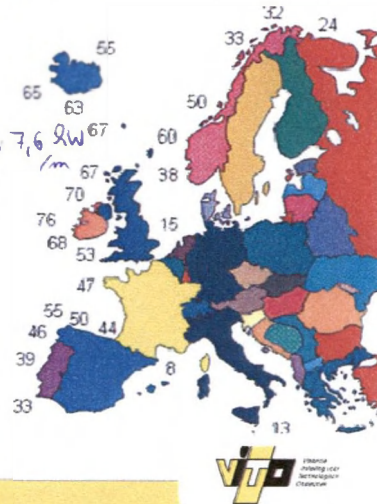
26 oktober 2004

12

Golfslagenenergieflux

= interessant voor
prote 'min' de zon
en de laagte
golven

- Stevige zeebries: $\Rightarrow 70-100 \text{ GW/m}$
- Orkaan: $1-2 \text{ MW/m}$
- Noorzee (NL, gemiddeld) $= 7,6 \text{ GW/m}$
- Oostkust GB (gemiddeld) $40-70 \text{ GW/m}$
- Exploiteerbaar potentieel
 - EU: 320 GW
 - Wereld: $> 2 \text{ TW}$



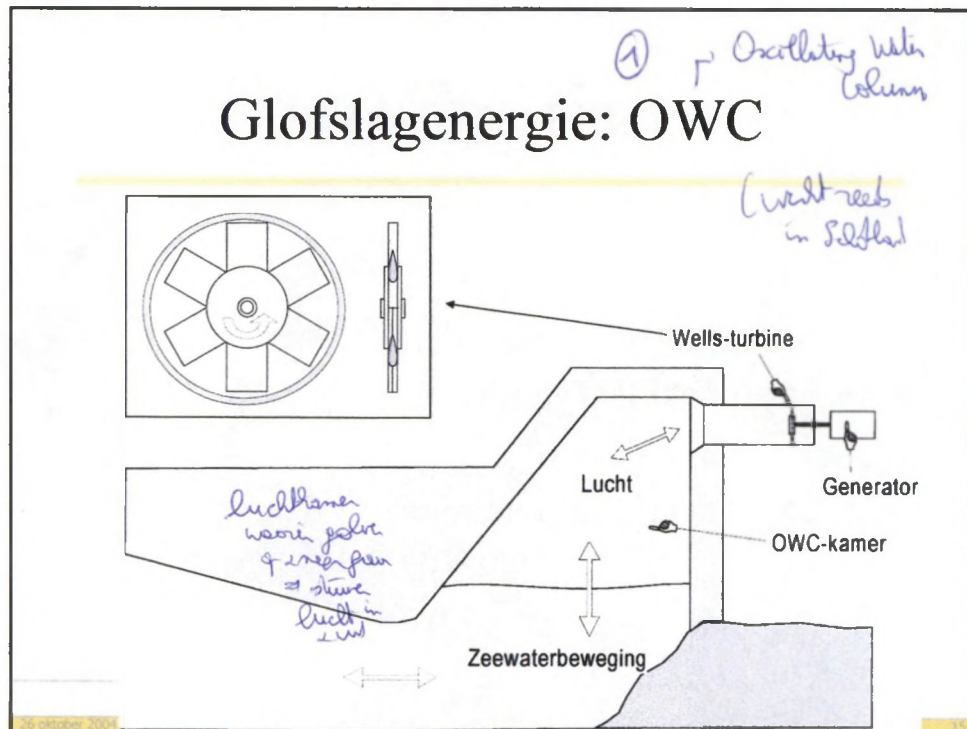
$\Rightarrow$ NZ bepaalt
door UK-landen
(UK + Scandinavie + Noord)
hebben veel
potentieel)

Golfslagenenergie

- Energiecaptatierendement: 20-40-60%
 - Kan pieken bij bepaalde golflengte (bv 90%)
 - afhankelijk van golfrichting
 - bv Salters Duck tot 90%
- Convertoren moeten zwaarste golven trotseren
 - Eventueel tijdelijk afzinken of verslepen



Glofslagenenergie: OWC



Golfslagenenergie: Salters Duck

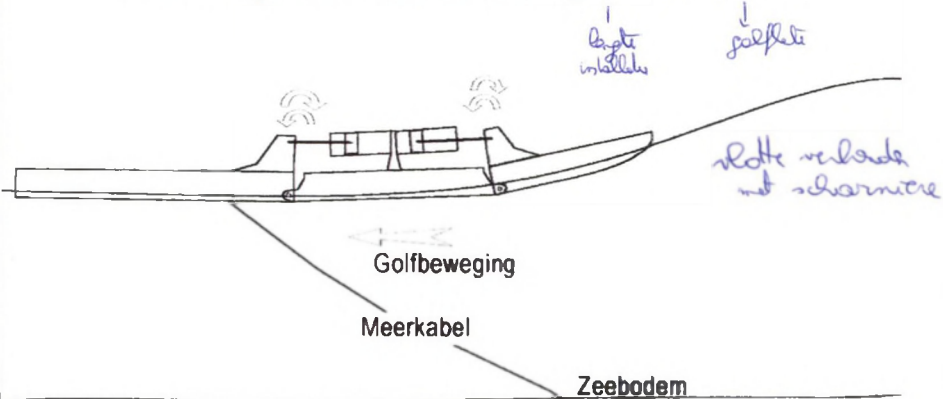
- Captatierendement loopt op tot 65-90%
- Loch Ness-test: $L=50\text{m} \Rightarrow 15\text{ kW}$
- Hydraulische omvorming $\rightarrow$ vrij complex
- Onder ontwikkeling



3

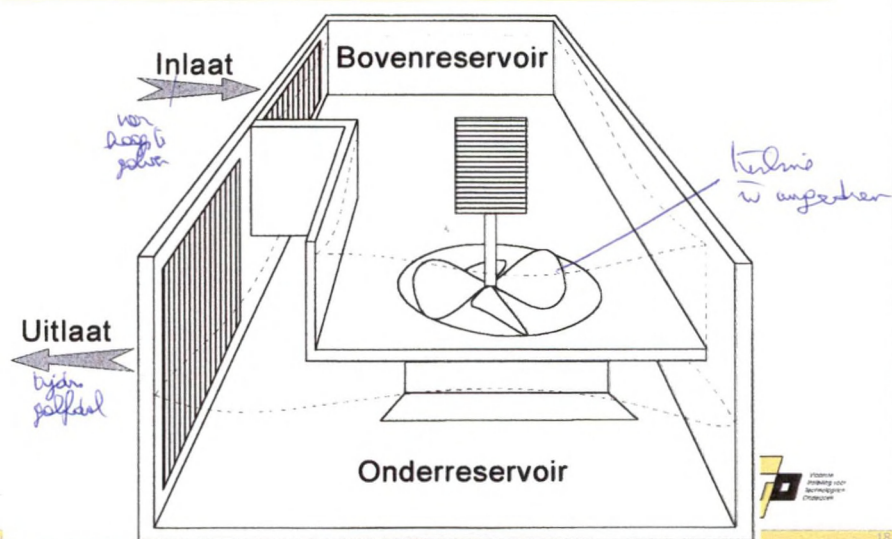
Golslagenergie: Contouring Rafts

- Max. captatierendement bij $\ell = 2 \times \lambda$

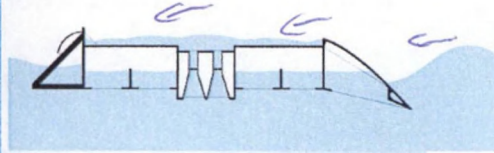


4

Golflslagenergie: Russels Rectifier



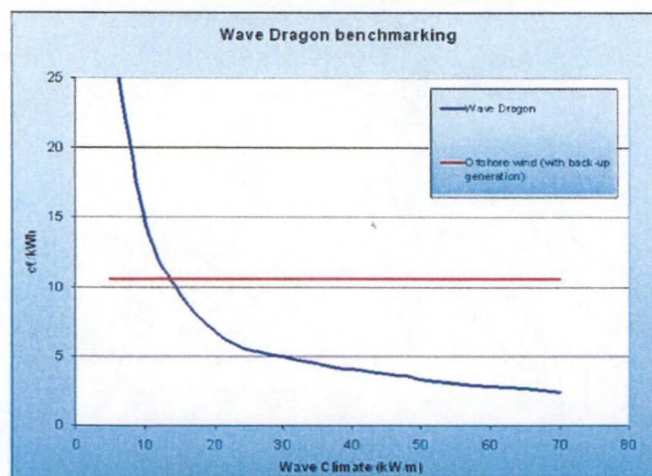
Golfslagenergie: Waverdragon



26 oktober 2004

in Scotland
nu
wipfels!

Golfslagenergie: Wavedragon



⇒ zee
dun bij minder
grootte
geef meer
(bv in België)
Bv wel = concurren-
tie met wind E. opp.
(bv in België)

26 oktober 2004

6

Golfslagenenergie: AWS

- Zie volgende presentatie



26 oktober 2004

20

Inhoud

- Globale Energieflux
- * Energie uit de zee:
 - Ocean Thermal Energy conversion (OTEC)
 - Golfslagenenergie
 - **Getijdenenergie**
- * Financieel plaatje
- + Betekenis van energie uit de zee voor België
- * Conclusies



26 oktober 2004

21

Ontstaan van getijden

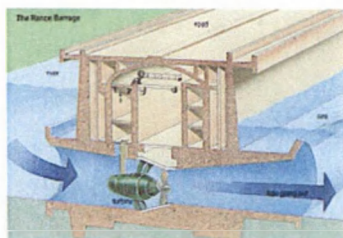
- Getijden ontstaan door in het Aarde-Maan(-zon)-systeem:
 - Gravitationele krachten
 - Centrifugale krachten
- Zeer lange golflengte
 - > 100 km
 - 1 à 2 m hoog (gemidd.)
- Lokale Opstuwing tot 7-10 m
 - Estuaria
 - Sommatie (Calais)
 - Ondiepte



Getijdenenergie

Benutten van getijdenverschil

Benutten van getijdenstrooming



Doorsnede getijdencentrale



= zout
'afgedampte'
windmolen



Getijdenenergie: Hoogteverschil

- Vergt afgesloten (natuurlijke) baai of bekken
- ^{werkelijk!} ca. 10 projecten waarvan 2 commercieel uitgebaat
- Financiële rendabliteit
 - Hoogteverschil van minstens 5-7 m nodig ! (→ nt u B)
 - Natuurlijke baai vergt kleinste investering:
L/S klein (→ hoe meer afgesloten, hoe beter)
- Pompen bij lage energieprijzen
- Max. 3 h x 2/cyclus x 2/dag = 12 h /dag operatie →
Max. rendement bij dubbelzijdige werking: 50%



Getijdenenergie: Hoogteverschil

Country and site	Tidal range, m	Basin area, km ²	Potential annual electrical-energy production, ^a 10 ⁶ kWh _e /y	Barrage length, m	L/S, m/km ²	L/E, m/(10 ⁶ kWh _e /y)
France:						
Lorient	4.5	16.0	97	750	47	7.7
Brest	6.4	92.0	1,130	3,640	40	3.2
Alber-Benoit	7.4	2.9	48	200	69	4.2
Alber-Vrach	7.4	1.1	18	190	173	10.6
Arguenon						
and Lancieux	11.4	28.0	1,090	6,275	224	5.8
La Fresnaye	11.4	12.0	470	2,760	230	5.9
Rance	11.4	22.0	860	725	33	0.8
Rotheneuf	12.0	1.1	48	330	300	6.9
Chausey	12.4	610.0	28,140	23,500	39	0.8
Somme	9.3	49.0	1,270	5,100	104	4.0
United Kingdom:						
Severn	11.5	44.0	1,750	3,500	80	2.0
United States:						
Passamaquoddy	7.5	120.0	2,025	4,270	36	2.1

→ best into in Rance a Chausey (hieraan nog beter)

Getijdenenergie: La Rance (F)

- 725 m damlengte, 22 km² bassin
- 24 x 10 MWe = 240 MWe
- Potentieel: 2839 GWhe/j
@ 30% *kanalen* 852 GWhe/j
- Productie 640 GWhe/j
- Dubbelwerkend geconstrueerd
- Enkelwerkende exploitatie
- Beperkt pompen
- 350-500 €/kWe = *metoetings kost*



*= eerder bepaald
de hoogte
van de dam*

Getijdenenergie: Stroming

- Stromingssnelheden > 2 m/s nodig
Zee-engtes zijn ideaal. *(bv Shv gehalte
of kanaal)*
- Captatierendement 10-40%
- Lopende projecten:
 - Stingray
 - Seaflow: Marine Trubines



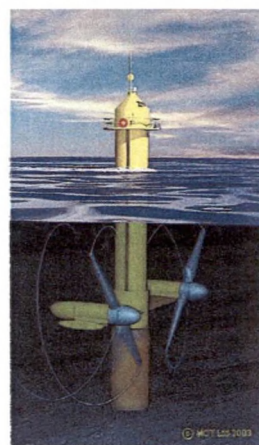
① Getijdenenergie: Stingray

- “Walvisstaarten” *die ga
nen
aan*
- Piloottest
 - Shetland eilanden
 - max. 250 kWe output
 - Gemiddeld 90 kW @ 1,5 m/s
- Plannen
 - zomer 2005:
5 MW stingray farm



② Getijdenenergie: Seaflow

- Testrotor:
 - 11 m diameter
 - 300 kWe
 - 20 RPM (11 m/s tip)
 - Devon, UK
- Full scale:
 - Twinrotor
 - 750-1200 kWe
 - 20-30m waterdiepte
 - 2-2,5 m/s
- Planning
 - Einde R&D tegen 2006
 - Tegen 2010 300 MW geïnstalleerd *windkracht*



Getijdenenergie: Oosterschelde

- Studie Ecofys, mei 2000
- Uit hoogteverschil
 - 2,85m (< 7 m)
 - 734 MW capaciteit
 - Investerings ruim 4800 €/kW
 - Productiekost ca. 175 €/kWh
 - Problemen met scheepvaart, ecosysteem ed. te groot geacht
- Uit getijdenstroming
 - > 200 MW beschikbaar, hoofdz. stormvloedkering
 - max. 500 kW haalbaar geacht omdat anders te groot effect op getijden landinwaarts



26 oktober 2004

Inhoud

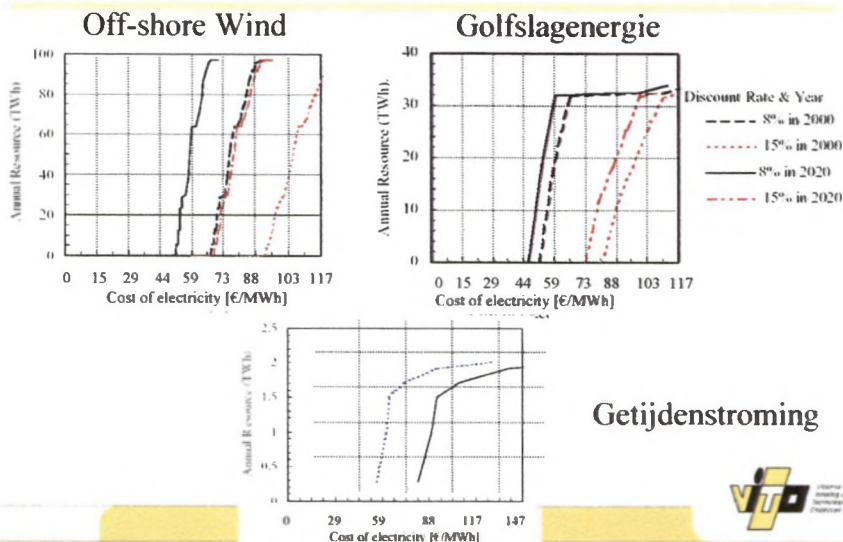
- Globale Energieflux
- Energie uit de zee:
 - Ocean Thermal Energy conversion (OTEC)
 - Golfslagenergie
 - Getijdenenergie
- Financieel plaatje
- Betekenis van energie uit de zee voor België
- Conclusies



26 oktober 2004

Elektriciteitsprijs (UK)

uit "The UK market for Marine Renewables", All Energy Futures Conference, feb 2001.



