

## Water als bron van energie

Innovatie in technologie

OCTROOICENTRUM NEDERLAND



AUTEUR : T.J. STOOP  
DATUM : 2 NOVEMBER 2009

## Samenvatting

Het zoeken naar nieuwe duurzame energiebronnen is iets van alle tijden. Vele eeuwen geleden omdat fossiele brandstoffen gewoon nog niet beschikbaar waren, vanaf de tweede helft van de vorige eeuw vanwege het bewust worden van de eindigheid van fossiele brandstoffen, en nu vanwege de zorg over de gevolgen van klimaatverandering. Water heeft altijd een belangrijke rol gespeeld in de energiebehoefte van de mens. Watermolens werden een paar duizend jaar geleden al toegepast en ook voor het opwekken van elektriciteit is water de oudste energiebron. Ondanks de nadelen van extreme weersinvloeden en corrosie door zout water zijn veel ontwikkelingen gaande om energie aan de zee te onttrekken. Getijden- en golfslagenergie zijn hiervan de belangrijkste voorbeelden. Maar ook door gebruik te maken van temperatuurverschillen in zeewater (Ocean Thermal Energy Converters, afgekort OTEC) en door het principe van omgekeerde osmose is het mogelijk energie te winnen uit de zee. Uiteenlopende technieken zijn al ontwikkeld en op geschikte locaties worden prototypes aan tests onderworpen. Op een enkele plaats wordt ook al daadwerkelijk door getijden of door golfslag opgewekte elektriciteit aan het elektriciteitsnet geleverd. Portugal had in 2008 de primeur door de officiële gebruiknaam van de eerste commerciële golfslagcentrale op zee. In Bretagne in Frankrijk is al ruim veertig jaar een getijdenkrachtcentrale in bedrijf. De ontwikkelingen die plaatsvinden op het gebied van energiewinning uit zeewater zijn goed terug te vinden in het aantal octrooiaanvragen op dit gebied.

In de eerste helft van de jaren negentig van de vorige eeuw werden ongeveer tien internationale octrooiaanvragen per jaar ingediend. In 2007 waren dat er al meer dan honderd. Deze groei is overigens voor het grootste gedeelte toe te schrijven aan de ontwikkelingen op het gebied van golfenergie. De Verenigde Staten en het Verenigd Koninkrijk zijn voor wat betreft aantallen octrooiaanvragen het meest actief, gevolgd door Noorwegen en Australië. In deze landen zijn de afgelopen twintig jaar veel bedrijven ontstaan met als doel het ontwikkelen van technieken ten behoeve van energiewinning uit zee. Op het gebied van OTEC-installaties is het aantal octrooiaanvragen vanaf 1990 vrij constant en bedraagt één of enkele aanvragen per jaar, al lijkt ook hier de laatste paar jaar toch een lichte groei te zijn ingezet. De VS en Japan zijn hierin de koplopers. Nederland speelt gerekend naar het aantal octrooiaanvragen een heel bescheiden rol. Ondanks het feit dat Nederland aan zee ligt zijn de juiste omstandigheden om efficiënt energie te kunnen winnen uit de zee niet of nauwelijks aanwezig. De Noordzee is te ondiep en heeft daardoor te weinig golfslag voor rendabele golfslagcentrales, en voor getijdencentrales is het getijdenverschil te gering net zoals door getijden veroorzaakte stroming. Toch wordt er in Nederland wel veel nagedacht over de mogelijkheden. Er worden proeven uitgevoerd met getijdenstroming in de Westerschelde en er worden plannen ontwikkeld om de renovatie van de Afsluitdijk aan te grijpen om hier op uitgebreide schaal duurzame energie te winnen.

Inhoudsopgave

|                                        |                                     |
|----------------------------------------|-------------------------------------|
| Samenvatting                           | 2                                   |
| Inhoudsopgave                          | 3                                   |
| Inleiding                              | 5                                   |
| 1. Historische ontwikkelingen          | 7                                   |
| 2. Techniek                            | 11                                  |
| <hr/>                                  |                                     |
| 2.1 Getijdenenergie                    | 11                                  |
| 2.1.1 Stroming                         | 11                                  |
| 2.1.2 Hoogte verschil                  | 12                                  |
| 2.2 Golfenergie                        | 12                                  |
| 2.2.1 Lineaire generator               | 13                                  |
| 2.2.2 Rotatie generator                | 14                                  |
| 2.2.3 OWC                              | 17                                  |
| 2.2.4 Overtopping                      | 18                                  |
| 2.3 Stroming                           | 19                                  |
| 2.4 OTEC                               | 20                                  |
| 2.5 Blue energy                        | 21                                  |
| 3. Octroipublicaties                   | 22                                  |
| <hr/>                                  |                                     |
| 3.1 Golf- en getijdenenergie           | 22                                  |
| 3.2 Ocean Thermal energy conversion    | Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd. |
| 4. Conclusies                          | Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd. |
| Bijlage 1. Overzicht octrooiaanvragers | Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd. |
| Bijlage 2. IPC Classificatie           | Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd. |
| Bijlage 3. Referenties                 | Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd. |
| Bijlage 4. Begippen                    | Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd. |
| Bijlage 5. Gebruikte landcodes         | Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd. |
| <hr/>                                  |                                     |