Aandachtspunten voor Energie uit de zee

- Interferentie met zeevaart-visgronden?
- Aan land brengen van energie?
- Zee is aggressief:
 - corrosief
 - zware golfslag
- Verzilting/dichtslibben van bekkens, estuaria indien afgesloten

→ reduced technical potential in Belgium due to quasi null...

Inhoud

- * Globale Energieflux
- * Energie uit de zee:
 - Ocean Thermal Energy conversion (OTEC)
 - Golfslagenergie
 - Getijdenenergie
 - Zeestroming
- * Financieel plaatje
- Betekenis van energie uit de zee voor België
- * Conclusies



26 oktober 2004

1

Energie uit de zee voor België

- OTEC: niet geschikt (in diep oceaan)
- Golfslag: te kleine golven (
- Getijden:
 - Hoogteverschil:
 - Antwerpen op het randje van technisch OK
 - Havenactiviteiten!
 - Propellor-types eventueel gekoppeld aan windmolens



26 oktober 2004

2

Inhoud

- Globale Energieflux
- * Energie uit de zee:
 - Ocean Thermal Energy conversion (OTEC)
 - Golfslagenergie
 - Getijdenenergie
 - Zee stroming
- Financieel plaatje
- * Betekenis van energie uit de zee voor België
- Conclusies



26 oktober 2004

17

Conclusies

- ^{wereldwijde} Groot energetisch potentieel
- Getijden & OTEC: zeer goed voorspelbaar
- Zware constructies = ^{internat} investeringspost
- Mogelijkheden voor België
 - Golfslag en OTEC: uitgesloten
 - Getijden: enkel stroming (w ~ ^{offsh. wind-E})
 - Restictie: Scheepvaart ?!



26 oktober 2004

18

*nieuwe systemen om geheel
omv. rechte
zeewater
nt behandeld*

*meer enkel of vlt. grote
stroming
(leeft 2 m/s)*

Vragen??



Johan Liekens

Boeretang 200

2400 MOL

Tel: 014/33.58.49

Fax: 014/32.11.85

E-mail: Johan.Lieken@vito.be

URL: www.vito.be



Archimedes Wave Swing

Henk Polinder, TU Delft

Archimedes Wave Swing

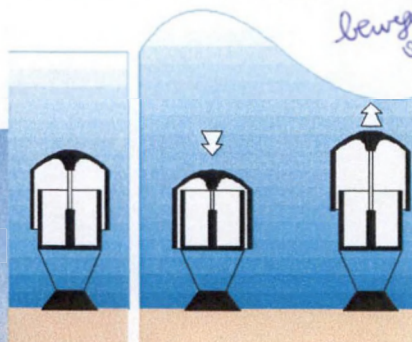
Henk Polinder
Delft University of Technology

Groene stroom, 9 november 2004
October 26, 2004

Contents

- 1 What is the Archimedes Wave Swing (AWS)?
- 2 Energy yield calculations
- 3 System design issues
- 4 Generator system *(dr Polinder on trolle!)*
- 5 Resulting performance
- 6 Conclusions and further work

1 Archimedes Wave Swing (AWS)



*beweegt hij
op en neer
met
golven*

*- roert
onderwater heen
naar onder
deel van de
a. boei
op en neer
beweegt*

October 26, 2004

EPP
Electrical Power Processing

TU Delft

1 Project status

= onderaans project

*op plan
niet met
rechter in Canada*

in Portugal

- Trials to submerge the AWS in 2001 and 2002 failed.
- As always with risky projects: difficulties to get funding.
- In May 2004, the AWS has been submerged
- In September 2004, the AWS has delivered power to the grid

October 26, 2004

EPP
Electrical Power Processing

TU Delft

2 Energy yield calculations

System:

- Floater diameter 9 m
- Maximum stroke 7 m ↗
- Maximum force 1 MN
- Maximum speed 2.2 m/s

*depth ≈ 35 m
fender ≈ 20 m long*

→ average: 2,2 MW

October 26, 2004

5

EPP
Electrical Power Processing

TU Delft

2 Equations of motion

Equation of motion:

$$(M_f + M_{added}) \frac{d^2 y}{dt^2} + (\beta_h + \beta_g) \frac{dy}{dt} + Cy = F_w$$

Resonance - strokes larger than wave height

$$(M_f + M_{added}) \frac{d^2 y}{dt^2} + Cy = 0$$

Optimum power take off:

$$\beta_h = \beta_g$$

L damping

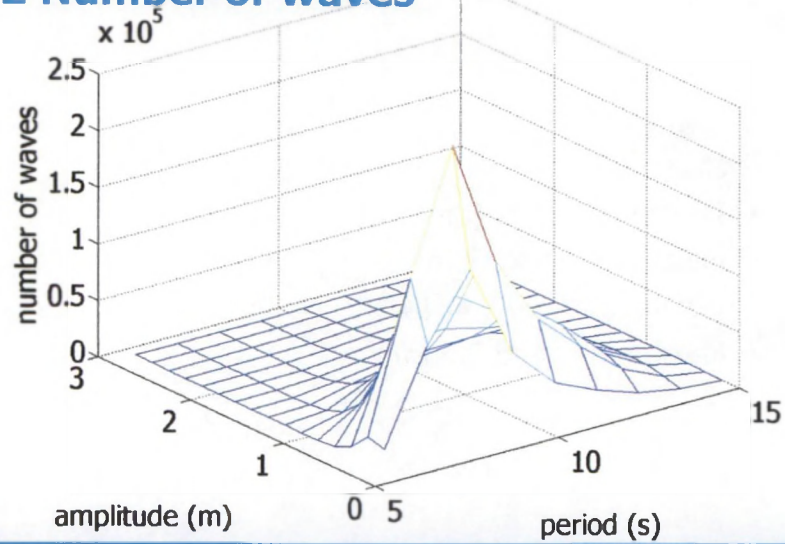
October 26, 2004

6

EPP
Electrical Power Processing

TU Delft

2 Number of waves

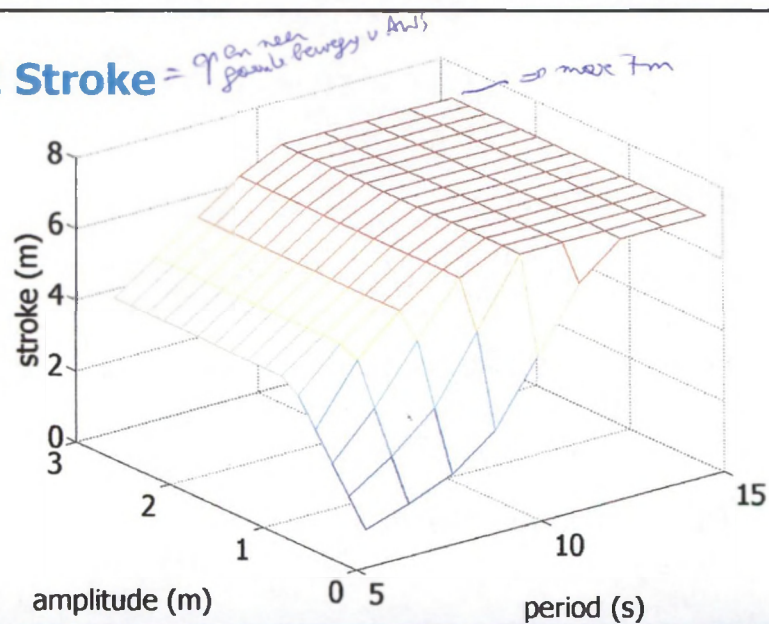


October 26, 2004

EPP
Electrical Power Processing

TU Delft

2 Stroke

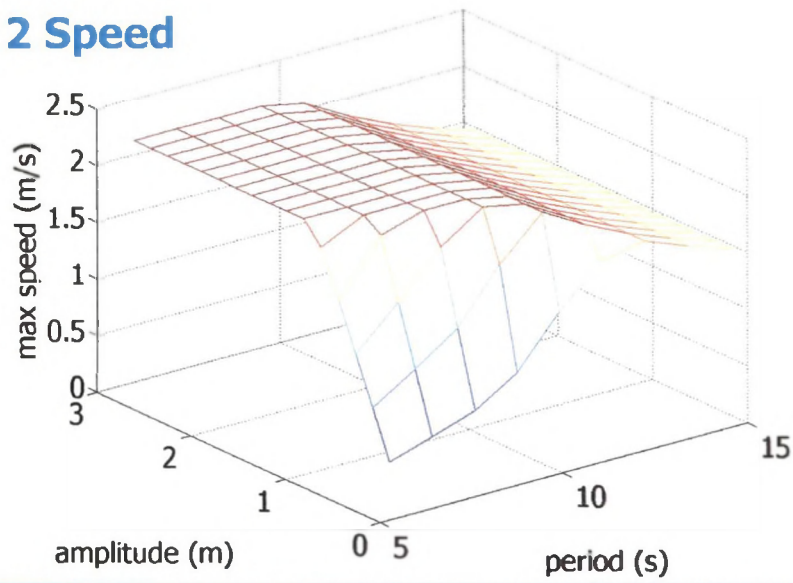


October 26, 2004

EPP
Electrical Power Processing

TU Delft

2 Speed



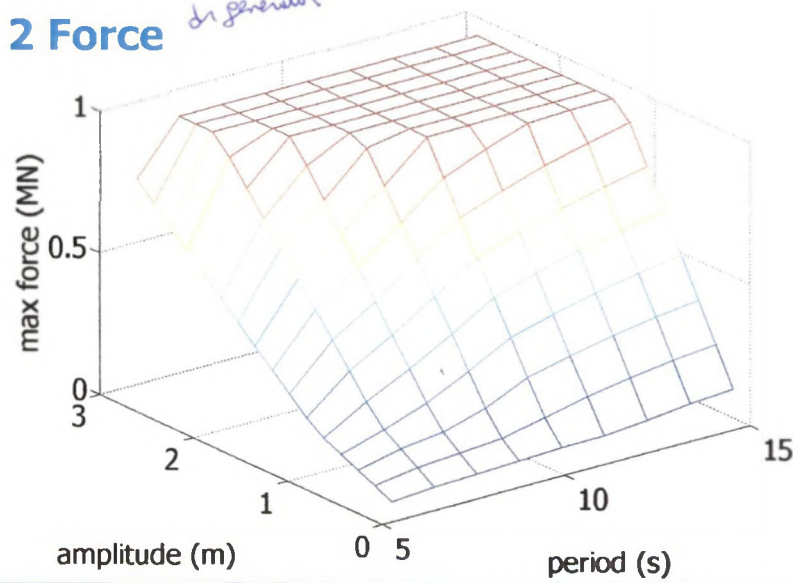
October 26, 2004

EPP
Electrical Power Processing

TU Delft

2 Force

di generator

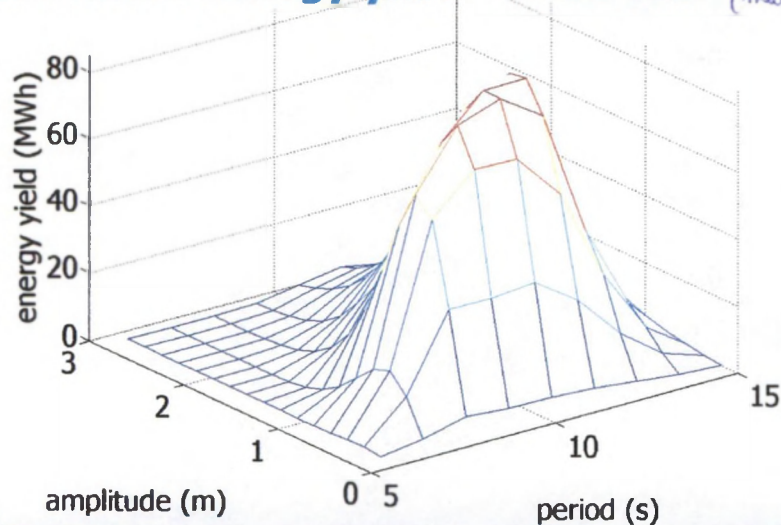


October 26, 2004

EPP
Electrical Power Processing

TU Delft

2 Annual energy yield - 2.8 GWh (max)



October 26, 2004

11

EPP
Electrical Power Processing

TU Delft

3 System design issues

- System dimensioning
- Gas spring *(gasveren die in continue vlb. apparat zit)*
- Making the system robust and maintenance free
 - Bearings *(lageren)*
 - Corrosion protection - coatings
 - Generator system
 - Hydraulic
 - Rotating with gear
 - Linear electric generator *→ anten. in anten.*
- Submerging *→ rimpel*

October 26, 2004

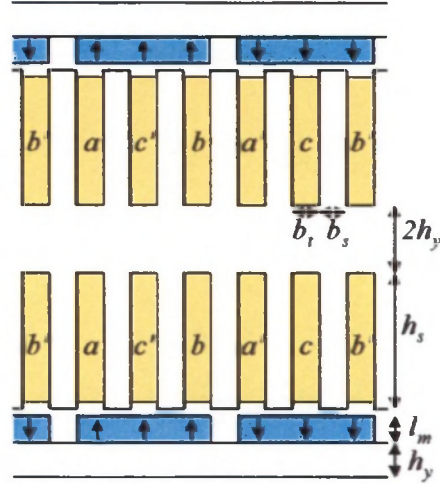
12

EPP
Electrical Power Processing

TU Delft

4 Choices PM generator

- Surface-mounted PM
- Double sided
- Partial overlap
- 3 phase
- 1 slot per pole per phase
- Water cooling
- Voltage Source Inverter

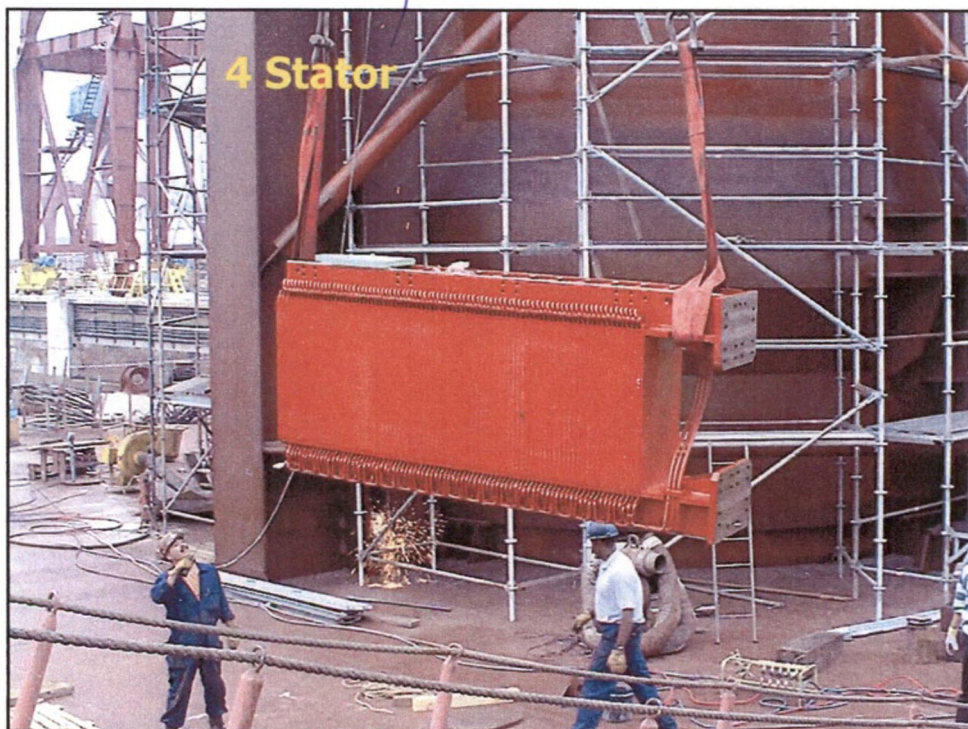


October 26, 2004

13

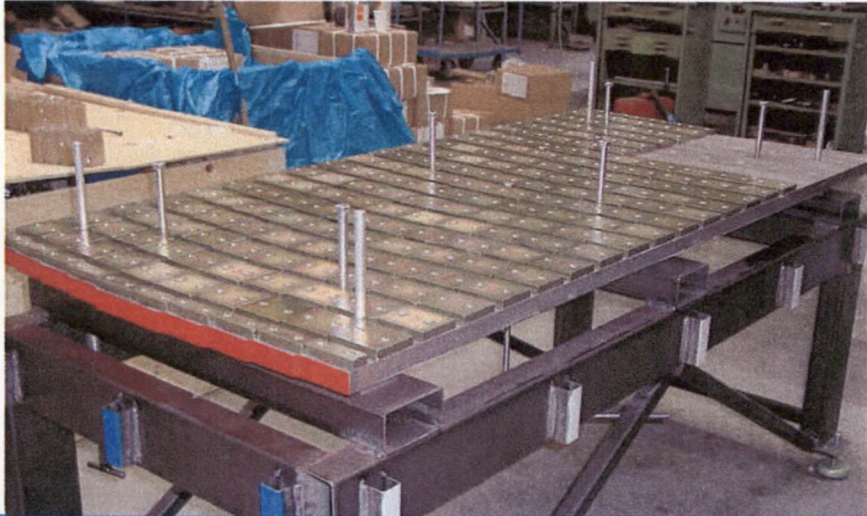
EPP
Electrical Power Processing

TU Delft



4 Magnets: skewed

(deel v/d generator)



October 26, 2004

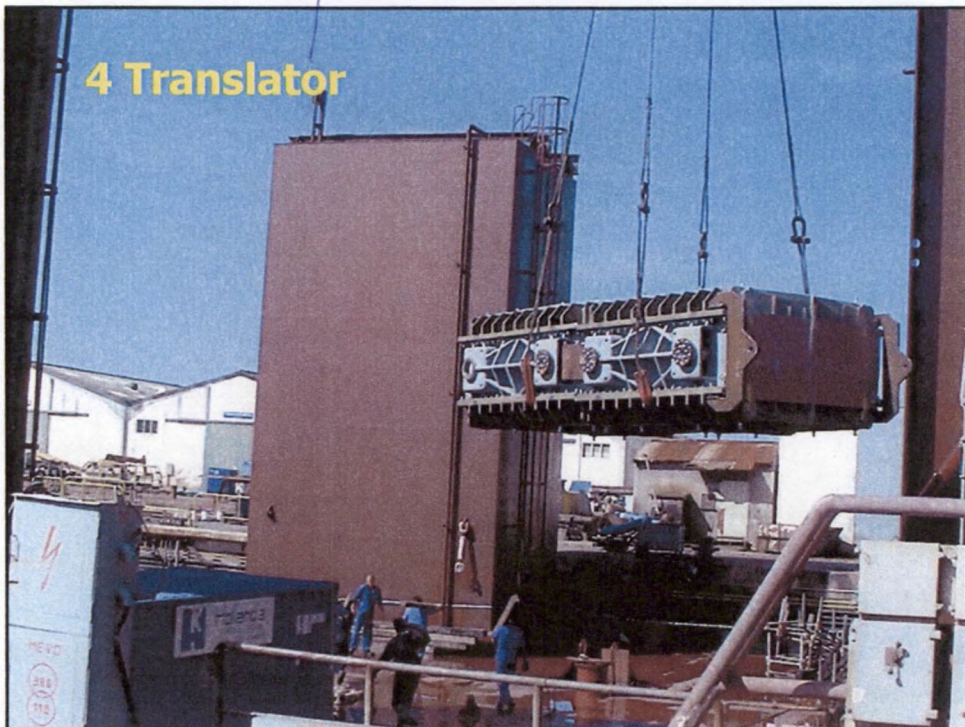
15

EPP
Electrical Power Processing

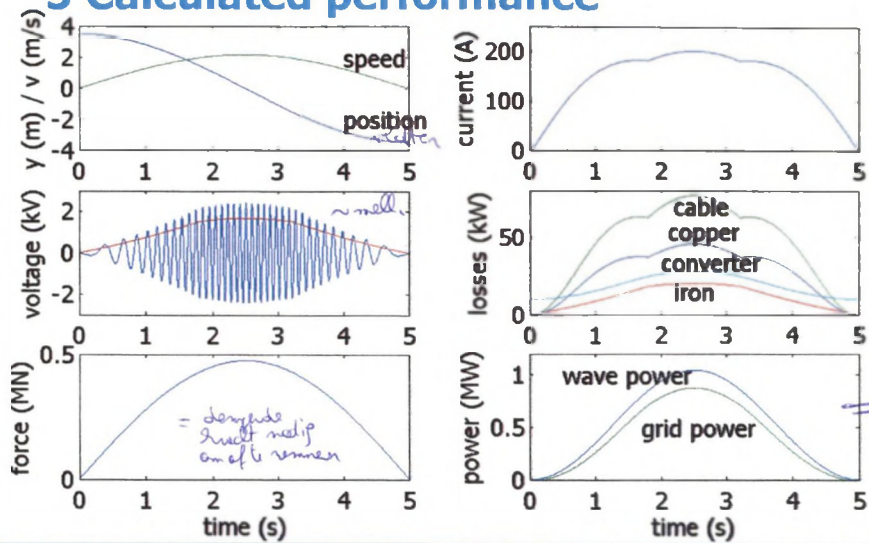
TU Delft

4 Translator

leuk 4 magnet pole



5 Calculated performance



October 26, 2004

17

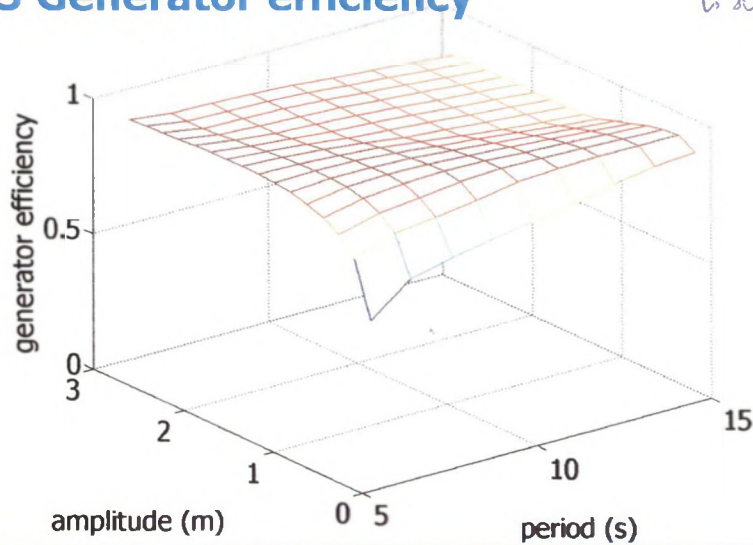
EPP

Electrical Power Processing

TU Delft

5 Generator efficiency

to 30-40%



October 26, 2004

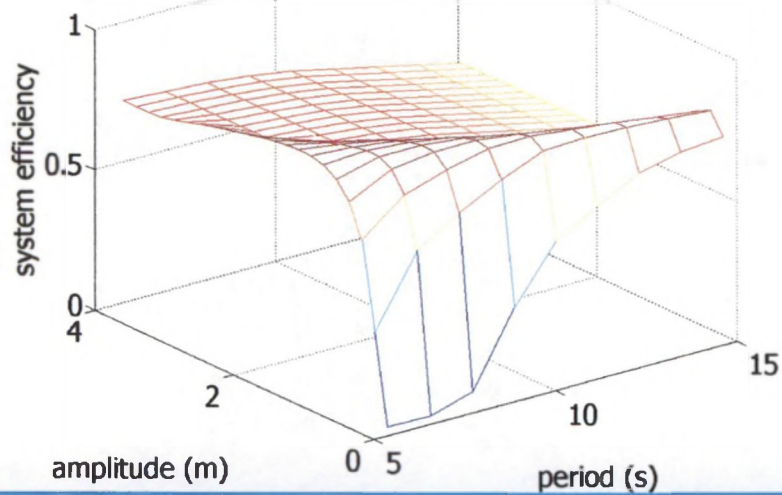
18

EPP

Electrical Power Processing

TU Delft

5 Generator system efficiency *= berekening*



October 26, 2004

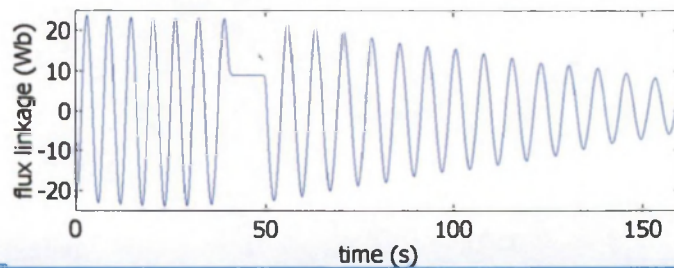
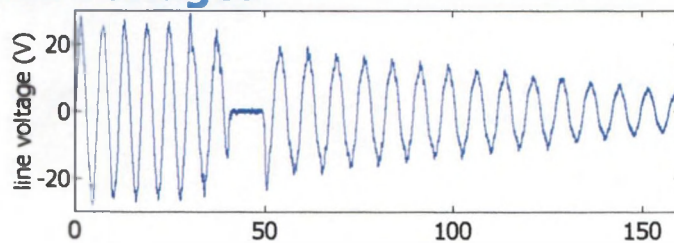
19

EPP
Electrical Power Processing

TU Delft

5 Measured voltages *= metingen spanning*

Flux linkage
Calculated
46 Wb
Measured
47 Wb



October 26, 2004

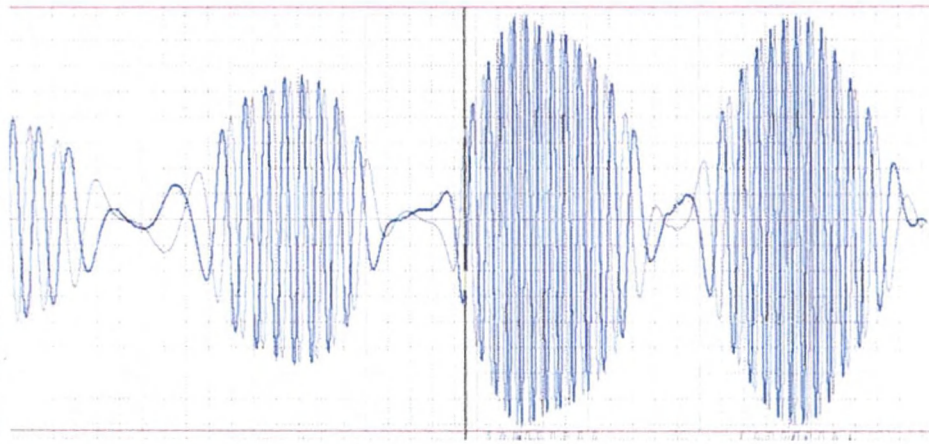
20

EPP
Electrical Power Processing

TU Delft

5 Measured currents

= netje stroom



October 26, 2004

21

EPP
Electrical Power Processing

TU Delft

6 Conclusions

= prototype

*→ result
negot. plan. sol.
vel. princ. ok*

- AWS designed, built and partly tested
- Generator system functions good but is expensive
(vel. groot)

October 26, 2004

22

EPP
Electrical Power Processing

TU Delft

6 Remaining problems

- Efficiency is physically limited:
 - Induced voltage $\vec{E} = \vec{B} \times \vec{v} \approx 1\text{V/m}$
 - Resistive voltage drop $\vec{E} = \rho_{Cu} \vec{J} \approx 0.1\text{V/m}$
- Huge machine: expensive
 - Volume and weight are not so important
- Maintenance-free bearings difficult
 - Attractive forces between stator and translator

October 26, 2004

23

6 Further work

- System dimension optimization
- Control optimization
- Cheaper generator concepts
- Bearings: magnetic?