Bijlage 6. Afkortingen

| Afkorting | Verklaring                                     |
|-----------|------------------------------------------------|
| CETO      | Cylindrical Energy Transfer Oscillating        |
| EOB       | Europees Octrooi Bureau                        |
| EOV       | Europees Octrooi Verdrag                       |
| EP        | European Patent (Europese octrooi(aanvraag))   |
| EPO       | European Patent Office (Engelse naam voor EOB) |
| EPODOC    | EPO Documentation                              |
| IPC       | International Patent Classification            |
| OCNL      | Octrooi Centrum Nederland                      |
| OTEC      | Ocean Thermal Energy Conversion                |
| OWC       | Oscillating Water Column                       |
| PCT       | Patent Cooperation Treaty                      |
| WIPO      | World Intellectual Property Organisation       |

Bijlage 5. Gebruikte landcodes

| Landcode | Land             |
|----------|------------------|
| AR       | Argentinië       |
| AT       | Oostenrijk       |
| AU       | Australië        |
| BE       | België           |
| BR       | Brazilië         |
| CA       | Canada           |
| CH       | Zwitserland      |
| CN       | China            |
| CZ       | Tsjechië         |
| DE       | Duitsland        |
| DK       | Denemarken       |
| ES       | Spanje           |
| FI       | Finland          |
| FR       | Frankrijk        |
| GB       | Engeland         |
| GR       | Griekenland      |
| HK       | Hong Kong        |
| HU       | Hongarije        |
| IE       | Ierland          |
| IL       | Israël           |
| IN       | India            |
| IT       | Italië           |
| JP       | Japan            |
| KE       | Kenia            |
| KR       | Zuid-Korea       |
| LT       | Litouwen         |
| LU       | Luxemburg        |
| MC       | Monaco           |
| MX       | Mexico           |
| NL       | Nederland        |
| NO       | Noorwegen        |
| NZ       | Nieuw Zeeland    |
| PL       | Polen            |
| PT       | Portugal         |
| RU       | Rusland          |
| SE       | Zweden           |
| SG       | Singapore        |
| SI       | Slovenië         |
| SK       | Slowakije        |
| TR       | Turkije          |
| US       | Verenigde Staten |
| ZA       | Zuid Afrika      |

Inleiding

Sterk gestegen prijzen en een dreigend tekort aan fossiele brandstoffen, en daarbij de zorg voor het milieu en het klimaat, hebben ertoe geleid dat de vraag naar duurzame energiebronnen de laatste jaren een grote vlucht heeft genomen. Energiebronnen die enkele jaren geleden nog niet rendabel bleken, lijken nu, mede door verbeterde technieken, steeds meer rendabel exploiteerbaar. Golf- en getijdenenergie op zee zijn hiervan een goed voorbeeld. Met name op het gebied van golfenergie zijn recentelijk vele technieken ontwikkeld of verder verbeterd.

Ondermeer in Nederland zijn ontwikkelingen gaande in het opwekken van energie, waarbij gebruik wordt gemaakt van het principe van omgekeerde osmose bij het samenkomen van zoet en zout water. De Afsluitdijk zou een geschikte locatie kunnen zijn voor de toepassing van dit principe.

Eveneens op de Afsluitdijk worden proeven gedaan met stromingsenergie. In juli 2008 is in één van de spuisluizen een waterturbine geïnstalleerd. Twee keer per dag wanneer het laagwater is in de waddenzee, wordt gedurende zo'n 3 uur achtereenvolgend water uit het IJsselmeer gespuid, waardoor de turbine z'n werk kan doen. Een aan de turbine gekoppelde generator zet de bewegingsenergie om in elektriciteit.

In tropische zeeën is een methode te gebruiken waarbij elektriciteit wordt opgewekt door gebruik te maken van de temperatuurverschillen van het zeewater aan de oppervlakte en dat uit diepere zeelagen. Dit is het principe van "Ocean Thermal Energy Conversion", afgekort OTEC.

Het opwekken van elektriciteit uit deze energiebronnen lijkt uitsluitend voordelen te hebben:

- het is duurzaam
- het is in overvloed aanwezig
- het raakt nooit op

Gunstig dus voor het milieu, dat lijdt onder de verbranding van fossiele brandstoffen. Maar het gebruik van de zee voor energiewinning kan ook nadelige gevolgen hebben.

Bedacht moet worden dat alle energie die uit de zee wordt gehaald een verandering, hoe klein ook, in die zee teweeg brengt. Veranderingen in sterkte en richting van stromingen kunnen wijzigingen in sedimenttransport veroorzaken, met mogelijke gevolgen voor flora en fauna.

De Oosterscheldekering in Zeeland is in potentie een locatie waar door middel van turbines energie uit getijdenstroming kan worden gehaald. Toch is dit nooit toegepast omdat hierdoor de verversing van de Oosterschelde met vers zeewater in gevaar zou komen. En het zout blijven van de Oosterschelde was nou juist de bedoeling van de open waterkering waarvoor in het Deltaplan is gekozen.

Gevolgen voor zeedieren door allerlei objecten in zee zoals kabels, boeien of op de bodem verankerde objecten in grote energieparken op zee is een ander aspect wat aandacht moet krijgen. Ook geluiden veroorzaakt door elektromagnetisme kunnen invloed hebben op dieren.

Corrosie door zeewater en weersinvloeden hebben altijd een belangrijke rol gespeeld bij het al dan niet slagen van golf- en getijdenenergie projecten. Installaties op of in zee moeten goed bestand zijn tegen zeewater en de zwaarste stormen kunnen weerstaan. Dit brengt extra hoge kosten met zich mee waardoor vele projecten nooit de gewenste doelstellingen, het commercieel winnen van energie uit de zee, hebben bereikt.