October 26, 2004

24

References

- [1] H. Polinder, F. Gardner, B. Vriesema, 'Linear PM generator for wave energy conversion in the AWS'. In *Proceedings of the Eighth International Conference on Electrical Machines*, Helsinki, August 2000, vol. 1, pp. 309-313.
- [2] H. Polinder, M. Damen, F. Gardner, 'Modelling and test results of the AWS linear PM generator system'. In *Proceedings of the international conference on electric machines*, Bruges, August 2002.
- [3] H. Polinder, B.C. Mecrow, A.G. Jack, P. Dickinson, M.A. Mueller, 'Linear generators for direct drive wave energy conversion'. In *IEEE International Electric Machines and Drives Conference*, Madison (WI), June 2003, vol. 2, pp. 798-804.
- [4] H. Polinder, M. Damen, F. Gardner, 'Linear PM generator system for wave energy conversion in the AWS', accepted for *IEEE Transactions on Energy Conversion*.

October 26, 2004

EPP
Electrical Power Processing

 **TU Delft**

WindWall: een nieuw type windturbine voor plaatsing in de bebouwde omgeving

Rob Roelofs, WindWall BV

WindWall: een nieuw type Windturbine voor plaatsing in de gebouwde omgeving

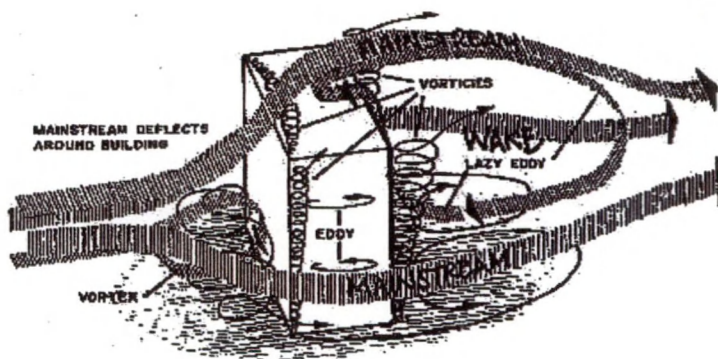
VITO studiedag

Mol, 09-11-2004

Ir. Rob Roelofs

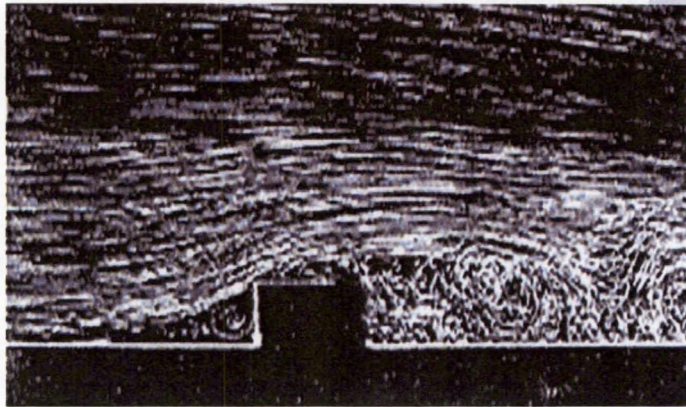
WindWall

Wind om gebouwen



WindWall

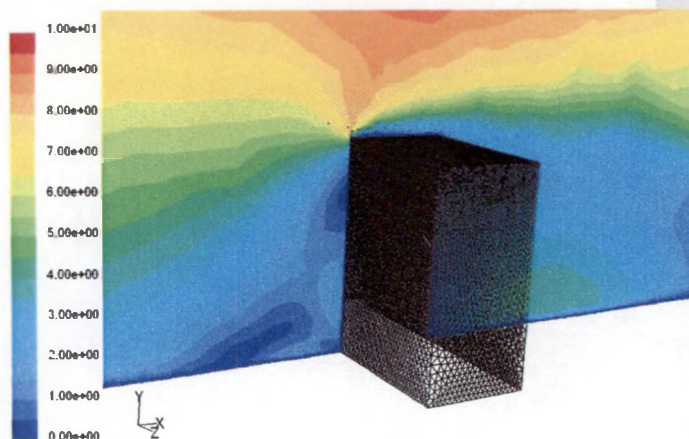
Onderzoek TU Delft



Rooksimulatie in windtunnel TU Delft

WindWall

CFD modellen



Contours of Velocity Magnitude (m/s)

Feb 20, 2003
FLUENT 6.0 (3d, segregated, r64)

WindWall

Mean:
weinig
dalen
'stevel'
di. enler
master ea
ghower

Windsnelheid in steden

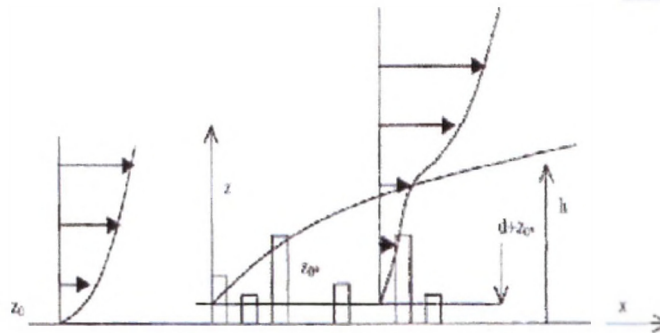
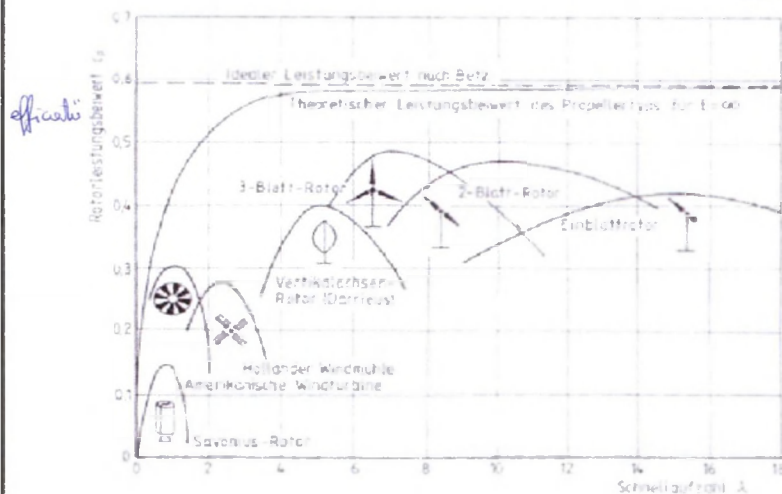


Figure 1 Velocity profile change due to a sudden change in roughness

⇒ probleem dat het er gelouwer
andere is de windstroom stilt

WindWall

Overzicht type windturbines



⇒ voor gebruik bij gelouwer
+ voor veel huishoudens
makende uit linker onderaan te gebruik

WindWall

HAWT: Fortis



WindWall

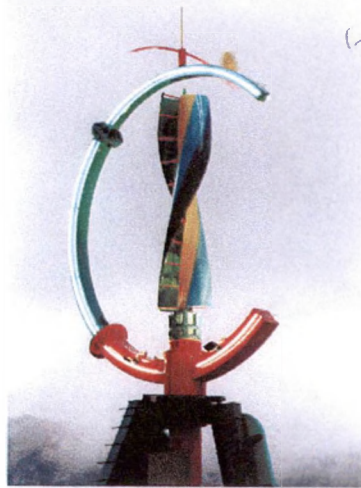
HAWT: Provane

L. Groningen



WindWall

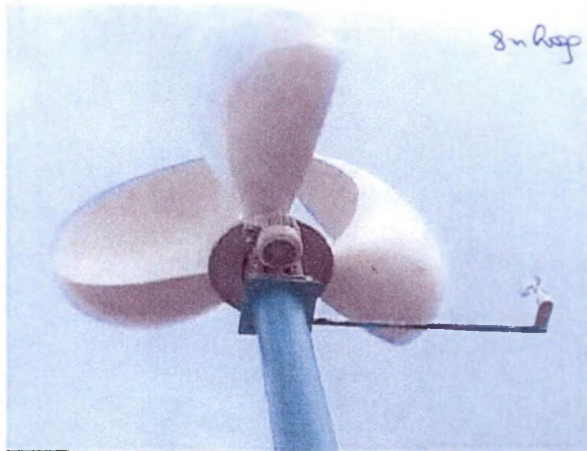
Savonius: Windside



= bij mynneet
in Japan
(meer soort
weinig wind!)
+ heeft niet
a half hoge
wind

WindWall

Cup type: AES

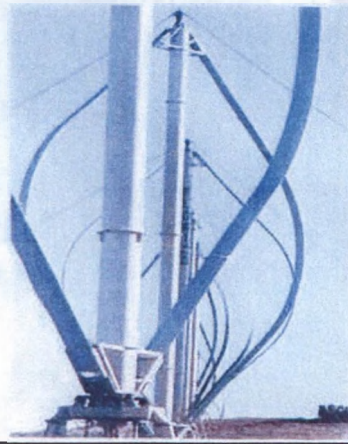


energietechniek

WindWall

Darrieus: Flowind

*FloWind Corporation's
VAWTs aligned along windy
passes in California compose
this wind farm.*



Flowind, Altamond CA

*steeds zijn 'onafgebroken'
→ lastig te onderhouden*

WindWall

H-rotor: Heidelberg

*in UK
- i.O.
= beperkt tot middels de
vrij rotor v. laagland
vlees*



WindWall

Darrieus: Ecofys



WindWall

H-rotor: Turby

→ Redukt om middel op side to w pefluet



WindWall

WindWall

55-65% 0,1 E geheel
van uit het
rechter-windveld
aan te geven

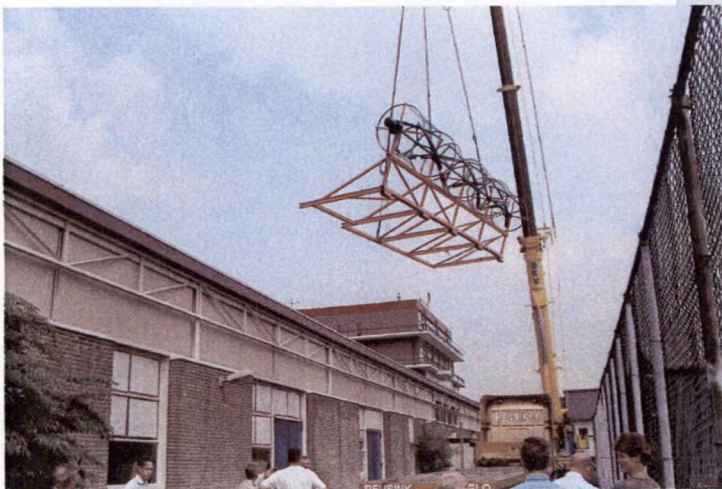


100m et al. 100m

WindWall

Deltion College Zwolle

1,89W



WindWall

1e plaatsig
Deltion College (2)



WindWall

geen last v. geluid

Haagse Tram Maatschappij

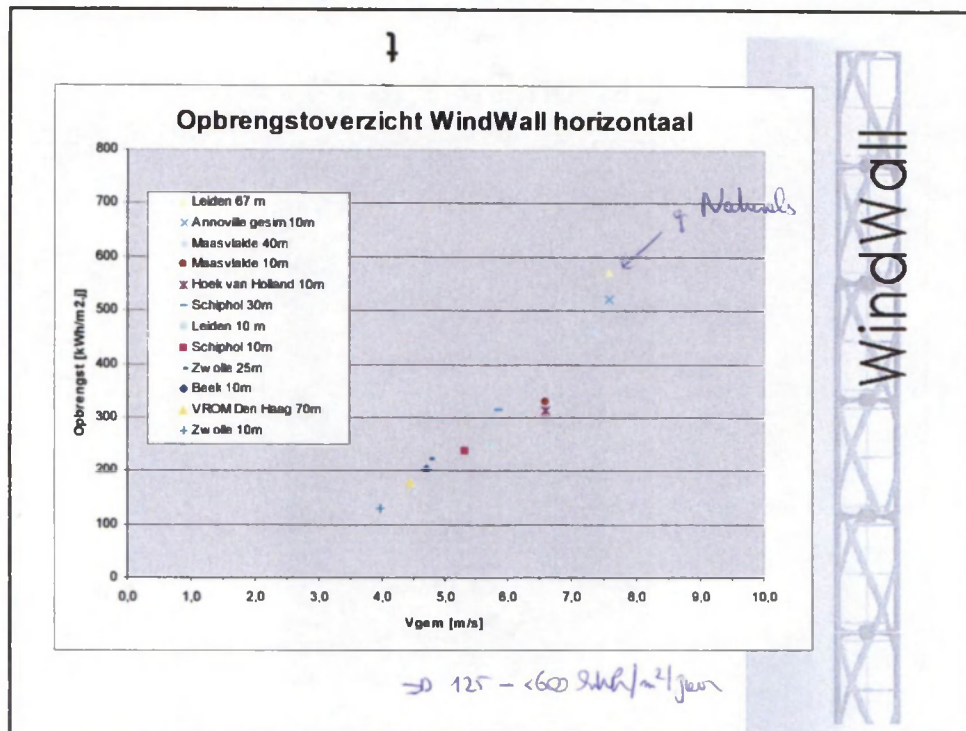
2e plaatsig hier



WindWall

*result: 2/3 pondus
1/3 regelend*

geen geluid of draaiingsprobleem



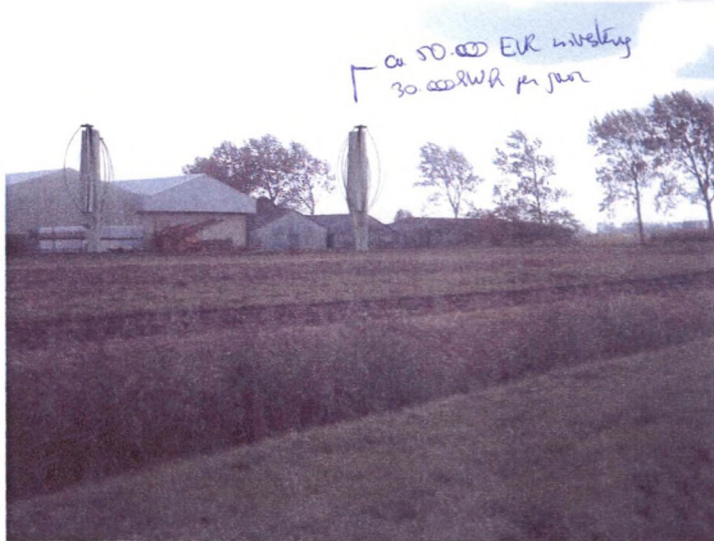
→ op open vlak moet
300-400 kWh/m²/jr haalbaar zijn

Visie

- Bestuurlijk implementeerbaar
- Esthetisch en landschappelijk integreerbaar
Leest ook mooi zijn!
- Bedrijfseconomisch haalbaar

WindWall

Bestuurlijk implementeerbaar (1)



WindWall

Bestuurlijk implementeerbaar (2)



WindWall

zou zelf luchtkwaliteit
in woonwijk hierin de geluidsoverlast
verkleinen?