Onderzoek naar de gevolgen van het winnen van energie uit zee voor het milieu en ontwikkeling van corrosie- en weerbestendige materialen zijn daarom een belangrijk onderdeel van toekomstige ontwikkelingen.

Deze publicatie probeert een beeld te schetsen van de ontwikkelingen die zich door de jaren heen hebben afgespeeld op het gebied van energiewinning uit water. Die ontwikkelingen begonnen enkele millennia geleden met de toepassing van het waterrad in stromend water van beken en rivieren, en vanaf de Middeleeuwen ook in getijdenstroming. Eind negen-

tiende eeuw begon grootschalige elektriciteitsopwekking door waterkrachtcentrales in stuwdammen te bouwen, en de laatste decennia zijn veel verschillende technieken ontwikkeld om energie te onttrekken uit zeeën en oceanen. “Ocean Energy” is de verzamelnaam voor deze vormen van energie. Aan gezien hier de laatste jaren de meeste ontwikkelingen in plaatsvinden en naar verwachting ook in de toekomst blijven plaatsvinden wordt hierop de nadruk gelegd in dit document.

Hoofdstuk 1 “Historische ontwikkelingen” geeft een blik op het verleden. Wanneer zijn welke vormen van energiewinning ontstaan. Voorbeelden laten

zien wat voor bijzondere al dan niet geoctrooieerde initiatieven reeds zijn uitgevoerd. Hoofdstuk 2 “De techniek” geeft een beknopte uitleg van een aantal mogelijkheden die er zijn om energie aan zeewater te onttrekken.

In hoofdstuk 3 “Octrooipublicaties” wordt aan de hand van tellingen van octrooiaanvragen van recente jaren een beeld geschetst van de ontwikkeling van het technologiegebied die in de wereld gaande is. Wat zijn de sterke landen op het gebied van energiewinning uit zeewater, en hoe doet Nederland het? Is de stijgende vraag naar energie terug te vinden in een groei van het aantal octrooiaanvragen?

totaal aantal aanvragen in de periode van onderzoek.

**Consistentie van de octrooidatabases**  
De informatie die gebruikt wordt ten behoeve van de analyses is voor het octrooiproces secundair. Het gevolg is dat met name op het gebied van naamgeving van aanvragers en uitvinders er vele spellingsvarianten gevonden worden in de databases. Zonder meer tellen zou een uiterst vertekend beeld geven van de *actieve* partijen.

Ook overnames en afsplitsing van ondernemingen leidt tot over- of onderschatting van actieve partijen. Bij de analyses probeert OCNL zo goed als mogelijk is informatie bij de juiste aanvrager of uitvinder te plaatsen.

De afspraak is dat het domicilie van zowel de aanvrager(s) als van de uitvinder(s) op de octrooiaanvraag worden vermeld. Niet in alle gevallen wordt deze (correct) vermeld. Deze onvolkomenheden zijn niet (eenvoudig) te verhelpen. Door het kiezen van doorgaans consistente documentverzamelingen worden de problemen geminimaliseerd.

Ook zijn er (zij het beperkt) inconsistenties en fouten bij het toewijzen van de classificatiesymbolen aan de octrooiaanvragen.

Door zoveel mogelijk gebruik te maken van de publicaties van het EOB (: EP-documenten) en die van de WIPO (: WO-documenten) worden de problemen geminimaliseerd



### Oudste prioriteit

Bij verlening van internationale aanvragen voor de aangewezen landen ontstaan meerdere octrooien voor dezelfde uitvinding in verschillende landen. Deze octrooien behoren dan tot één zogenaamde octrooifamilie. Aan al deze octrooien ligt een en dezelfde aanvraag ten grondslag. Deze aanvraag is het oudste lid van de familie en wordt aangeduid met de term “oudste prioriteit”. De indieningsdatum van deze aanvraag staat bekend als de “oudste prioriteitsdatum”. De oudste prioriteitsdatum is van belang op het moment dat een uitvinding op nieuwheid moet worden getoetst aangezien zij het tijdstip waarop de uitvinding is gedaan het dichtst benaderd. Ook het land van indiening van de oudste prioriteit is van belang. Meestal is dat het land van vestiging of herkomst van de uitvinder of de aanvrager. In dit onderzoek wordt voor de datum van indiening de oudste prioriteitsdatum gebruikt en niet de datum waarop de aanvraag bij de WIPO, het EOB of (bijv.) het United States Patent and Trademark Office (USPTO) is ingediend. De allereerste aanvraag (: degene met de oudste prioriteitsdatum) ligt in de tijd gezien het dichtst bij de oorspronkelijke uitvinding.

### Periode van onderzoek

Wegens de gehanteerde geheimhoudingsperiodes (tot maximaal 18 maanden vanaf indiening en zelfs 30 maanden bij de PCT-route) zijn gegevens over aantallen octrooiaanvragen voor de meest recente jaren onvolledig. Dit geldt in nog sterkere mate voor verleningen.