Bestuurlijk implementeerbaar (3)



WindWall

Landschappelijk inpasbaar (1)



WindWall

Estetisch inpasbaar (2)



WindWall

Estetisch inpasbaar (3)

Utrecht



WindWall

Probleemgebieden

- Technologische ontwikkeling
- Bestuurlijke & maatschappelijke acceptatie
- Teruglevering en vergoedingen
- Veiligheidsnormen en certificatie

WindWall

Flevohuis, Amsterdam



WindWall

Gpm.
het bouwen
vle 'Gpm.'
voor de
veiligheid
aan een
windwall
verlaagt
de windsnel
met ca 15%
→ verlaagt
met ca 50%!

Gpm.
installatie
ca 30.000 EUR
→ 1/3 v. verbruik
bedraagt ca. 15%
(+ afdring 15%
in zonnepanelen)
→ 1/3 ± 10% v.
verbruik te
verminderen

Stortgasexploitatie te Mont-St.-Guibert

Jean-Pierre Van Wingen, E. Van Wingen NV

Vito-studiedag 'Groene Stroom'

9 november 2004



Industrieterrein Durmakker 27 - 9940 Evergem - Belgium
Tel. +32 (0)9 253 08 00 - Fax +32 (0)9 253 40 62 - info@vanwingen.be

Stortgasexploitatie te Mont-Saint-Guibert

Door J.P. VAN WINGEN
Gedelegeerd bestuurder E. VAN WINGEN NV

Afvalstort Mont-Saint-Guibert

→ nali
Waver



- afvalstort op het terrein van een oude zandgroeve

- exploitatie van deze site geleid door C.E.T.E.M.

- deel van de wereldwijde groep Shanks.

Valorisatie van het stortgas :



• In 1996 aan EVW de opdracht toegewezen voor de levering van een elektriciteitscentrale, gebouwd rond zes biogasmotoren voor de valorisatie van het stortgas waarvan het volume ca. 2750 Nm³/h beliep.

• Toen al kreeg de site jaarlijks + 500.000 ton afval te verwerken.

• Installatie geconcipteerd rond zes modules van E. VAN WINGEN N.V.

• Elk bestaande uit een Perkins gasmotor, type 4016 TESI.

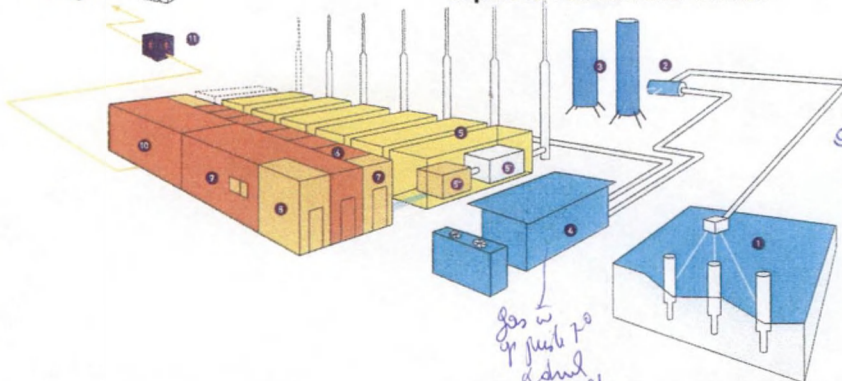
• Elke module biedt een vermogen van 700 kWe bij 400 V.

→ produceert 4,2 MW

Export van stroom naar het net :



• De groene energie die op het stort wordt geproduceerd op laagspanning wordt opgetransformeerd tot 11 kV met het oog op de koppeling met het openbaar elektriciteitsnet en export van stroom naar het net.



onthalen gas uit stort

gas in op juist 70 kV schied



2002: eerste uitbreiding

- Toevoeging zevende module
- Productievermogen van 5 MWe



GROENE STROOM

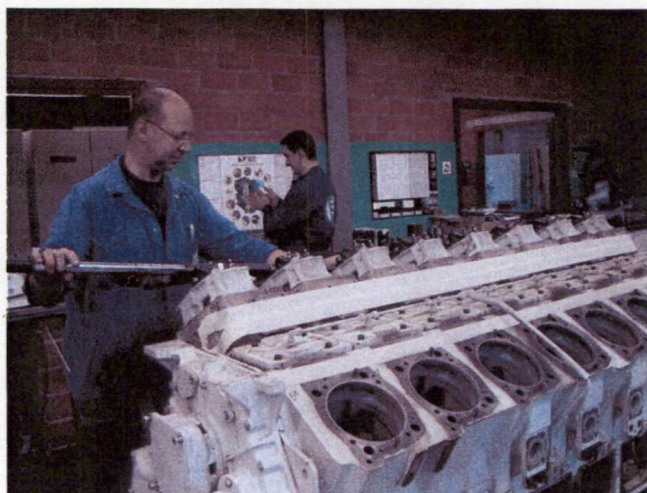
Resultaat :

10 turbines

- Groene stroomproductie > 140.000 MWh
- 7 modules in 2002 samen 35.000 draaiuren



LEVENSCYCLUS



Revisie in 2002 :

Bevinding :
levenscyclus van
80.000 uren lijkt
realistisch



2002: tweede ^{grote} uitbreiding



• C.E.T.E.M. bestelt tweede uitbreiding bij EVW

• Toevoeging van 6 modules

• Totaal vermogen: 9,5 MWe

• MSG wordt één van de grootste stortgascentrales draaiend op gasmotoren

(=kruis verduidel.)

(n. B. x D.)

ENKELE CIJFERS



- MSG ontvangt nu jaarlijks 300.000 T huishoudelijk afval
- Geen industrieel afval meer
- 5500 Nm³ biogasproductie per uur
- Methaangehalte ca. 50 %
- Groene stroom voor > 20.000 gezinnen

Voor EVW:



- Referentie met internationale uitstraling

- Infrastructuur, uitrusting, engineering, administratie voorbereid op de toekomst





Perkins

OEM Partner

= motorleverancier

PARTNERSHIP AGREEMENT

MISSION STATEMENT

Between E. VAN WINDEN NV of Europe, Belgium and PERKINS Engines Company Ltd. of England, England. Hereinafter referred to as PARTNERSHIP AGREEMENT

1. E. VAN WINDEN NV, the majority of parties share, are licensed that of a new contract to sell the new motor, generated by E. VAN WINDEN NV, is a contract with PERKINS, in the future made also after this, and for many years already, a supply of new parts and that meet the highest requirements of the present market is a result of the engine supplier.

After all, the PARTNERSHIP AGREEMENT, which does not contain a commitment to *excellence in customer support*.

The partnership also stands for:

- Sharing capital from the engine production
- A common business plan for the E. VAN WINDEN NV and PERKINS, during the period from 1996 to 2000, the engine production through the engine plan. Both parties will be able to supply, during their agreement, the engine production, engine production, etc.
- A high level of understanding of the engine plan, as well as the business plan. This knowledge is essential for the engine plan, as well as the business plan, during the period from 1996 to 2000, the engine production through the engine plan. Both parties will be able to supply, during their agreement, the engine production, engine production, etc.
- A high level of understanding of the engine plan, as well as the business plan. This knowledge is essential for the engine plan, as well as the business plan, during the period from 1996 to 2000, the engine production through the engine plan. Both parties will be able to supply, during their agreement, the engine production, engine production, etc.
- A high level of understanding of the engine plan, as well as the business plan. This knowledge is essential for the engine plan, as well as the business plan, during the period from 1996 to 2000, the engine production through the engine plan. Both parties will be able to supply, during their agreement, the engine production, engine production, etc.
- A high level of understanding of the engine plan, as well as the business plan. This knowledge is essential for the engine plan, as well as the business plan, during the period from 1996 to 2000, the engine production through the engine plan. Both parties will be able to supply, during their agreement, the engine production, engine production, etc.
- A high level of understanding of the engine plan, as well as the business plan. This knowledge is essential for the engine plan, as well as the business plan, during the period from 1996 to 2000, the engine production through the engine plan. Both parties will be able to supply, during their agreement, the engine production, engine production, etc.
- A high level of understanding of the engine plan, as well as the business plan. This knowledge is essential for the engine plan, as well as the business plan, during the period from 1996 to 2000, the engine production through the engine plan. Both parties will be able to supply, during their agreement, the engine production, engine production, etc.



MSG CONCREET



- Sinds 1996, minstens 8000 u/jaar met elke motor
- Gemiddelde belasting per motor > 90%
- Bedrijfszekerheid per motor > 98%
- Gecertificeerde meetcampagnes van gasuitlatemissies (TA-Luft ± VLAREM) : jaarlijks geslaagd !
- Eerste 6 motoren al meer dan 50.000 draaiuren op de teller
- Onderhoudskosten na 10 jaar > initiële investering



Pijlers van het succes:



- Korte terugbetalingstijd versus technische zekerheid

- Energieproject = samenwerking leverancier-klant

- Vaste partners op lange termijn

- Stipt en deskundig preventief onderhoud

- Planning van onderhoud en revisies in overleg

- Lokale service ondersteuning voor minimale stilstandtijd



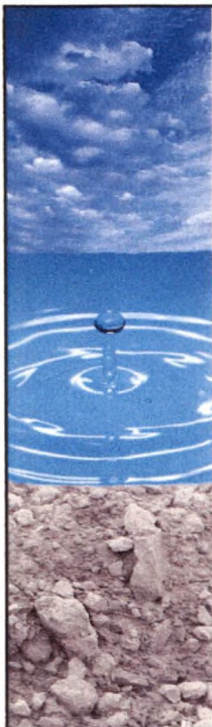
Vragen ?



afreken = SPE

**Productie van biogas en elektriciteit uit
reststoffen van een aardappelverwerkend
bedrijf**

Joop Colsen, Colsen BV en Colsen Milieu BVBA



adviesburo voor milieutechniek

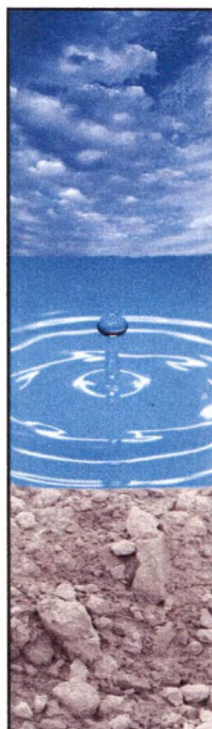
grond, water, lucht

Colsen b.v.

Productie van biogas en elektriciteit uit reststoffen van een aardappelverwerkend bedrijf



J. Colsen



adviesburo voor milieutechniek

grond, water, lucht

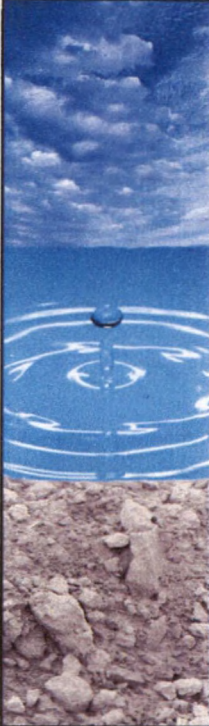
Colsen b.v.

Opzet presentatie

↓
Hult

1. Adviesburo Colsen b.v.
2. Vergisting en productie van biogas; installatie en procescondities
3. Biologische reiniging van biogas
4. Besturing biogasmotoren
5. Nuttig gebruik van de warmte van motoren
6. Nabehandelen van vergist afval / afvalwater
7. Chemische defosfatering met Anphos®
8. Stikstofverwijdering met BRAMMOX®
9. Eindzuivering of hergebruik

"Zeewijk zijn reserve-Belgen..."



C

adviesburo voor milieutechniek
 grond, water, lucht

Colsen b.v.

1. Adviesburo Colsen b.v.

Advies

Techniek

(afval)water

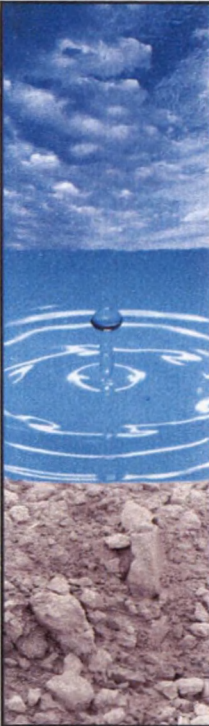
Bodem/Bemaling

Lucht/Geluid

Vergunningen

Internationale milieutechnische projecten:

Polen, Duitsland, Frankrijk, België, Cyprus, Verenigde Staten, Argentinië, Egypte.

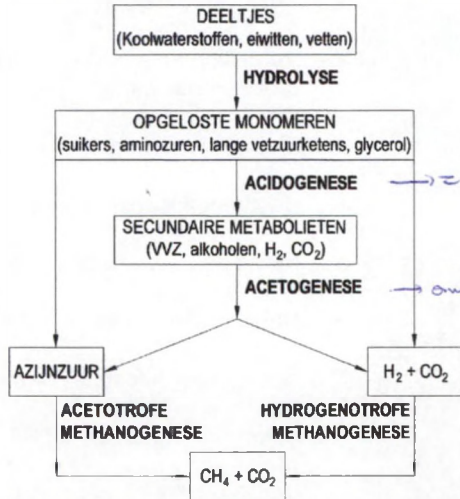


C

adviesburo voor milieutechniek
 grond, water, lucht

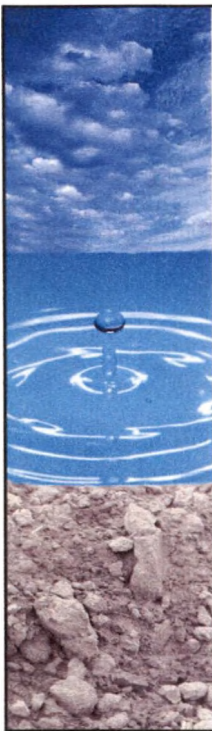
Colsen b.v.