### Technologiegebied

De (nationale) octrooibureaus hanteren een classificatiesysteem om een uitvinding onder te brengen in een technologiegebied. Dit vergemakkelijkt het zoeken naar soortgelijke octrooien bij het beoordelen van de nieuwheid van een octrooiaanvraag. Dit classificatiesysteem is de zogenaamde International Patent Classification (IPC), die momenteel uit ongeveer 70.000 ingangen bestaat. In dit onderzoek is bij het zoeken in de databases gebruik gemaakt van

de IPC en van de European Classification (ECLA), de wat meer gedetailleerde Europese pendant van de IPC.

### Nationaliteit van de aanvrager

De aanvrager van een octrooi is degene die het octrooi kan gaan exploiteren. De aanvrager is niet noodzakelijkerwijs ook de uitvinder en kan ook een andere nationaliteit dan de uitvinder hebben. Een octrooiaanvraag kan op naam staan van meerdere uitvinders en meerdere aanvragers van uiteenlopende nationaliteiten. De aanvrager kan echter ook een landcode (= domicilie) voeren die niet noodzakelijkerwijs overeenkomt met het land waarin een uitvinding is gedaan. Dit is vooral het geval bij grote “Internationals”, waarbij het hoofdkantoor de registratie van de octrooiaanvragen centraliseert in speciaal opgezette units (Voorbeelden hiervan zijn IP Holdings als: DSM IP Assets BV en Philips Intellectual Property and Standards (IP&S)).

### Indicatoren

Octrooien worden wereldwijd al lange tijd nauwkeurig geregistreerd en zijn momenteel grotendeels via computerbestanden toegankelijk. Dit heeft er toe bijgedragen dat de belangstelling voor innovatie gerelateerde indicatoren op basis van octrooien is toegenomen. De nationaliteit van aanvragers van octrooien geeft bijvoorbeeld een beeld van de innovatieve capaciteit van het bedrijfsleven van het betreffende land, terwijl de nationaliteit van de uitvinder als indicator voor (de innovativiteit van) het onderzoeksklimaat in een bepaald land wordt beschouwd. Om landen onderling met elkaar te vergelijken kunnen aantallen aanvragen/octrooien per land genormeerd worden naar bijvoorbeeld het aantal inwoners, het bruto nationaal product, de nationale onderzoeksbestedingen enzovoort. Niettemin blijft het lastig om landen onderling te vergelijken vanwege verschillen in gewoonten, wetgeving en procedures. In dit onderzoek wordt onder andere gerefereerd aan de octrooioppositie van verschillende landen op grond van het aandeel dat (aanvragers uit) verschillende landen hebben in het

## 1. Historische ontwikkelingen

Meer dan 3000 jaar geleden werd al door middel van een waterrad energie uit stromend rivierwater gebruikt. Vanaf de late Middeleeuwen werd deze methode veelvuldig toegepast op getijdenstroming, en al in de 18<sup>e</sup> eeuw werd nagedacht over het benutten van golfslagenergie op zee.

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op deze historische ontwikkelingen waarbij ook de ontwikkeling van elektriciteitsproductie door middel van waterkrachtcentrales aan bod komt.

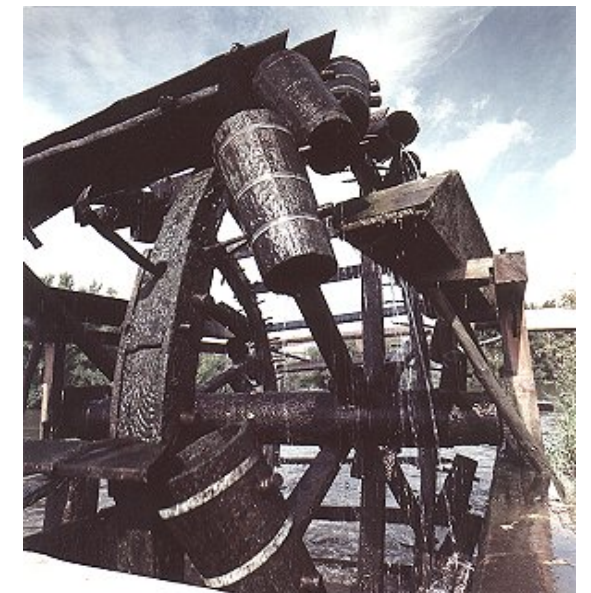
### Het waterschoepenrad

Algemeen wordt aangenomen dat al in 1200 v. Chr. in Mesopotamië het waterschoepenrad in gebruik was voor het ophijzen van water. Een waterschoepenrad maakt gebruik van de waterstroming om het rad te laten draaien. De aan het rad bevestigde emmers scheppen op het laagste punt water op en lozen dit op het hoogste punt in een reservoir, van waaruit het bijvoorbeeld in een bewateringskanaal loopt. Afbeelding 1.1 toont een dergelijk rad. In Europa werd het waterschoepenrad in de late middeleeuwen (rond 1500) populair. In Beieren werd het schoepenrad veelvuldig ingezet voor het bewateren van landbouwgronden. Enkele van deze raderen zijn bewaard gebleven en zelfs nu nog in bedrijf. Niet alleen voor het liften van water, maar ook voor het aandrijven van molens of zaagmachines werden waterraderen toegepast. In de eerste eeuw v. Chr. gebruikten de Romeinen het waterrad voor het aandrijven van een breekmolen. Vanaf de twaalfde eeuw worden in Midden-Europa molens van verschillende typen aangedreven door een waterrad.

In de 16<sup>e</sup> tot en met de 19<sup>e</sup> eeuw zijn in Nederland enkele tientallen octrooien verleend voor een waterrad. Zo werd in 1597 een octrooi verleend aan Cornelis Corneliszoon. Hij ontwierp de krukas, waarmee een draaiende beweging werd omgezet in een op- en neergaande beweging.

Een ander voorbeeld is een octrooi voor “een molen, overhangend over stromend water en daardoor gedreven”, dat op 15 augustus 1620 werd verleend aan

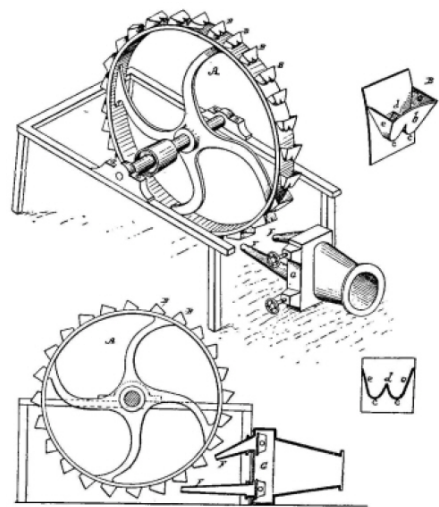
Juriaen Boucholt uit Deventer. Mogelijke toepassingen van een dergelijke molen waren onder andere het malen van koren, het smeden van koper, of het maken van buskruit.



Afbeelding 1.1. Waterschoepenrad in Möhrendorf

### Waterkrachtcentrales

Door de opkomst van waterturbines en de invoering van elektriciteit was het niet meer noodzakelijk de energie mechanisch over te dragen, maar kon deze worden omgezet in elektriciteit. Het originele waterrad werd hierdoor langzaam verdrongen. In 1834 ontwikkelde de Fransman Benoit Fourneyron een waterturbine.

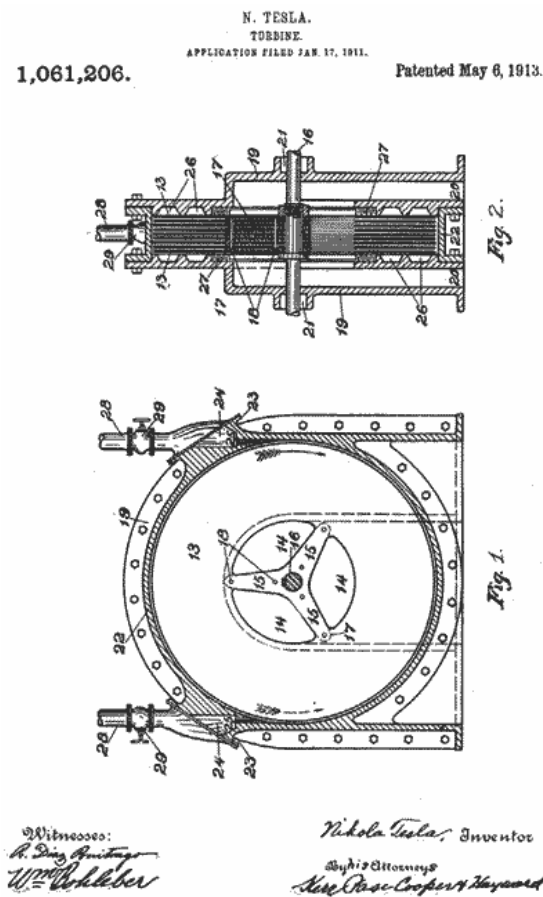


Afbeelding 1.2 Pelton turbine

De Amerikaan Lester Pelton heeft zich eind negentiende eeuw bezig gehouden met de verdere ontwikkeling van de turbine. Bovenstaande afbeelding is uit het eerste octrooi wat hij in 1880 kreeg voor de “Pelton-turbine” .

De eerste serieuze waterkrachtcentrale waarbij de energie van vallend water werd omgezet in elektriciteit werd in 1895 in gebruik genomen. De watervallen in de Niagara River op de grens van Canada en de Verenigde Staten waren de energiebron. Uitvinder Nikola Tesla was de grote man achter deze centrale. Hij is ondermeer de uitvinder van de wisselstroomgenerator en de transformator. Hierdoor was het nu ook mogelijk de opgewekte elektriciteit over grotere afstand te transporteren. Maar ook met turbines hield Tesla zich bezig. In 1913 kreeg hij octrooi voor de “Tesla-turbine”. Deze turbine kenmerkte zich door het feit dat ze geen schoepen bevat, maar is opgebouwd uit een aantal schijven van gelijke grootte die met enige tussenruimte op elkaar zijn gemonteerd. Water (of een ander medium), dat tussen de schijven stroomt, laat de turbine draaien. Enkele decennia na de bouw van de Niagara-centrale, werd in 1937 in de Colorado River op de grens van de staten Arizona en Nevada in de VS de Hooverdam met bijbehorende waterkrachtcentrale opgeleverd. Op dat moment de centrale met de grootste capaciteit ter wereld. Nu is het met een capaciteit van 2000 MW nog steeds één van de grotere van Amerika. Ter vergelijking, een gemiddelde

kolencentrale levert 600 MW. De grootste waterkrachtcentrale op dit moment, is de recent voltooide drieklovendam in China, die een capaciteit heeft van 18000 MW. Over de gehele wereld zijn inmiddels ruim 800.000 stuwdammen gebouwd, al is het grootste deel hiervan meer bedoeld voor water- dan voor energievoorziening. Ook in Nederland zijn waterkrachtcentrales te vinden bij stuwen in rivieren. De eerste dateert uit 1958 en staat bij Hagestein in de Lek. Deze centrale levert “slechts” een vermogen van 1,8 MW. Elektriciteitsopwekking was dan ook niet het hoofddoel van het bouwen van de stuw, het reguleren van de waterafvoer van de rivier was het grootste belang. In 1988, 1989 en 1990 zijn er nog drie centrales bijgekomen bij respectievelijk Maurik in de Nederrijn (vermogen 10 MW), Linne in de Maas (11,5 MW) en Lith ook in de Maas (14 MW).