1. Vergisting en de productie van biogas



```

graph TD
    A[DEELTJES  
(Koolwaterstoffen, eiwitten, vetten)] --> B[HYDROLYSE]
    B --> C[OPGELOSTE MONOMEREN  
(suikers, aminozuren, lange vetzuurketens, glycerol)]
    C --> D[ACIDOGENESE]
    C --> E[ACETOGENESE]
    D --> F[SECUNDAIRE METABOLIETEN  
(VVZ, alkoholen, H2, CO2)]
    E --> G[AZIJNZUUR]
    E --> H[H2 + CO2]
    F --> I[METHANOGENESE]
    G --> J[ACETOTROFE  
METHANOGENESE]
    H --> K[HYDROGENOTROFE  
METHANOGENESE]
    I --> L[CH4 + CO2]
    J --> L
    K --> L
          
```



adviesburo voor milieutechniek

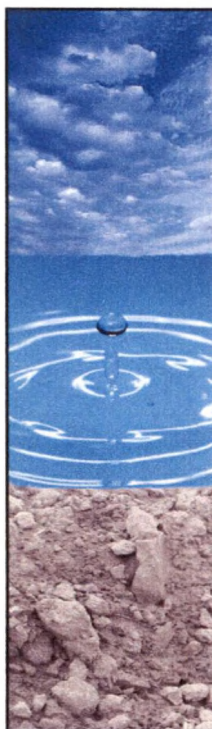
grond, water, lucht

Colsen b.v.

Voorbehandelingsstap

HYDROLYSE

- Start van de biodegradatie van organisch materiaal
- Complexe macromoleculen worden omgezet in oplosbare componenten met een lager moleculair gewicht
- Omzetting door enzymen, afgescheiden door bacteriën



adviesburo voor milieutechniek

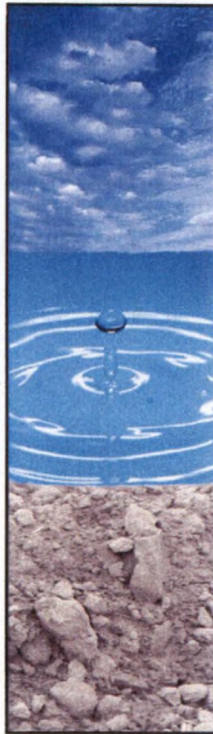
grond, water, lucht

Colsen b.v.

Uitgangspunten voor energie

- 1 kg droge stof is 1,18 kg CZV (Chemisch Zuurstof Verbruik)
- 1 kg CZV levert ca. 450 tot 850 liter biogas
- 1 m³ biogas bevat ca. 22,5 MJ energie (ca. 70% van aardgas)
- 1 m³ biogas geeft 2,2 - 4 kW_(e) en 3,3 - 6 kW_(w)
(e= elektriciteit, w= warmte)

1 kg droge stof kan ca. 0,37 – 0,6 m³ aardgas besparen



adviesburo voor milieutechniek

grond, water, lucht

Colsen b.v.

Uitgangspunten voor energie

Aangepaste configuratie mengtank / anaërobe reactor;

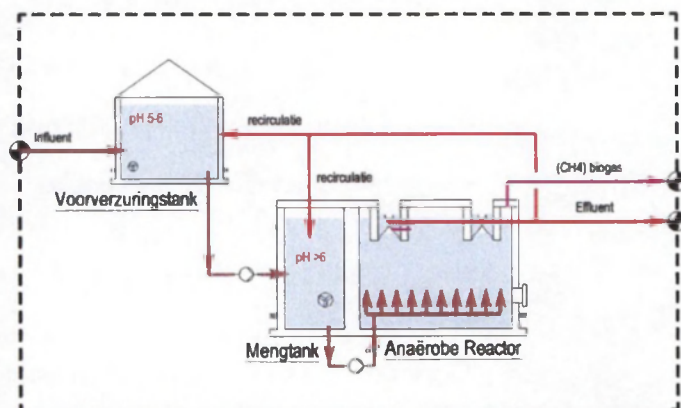
- Creëren van langere verblijftijd zorgt voor betere hydrolyse
- Meer dan 800 liter biogas per kg CZV mogelijk



adviesburo voor milieutechniek

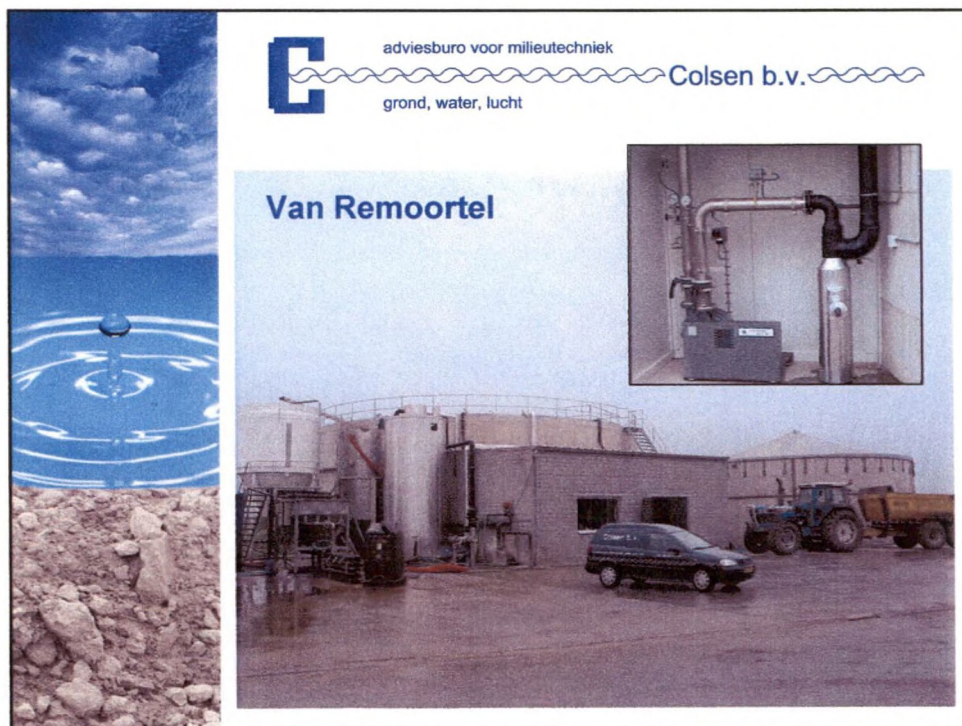
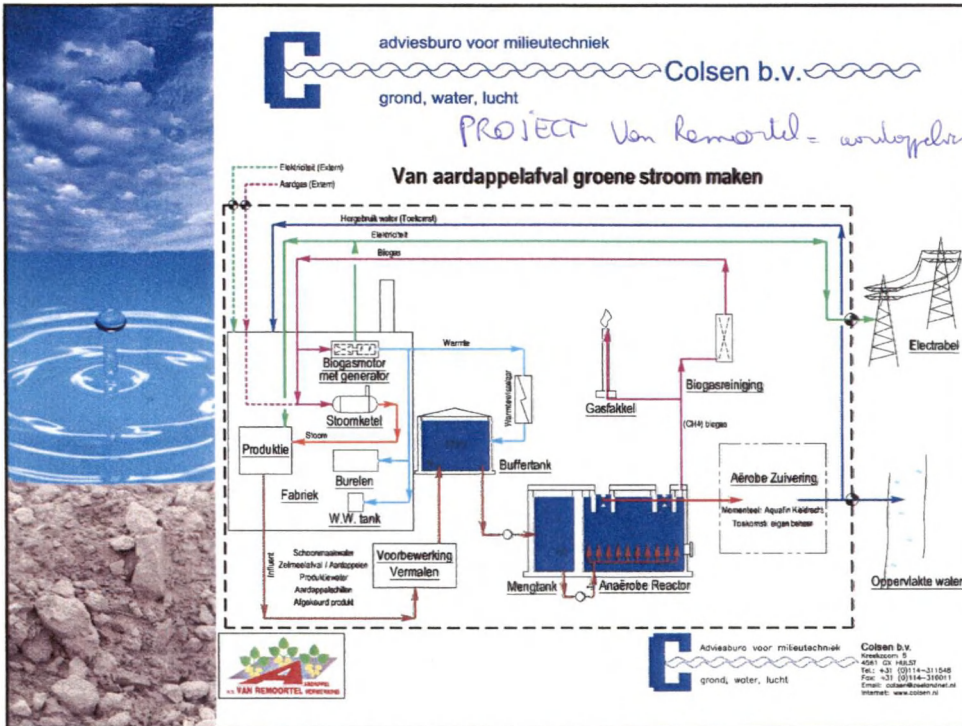
grond, water, lucht

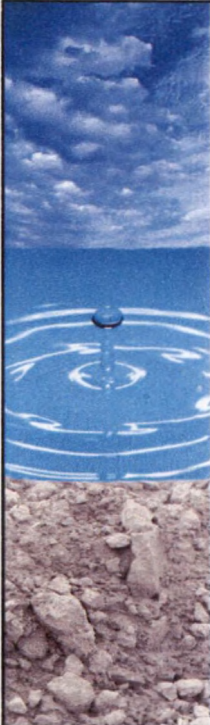
Colsen b.v.



adviesburo voor milieutechniek
grond, water, lucht

Colsen b.v.
Postbus 2
4561 GW Breda
Tel: +31 (0)114-311848
Fax: +31 (0)114-311811
Email: info@colsen.nl
Internet: www.colsen.nl







adviesburo voor milieutechniek
grond, water, lucht

Colsen b.v.

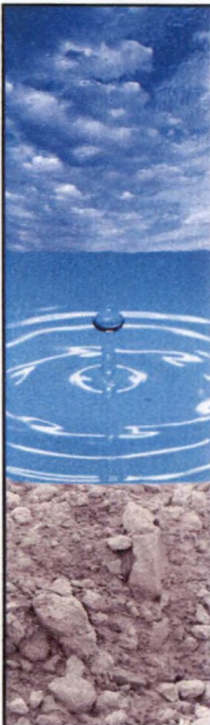
van Remoortel (Verrebroek, België)

UASB co-vergisting van:

- afvalwater (bevat veel organisch materiaal)
- aardappelschillen
- zetmeel
- retour producten uit winkels

Productie van biogas:

- gasmotor; aandrijving van generator ca. 600 kW
- warmte gebruikt voor stoom, warm water, verwarming





adviesburo voor milieutechniek
grond, water, lucht

Colsen b.v.

Processturing

• Temperatuur	= 32 - 35 °C (mesofiel)
• pH	= 6 - 7
• Belasting	= 8 kg CVZ/m ³
• Droge stof gehalte	= 8 – 10% in het slibbed
• Verbliftijd	= 8 – 10 uur
• Gasproductie	= 450 l/kg CZV
• CZV verwijdering	= >90%
• Voorbehandeling	= shredder/hamermolen



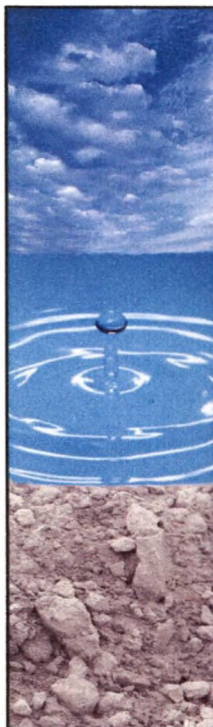
adviesburo voor milieutechniek

grond, water, lucht

Colsen b.v.

van Remoortel (Verrebroek, België)

- Afvalwater 300 m³/dag (CZV ca. 80.000 mg/l)
- 23.500 Kg CZV/dag (5 dagen) η = 90%
- Biogas productie 275 m³/uur
 - 205 m³/uur voor gasmotor 629 KW(e)
 - 70 m³/uur voor stoomketel
- Warmte gasmotor 956 KW(th) t.b.v. hergebruik



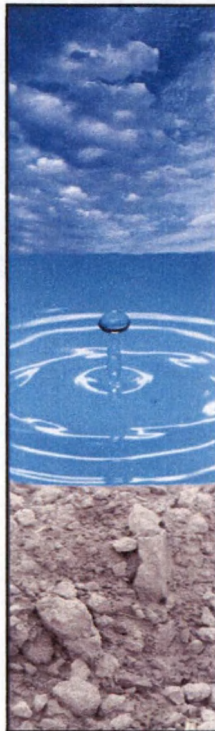
adviesburo voor milieutechniek

grond, water, lucht

Colsen b.v.

van Remoortel





adviesburo voor milieutechniek

grond, water, lucht

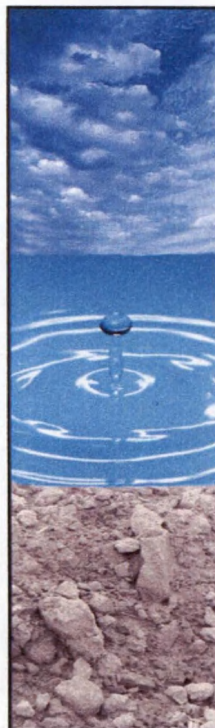
Colsen b.v.

2. Biologische reiniging van biogas

Valoriseren van het vrijgekomen gas uit de vergistingstap

Globale samenstelling biogas;

- CH_4 (65 - 75 vol%)
- CO_2 (25 - 35 vol%)
- N_2 (<3,5 vol%)
- H_2S (1,5 vol%)
- Sporen van andere stoffen



adviesburo voor milieutechniek

grond, water, lucht

Colsen b.v.

Doel van de gaswasser

Reinigen van het biogas;

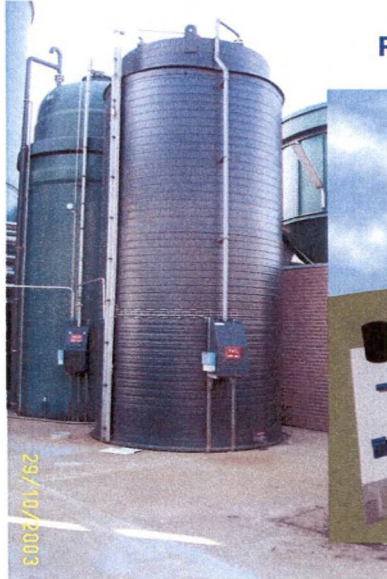
Door het doorstromen van een bed met bacteriën, gecombineerd met een waswaterstroom, wordt H_2S omgezet in S_2 en SO_4^{2-} en wordt het biogas gereinigd tot < 500 ppm.