Afbeelding 1.3 Tekening uit octrooi van Tesla

Golf- en getijdenenergie

Wat een waterrad kan in het stromend water van een rivier kan het natuurlijk ook in een zeearm of de

## Bijlage 4. Begippen

### Octrooi

Een octrooi, of met een ander woord een patent, is een volgens de wet verleend monopolie op de exploitatie van een uitvinding. De maximale wettelijke duur van een octrooi is in bijna alle landen 20 jaar. Octrooiwetgeving beoogt de (technologische) vooruitgang te stimuleren. Deze stimulatie is tweërlei. Enerzijds beschermt een octrooi de uitvinders en aanvragers (particulieren, bedrijven, instellingen) tegen concurrentie, waardoor investeringen in innovatief onderzoek terug verdiend kunnen worden. Anderzijds worden octrooien en aanvragen gepubliceerd en vormen de octrooipublicaties een inspiratiebron voor verdere innovatie. Een mogelijke maat voor het innovatievermogen van een bepaald land is het aantal octrooiaanvragen per jaar op naam van aanvragers of uitvinders met overeenkomstige nationaliteit.

### Octrooiaanvragen / -verleningen / -publicaties

Een octrooi wordt volgens nationale wet- en regelgeving aangevraagd, beoordeeld, verleend en in stand gehouden. Een octrooiaanvraag wordt na een periode van doorgaans 18 maanden geheimhouding gepubliceerd, terwijl verlening en publicatie van het eventuele uiteindelijke octrooi nog jaren op zich kunnen laten wachten. Een octrooi dat niet wordt verleend wordt niet gepubliceerd, maar de publicatie van de aanvraag blijft bestaan. Er zijn daarom meer octrooiaanvragen dan octrooien in de databases van octrooi-publicaties beschikbaar. Bij statistisch octrooionderzoek gaat men voor het samenstellen van indicatoren bij voorkeur uit van octrooiaanvragen in plaats van van verleende octrooien. Er zijn er meer en ook al wordt een aanvraag geen octrooi, er ligt toch een innovatieve actie aan ten grondslag. Bovendien zijn aanvragen van recenter datum beschikbaar en ligt de indieningsdatum van een aanvraag dicht bij het 'tijdstip van uitvinding' dan de verleningsdatum van een octrooi. Door uit te gaan van aanvragen wordt daarom een reëler

beeld gekregen van de mate waarin innovatie plaats heeft.

### Internationale procedures

Om een octrooi in meerdere landen te verkrijgen moet in elk land afzonderlijk een octrooiprocedure worden gestart. Omwille van de harmonisatie van wetgeving en voor het gemak van de aanvrager van een octrooi in meerdere landen zijn een aantal internationale overeenkomsten gesloten. De belangrijkste zijn het Patent Cooperation Treaty (PCT), dat door praktisch alle landen van de wereld is ondertekend en het Europees Octrooi Verdrag (EOV) waarbij momenteel 31 landen uit Europa zijn aangesloten. Het PCT-verdrag wordt uitgevoerd door de World Intellectual Property Organisation (WIPO) en het EOV door het Europees Octrooi Bureau (EOB). Met één aanvraag kan nu in meerdere landen tegelijk een octrooi worden aangevraagd. De desbetreffende instantie beoordeelt de aanvraag en stuurt deze dan door naar de aangewezen landen (of regio's) voor de vervolgprocedure. Ter onderscheiding van de verschillende soorten aanvragen en octrooien worden verschillende voorvoegsels bij de registratienummers gebruikt. Een aanvraag ingediend bij de WIPO ontvangt de aanduiding WO, een aanvraag bij het EOB krijgt EP als voorvoegsel en een nationale aanvraag in bijvoorbeeld de Verenigde Staten krijgt US toegevoegd aan zijn unieke nummer. Al naar gelang de gevolgde weg spreekt men van de PCT-route, de EP-route of een nationale route. Een aanvraag die via de WIPO bij het EOB wordt ingediend wordt ook Euro-PCT genoemd.



[www.wavebob.com](http://www.wavebob.com)

Interessante bronnen

[www.energyreview.com](http://www.energyreview.com)

nieuws op het gebied van energie (World News Network)

[www.energieportal.nl](http://www.energieportal.nl)

nieuws op het gebied van energie.

[www.waveenergy.ie](http://www.waveenergy.ie)

Uitleg van verschillende technieken van golf-energie

[www.epri.com/oceanenergy](http://www.epri.com/oceanenergy)

Electric Power Research Institute. Onderzoeksinstituut op het gebied van Energie. Bevat veel informatie over projecten op het gebied van "Ocean Energy".

[www.eia.doe.gov](http://www.eia.doe.gov)

Energy Information Administration. Statistische gegevens betreffende energiegebruik in de VS. Analyses en voorspellingen.

[www.peswiki.com](http://www.peswiki.com)

Uitgebreide "wikipedia-achtige" bron van informatie op het gebied van duurzame energie.

[www.c-energy.nl](http://www.c-energy.nl)

C-Energy is een consortium van bedrijven dat een demonstratieproject realiseert voor energieopwekking uit getijden en golven in de Westerschelde.

[www.otecnews.org](http://www.otecnews.org)

Algemene informatie en nieuwsitems over Ocean Thermal Energy Conversion

monding van een rivier waar zeewater heen en weer stroomt door getijdenwerking. Dergelijke toepassingen van het water rad zijn dan ook al eeuwenoud. In de middeleeuwen bestonden ze in Bretagne (Frankrijk), Portugal en Groot Brittannië, maar ook in Nederland zijn er veel in bedrijf geweest, ondermeer in Goes, Bergen op Zoom en Middelburg (afbeelding 1.4).

In 1636 werd een octrooi verleend aan Willem Nat uit Haarlem en Simon de Clercq uit Rotterdam voor een "Waterkrachtmolen, werkende zowel bij rijzend als bij vallend getij".

Het nieuwe aan deze molen was dat hij niet alleen bij rijzend, of alleen bij dalend getij werkte, maar bij zowel rijzend als bij dalend getij in beweging bleef.

Golfenergie lijkt op het eerste gezicht vooral iets van de laatste tijd. Het winnen van deze vorm van energie staat inderdaad ook nog in de kinderschoenen. Toch gaat ook hierbij de tijd al een paar eeuwen terug. Het eerste bekende octrooi op dit gebied dateert uit 1799. Het betreft een uitvinding gedaan door vader en zoon Girard uit Frankrijk. Zij bedachten een kunstmatig vlot wat door hefboomwerking golfenergie moest omzetten in mechanische energie (zie afbeelding 1.5). Hiermee zouden pompen, molens en zagen aan de wal kunnen worden aangedreven. De komst van het stoomtijdperk zorgde er voor dat het idee nooit is uitgevoerd.

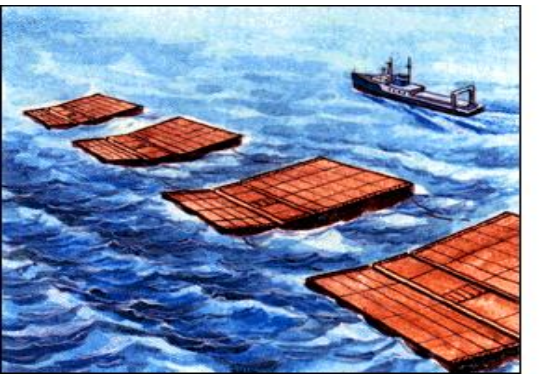
Op 28 april 1900 werd in Groot Brittannië een octrooiaanvraag gepubliceerd voor "Improvements in wave power air compressors".

In de jaren zeventig van de vorige eeuw begon een tijdperk van nieuwe moderne ontwikkelingen op het gebied van golfenergie.

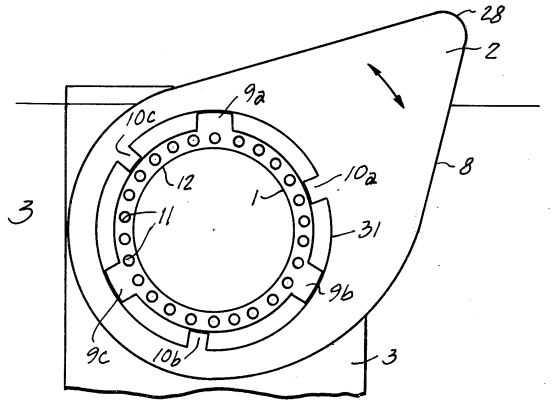
De Brit Stephen Salter bedacht de zogenaamde "Salters duck" waarvoor hij in 1975 octrooi kreeg. Afbeelding 1.6 is een tekening uit octrooi US3928967, waarop een doorsnede wordt getoond van een drijver die is bevestigd aan een horizontale as op het wateroppervlak. Een aantal van deze drijvers zijn gekoppeld aan één as. Het puntige uiteinde



Afbeelding 1.4. Voormalige getijdenmolen Middelburg



Afbeelding 1.5. illustratie van octrooi golfslag-energie uit 1799



Afbeelding 1.6. Salter's duck uit octrooi publicatie US3928967

van de drijvers beweegt op en neer met de golven, waarbij die beweging wordt omgezet in een draaiende beweging van de horizontale as. Eind jaren zeventig van de vorige eeuw begonnen in Japan een aantal serieuze testprojecten om energie

uit zee te winnen. Later, halverwege de jaren tachtig was dit het geval in Noorwegen en ook India begon rond die tijd met een aantal projecten. Het ging hierbij steeds om installaties gebaseerd op het principe van de Oscillating Water Column (OWC). In hoofdstuk 2 wordt dit verder toegelicht.

Vanaf de jaren negentig begon de ontwikkeling van talloze nieuwe technieken voor zowel golf- als getijdenenergie die in het volgende hoofdstuk worden toegelicht. Ook bronnen als OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion) en vermenging van zoet en zout water (omgekeerde osmose) kregen volop de aandacht.