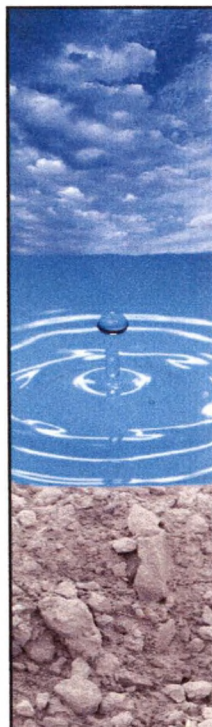
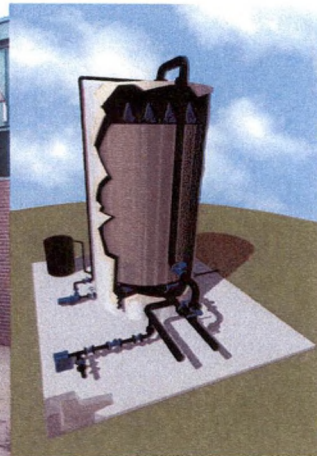
adviesburo voor milieutechniek

grond, water, lucht

Colsen b.v.



Peka Kroef b.v.

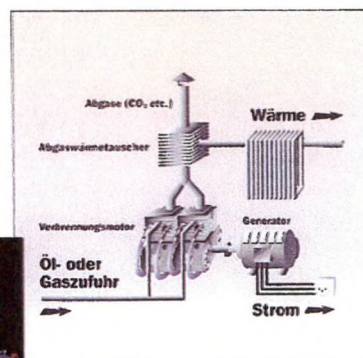
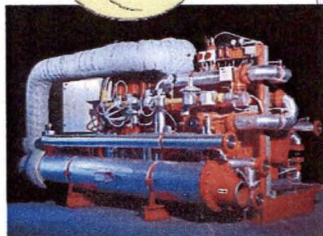
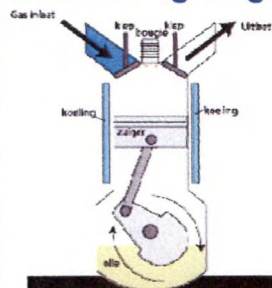


adviesburo voor milieutechniek

grond, water, lucht

Colsen b.v.

3. Besturing biogasmotoren







adviesburo voor milieutechniek
grond, water, lucht

Colsen b.v.

4. Nuttig gebruik van de warmte van motoren

Warmte afkomstig van:

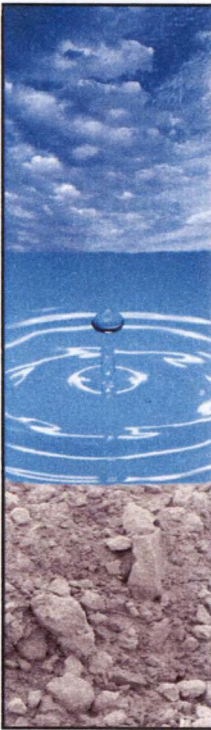
- Motorkoelwater
- Oliekoeler
- Uitlaatgassen

Gebruik van warmte:

- Stoom opwekken
- Warmtegebruik in productie;

van Remoortel:

- Verwarming vergisting
- Verwarming proces –en schoonmaakwater
- Verwarming burelen





adviesburo voor milieutechniek
grond, water, lucht

Colsen b.v.

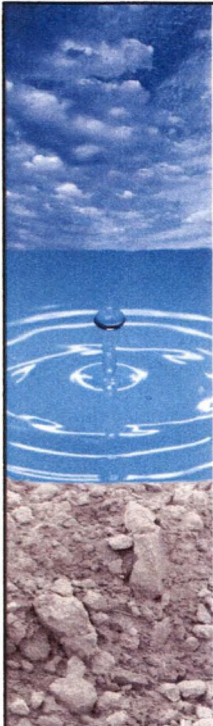
5. Nabehandelen van vergist afval / afvalwater

mag niet zo gedumpt worden M&Bdpo

Anaëroob effluent → ANPHOS® → BRAMMOX® → Aërobie

Biogas → Gaswasser → Hergebruik (elektriciteit / warmte)

Biomassa → slib voor evt. opstart andere reactoren of toevoer
die rijkst aan bestaande reactoren



C adviesburo voor milieutechniek
grond, water, lucht Colsen b.v.

6. Chemische defosfatering met Anphos®

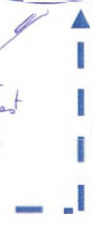
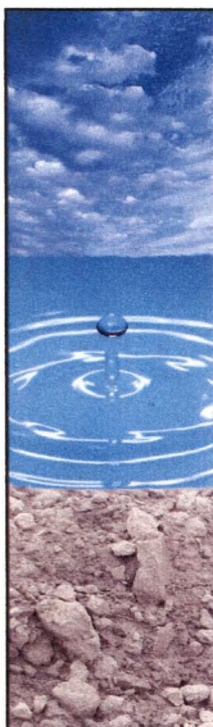
(of nixen v. veel fosfaat in pvc's)

$$\text{Mg}^{2+} + \text{NH}_4^+ + \text{HPO}_4^{2-} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$$

Processtappen:

- pH verhoging
- Reactie met magnesium
- Bezinken struviet
- Afscheiden vloeistof / struvietslib

*= basis-
meststof!*

C adviesburo voor milieutechniek
grond, water, lucht Colsen b.v.

Rendement Anphos®

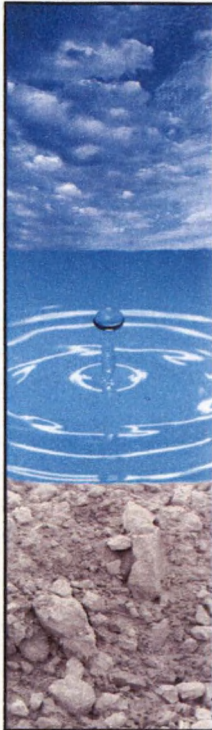
- 80 – 90% verwijdering van $\text{PO}_4\text{-P}$ tot $< 10 \text{ mg PO}_4^{2-}\text{-P/l}$
- ca. 50% reductie van CZV
- ca. 0,45 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ / kg verwijderde P

Opbrengst Anphos®

7,9 kg meststof (MAP) per kg verwijderde P
LMg Ammonium Fosfaat

Terugverdiendtijd Anphos®

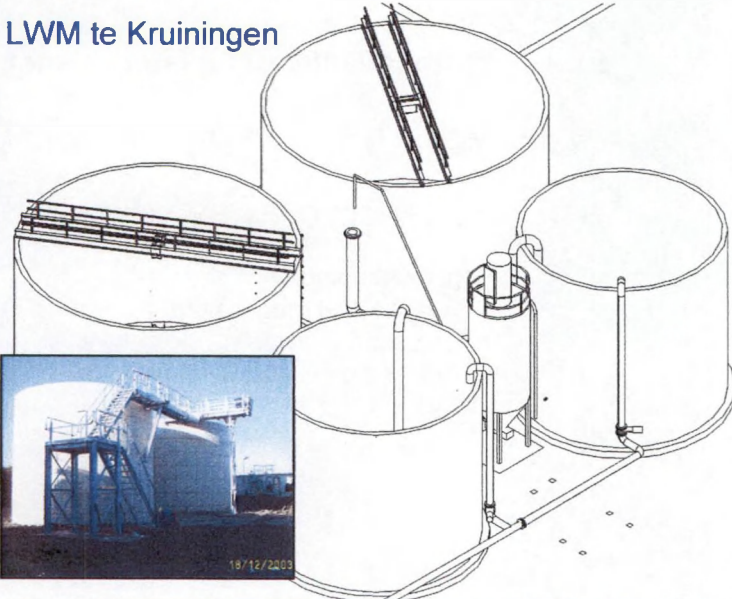
Aardappelverwerker LWM te Kruijningen < 3 jaar
LMoet fruit-afval v. Europa

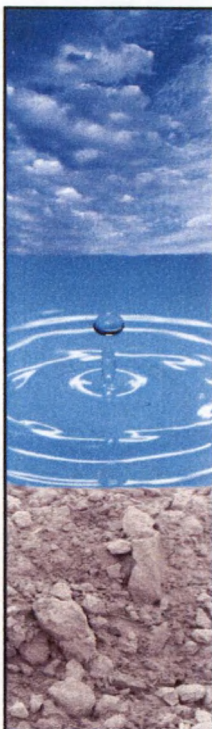



 adviesburo voor milieutechniek
 grond, water, lucht

Colsen b.v.

LWM te Kruiningen




 adviesburo voor milieutechniek
 grond, water, lucht

Colsen b.v.

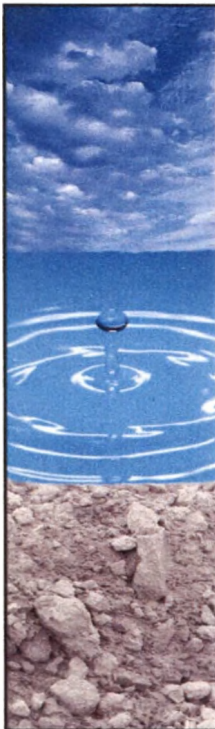
7. Stikstofverwijdering met BRAMMOX®

(BRAMMOX® = Biological Removal of Ammonium by Oxidation)

Stikstof verwijdering in een 1-fase systeem met behulp van Planctomyceten (o.a. *Candidatus "Brocadia anammoxidans"* en *Candidatus "Kuenenia stuttgartiensis"*).

bacteriële ontsteking of zeebodem !!

1. $\text{NH}_4^+ + 1,5\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$
2. $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- \rightarrow \text{N}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$



adviesburo voor milieutechniek

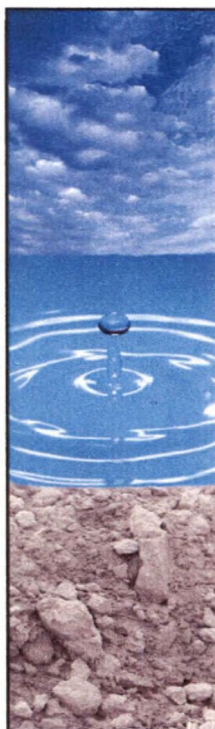
grond, water, lucht

Colsen b.v.

BRAMMOX[®] uitgevoerd als RBC (=Rotating Biological Contactor)

Kenmerken:

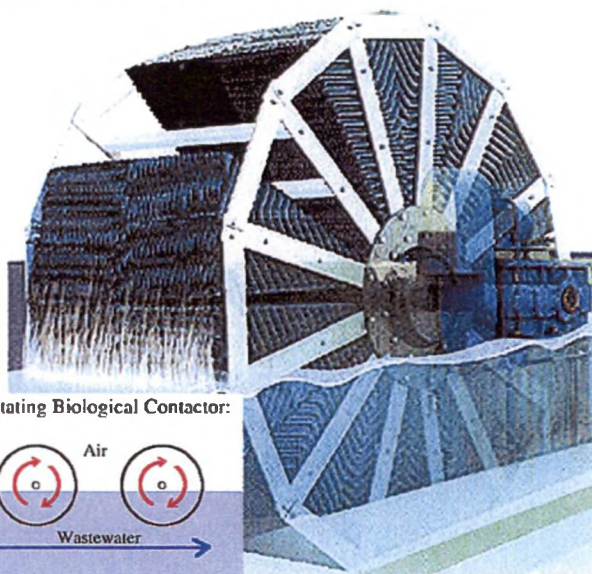
- Ongeveer 80% stikstofverwijdering in BRAMMOX[®]
- Géén beluchting nodig
- Lage slibproductie
- Lage bedieningskosten
- Totale N-verwijdering na Anphos[®] en BRAMMOX[®] > 80%
- CZV : N : P = 60 : 10 : 1



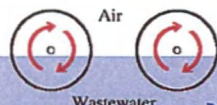
adviesburo voor milieutechniek

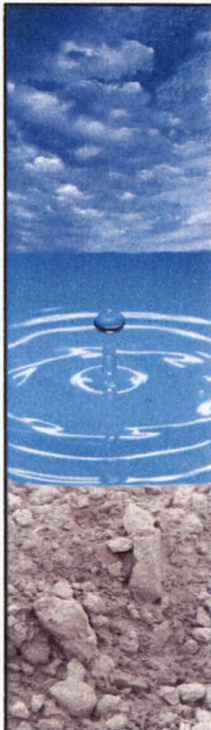
grond, water, lucht

Colsen b.v.



Rotating Biological Contactor:





adviesburo voor milieutechniek
grond, water, lucht

Colsen b.v.

8. Eindzuivering of hergebruik

Rendement stikstof aërobe zuivering > 95%

Uitvoering:

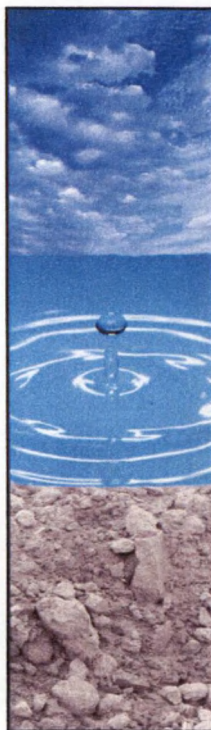
Afhankelijk van het debiet;

- Conventioneel DNT – AT – NBT
- SBR (**S**equen**B**atch **R**ea**R**actor)
- MBR (**M**embrane **B**io **R**ea**R**tor)

Hergebruik:

- Behandeling in een RO (**R**everse **O**smosis)

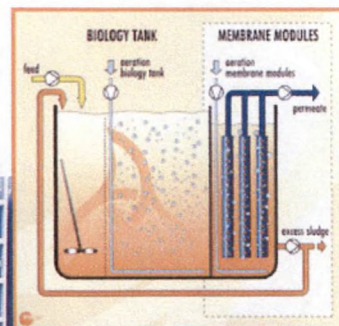
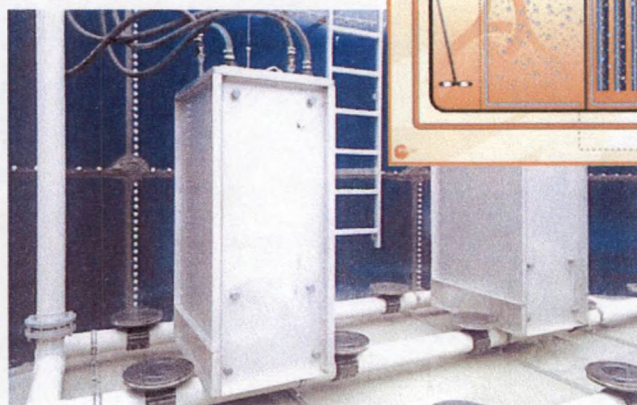
*destruktie van
stikstof*



adviesburo voor milieutechniek
grond, water, lucht

Colsen b.v.

MBR



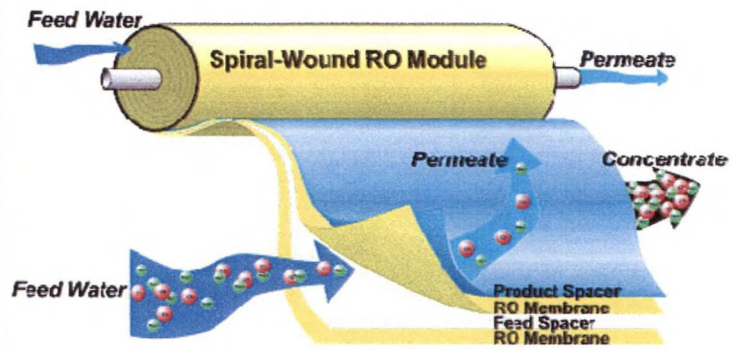


adviesburo voor milieutechniek

grond, water, lucht

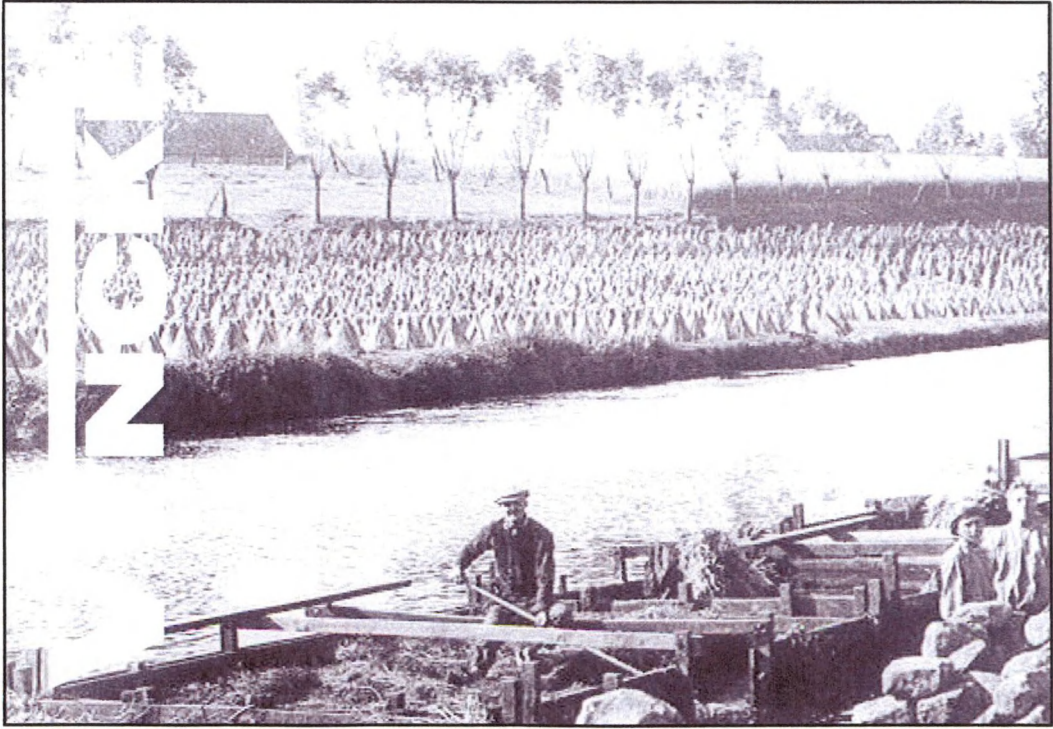
Colsen b.v.

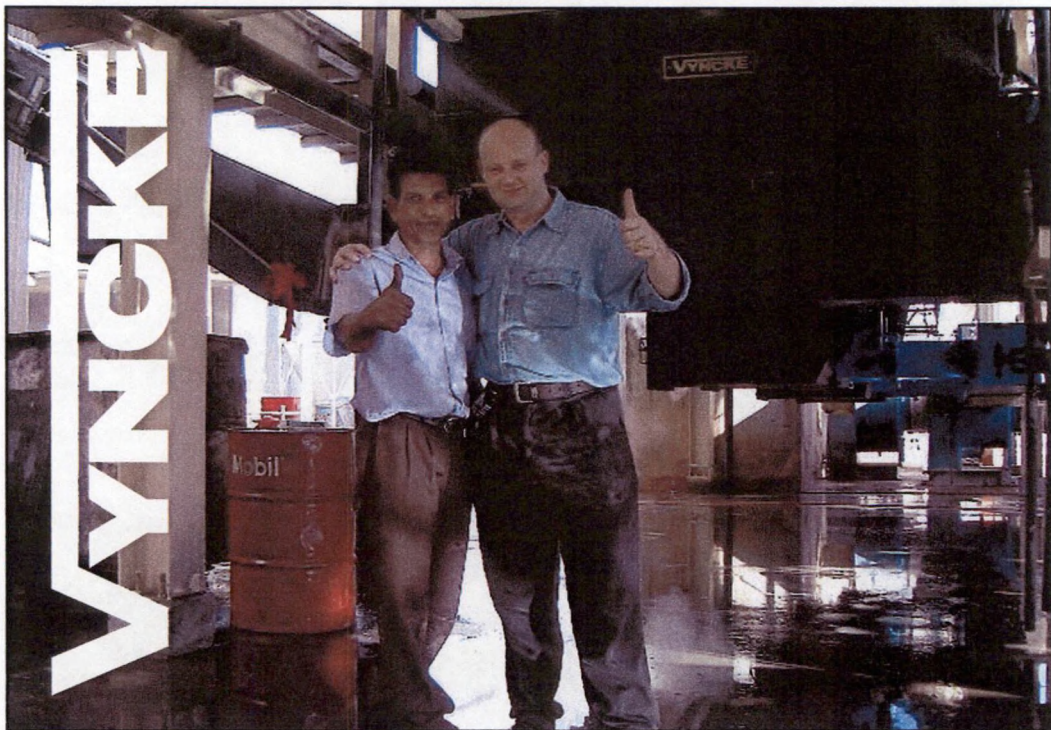
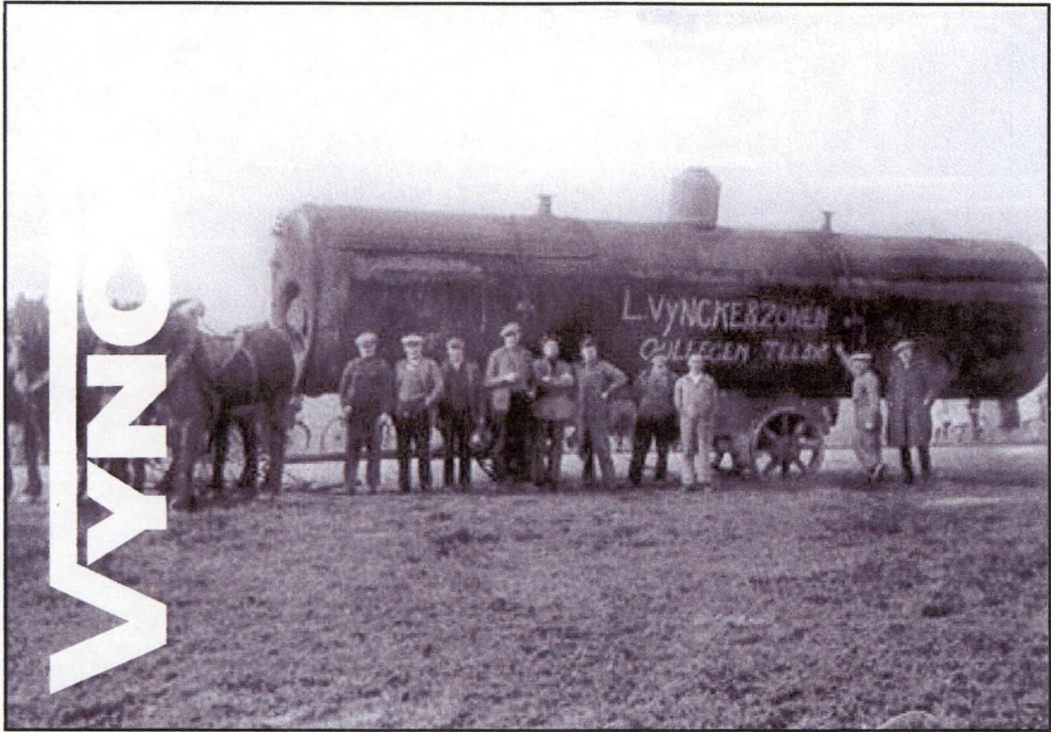
RO



Green Energy, Clean Reality

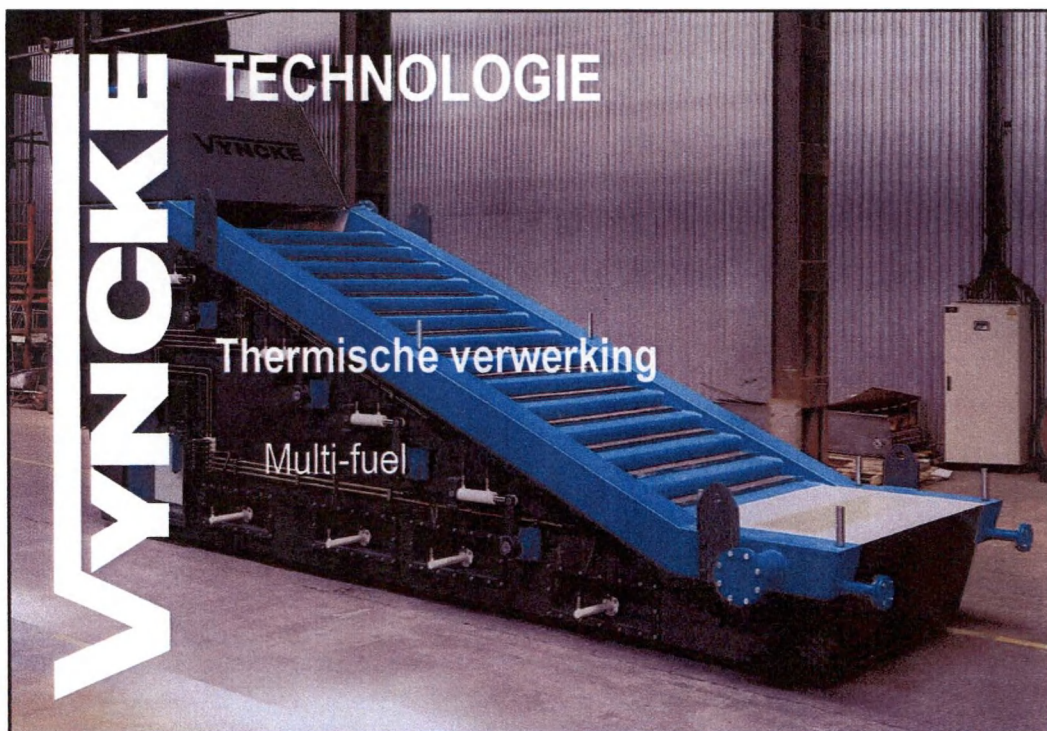
Stijn Van den Bosch, Vyncke Energietechniek NV





DECENTRALE GROENE ST(R)OOMOPWEKKING

?	Technologie
?	Milieuvriendelijk
?	Toepassingen
?	Brandstof
?	Financieel attractief
?	Energiecontract





DECENTRALE GROENE ST(R)OOMOPWEKKING

✓	<i>Technologie</i>
?	Milieuvriendelijk
?	Toepassingen
?	Brandstof
?	Financieel attractief
?	Energiecontract



DECENTRALE GROENE ST(R)OOMOPWEKKING

✓	Technologie
✓	<i>Milieuvriendelijk</i>
?	Toepassingen
?	Brandstof
?	Financieel attractief
?	Energiecontract



VYNCKE

DECENTRALE WARMTEOPWEKKING

80 - 85 % energiebehoefte => warmte
 $\eta > 85 \%$
Grote substitutie van dure fossiele brandstoffen
Grote CO₂ - reductie
Lage investering
Korte pay-back (2 - 4 jaar)







LYNCKE

DECENTRALE WARMTEOPWEKKING

- Stoom
- Thermische olie
- Warm Water
- Klimatisatie
- District heating



LYNCKE

DECENTRALE CO-GENERATIE

- $\eta > 85 \%$
- Grote substitutie van fossiele brandstoffen
- Grote CO_2 -reductie
- Gemiddeld investeringsniveau
- Gemiddelde pay-back ($\pm 4 - 7$ jaar)
- ~ Groene stroom en (WKK-certificaten) !



VANCKE

DECENTRALE GROENE STROOM

- $\eta = \text{ca. } 25\%$
- Kleine substitutie van fossiele brandstoffen
- Hoog investeringsniveau
- Lange pay-back
- ~ Groene stroomcertificaten
- ~ Schaal



DECENTRALE GROENE ST(R)OOMOPWEKKING

✓	Technologie
✓	Milieuvriendelijk
✓	Toepassingen
?	Brandstof
?	Financieel attractief
?	Energiecontract





BRANDSTOF

Biomassa en afvalstromen in Vlaanderen

Huishoudelijk afval en bedrijfsafval : 35 %

Ander HCA : 21 %

Afvalhout : 19 %

Nieuwe verwerkinginstallatie voor afval

Lange termijn contracten

Bevoorradingszekerheid

DECENTRALE GROENE ST(R)OOMOPWEKKING	
✓	Technologie
✓	Milieuvriendelijk
✓	Toepassingen
✓	<i>Brandstof</i>
?	Financieel attractief
?	Energiecontract

VYNCKE

HAALBAARHEID

Industriële projecten

→ Kosten gedreven

→ Pay-back < 3 à 4 jaar

VYNCKE

FINANCIËLE SUCCES CRITERIA

Driver = besparing fossiele brandstoffen

Gevolg :

Grote beschikbaarheid (> 8000 h / j)

Continue maximale afname

Groene warmte > WKK > Groene stroom

Certificaten (WKK en groen stroom) !

DECENTRALE GROENE ST(R)OOMOPWEKKING

✓	Technologie
✓	Milieuvriendelijk
✓	Toepassingen
✓	Brandstof
✓	<i>Financieel attractief</i>
?	Energiecontract



**BASISPRINCIPES
ENERGIECONTRACT**

Engagement

Klant: afname hoeveelheid energie

Vyncke: exploitatie

Resultaat

Fors: besparing energiefactuur 10 - 20%

DECENTRALE GROENE ST(R)OOMOPWEKKING

✓	Technologie
✓	Milieuvriendelijk
✓	Toepassingen
✓	Brandstof
✓	Financieel attractief
✓	<i>Energiecontract</i>