Aan de aantallen aangevraagde octrooien zijn de ontwikkelingen goed te volgen. Met name vanaf het jaar 2000 heeft een enorme groei plaatsgevonden. In hoofdstuk 3 "Octrooipublicaties" komen we daar uitgebreid op terug. Ook het aantal bedrijven dat in de laatste twee decennia wereldwijd is opgericht met als doel de exploitatie van "ocean energy" is groot.

De nieuwste geschiedenis is geschreven op 23 september 2008, toen de eerste commerciële golfslagenergiecentrale officieel in gebruik is genomen, voor de kust van Portugal. Het Aguçadoura Wave Park, genoemd naar een klein kustplaatsje in het noorden van Portugal, heeft een vermogen van 2,25 MW, en levert rechtstreeks aan het landelijk net in Portugal. De installatie bestaat uit drie gekoppelde "Pelamis-slangen" (zie hoofdstuk 2), gebouwd door de Schotse firma Pelamis Wave Power, en heeft 8,5 miljoen euro gekost.

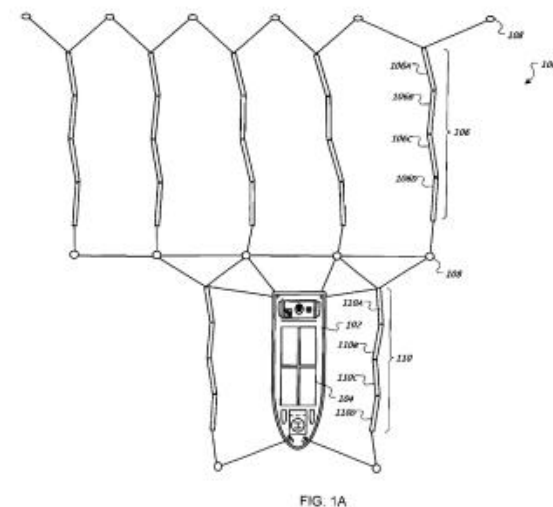
Het winnen van energie uit zee en oceaan staat nog in de kinderschoenen. Ondanks het feit dat al tientallen jaren onderzoek en ontwikkeling van de meest uiteenlopende technieken plaatsvindt is de exploitatie nog niet ver gevorderd. De hoeveelheid geproduceerde elektriciteit is nog uiterst gering. Er

wordt wel gezegd dat de situatie met betrekking tot de ontwikkeling van golfenergie op dit moment vergelijkbaar is met die van windenergie 15 jaar geleden. Net als bij windenergie zullen uiteindelijk alleen die ontwerpen overblijven die in staat zijn voor langere tijd energie te leveren die qua prijs kan concurreren met andere vormen van energie.

Voor het zover is wordt toch al voldoende gefilosofieerd over toekomstige ontwikkelingen en toepassing.

In Nederland zijn plannen om de op handen zijnde opknabbeurt van de Afsluitdijk te benutten voor het toepassen van meerdere vormen van duurzame energie opwekking.

In de VS is door Google een octrooiaanvraag ingediend (US2008209234) voor een "Water based data center". Afbeelding 1.7 toont één van de tekeningen uit die octrooiaanvraag. Het drijvende datacentrum (in de vorm van een schip) is verankerd aan de zeebodem en omgeven door Pelamis golfenergieconverters voor de energievoorziening van het datacenter.



Afbeelding 1.7. Toekomstig Google datacenter

## Bijlage 3. Referenties

### Bedrijfsprofielen

#### Applied research & technologies Ltd. (Wavegen)

Ontwikkelaar van de Limpet 500

Wavegen is opgericht in 1990 en gevestigd in Inverness, Schotland.

Wavegen is sinds 2005 een dochter van Voith Siemens Hydro Power Generation, een joint venture van Voith AG. en Siemens, waar zo'n 2500 medewerkers actief zijn op het gebied van waterkrachttechnologie.

[www.wavegen.com](http://www.wavegen.com)

#### Aquamarine power

Ontwikkelaar van de Oyster wave energy converter en van de Neptune Tide energy converter.

Verwachting is dat de Oyster in 2009, en de Neptune in 2011

[www.aquamarinepower.com](http://www.aquamarinepower.com)

#### AW Energy Oy

Opgericht in 2002 in Finland

Ontwikkelaar van de waveroller

[www.aw-energy.com](http://www.aw-energy.com)

#### AWS Ocean Energy

Opgericht in 2004 met als doel het verder ontwikkelen en exploiteren van de Archimedes wave swing.

[www.awsoccean.com](http://www.awsoccean.com)

#### Ecofys

In 1984 opgericht als onderzoek- en adviesbureau voor energiebesparing en duurzame energietoepassingen. In de loop der jaren is het palet van activiteiten uitgebreid met productontwikkeling en is de Econcert holding opgericht om aanverwante activiteiten in onder te brengen. Tot de Econcert groep behoren naast Ecofys ook de bedrijven Ecostream, Evelop en Ecoventures. Econcert is in juni 2009 failliet verklaard.

[www.ecofys.nl](http://www.ecofys.nl)

#### Finavera renewables

Canadees bedrijf dat zich bezighoudt met duurzame energiebronnen, en ontwikkelaar van de AquaBuOY.

[www.finavera.com](http://www.finavera.com)

#### Marine current turbines Ltd.

Engels bedrijf wat zich bezig houdt met de ontwikkeling van getijdenstroomturbines.

[www.marineturbines.com](http://www.marineturbines.com)

#### Ocean Energy Ltd.

Opgericht in 2002 in Ierland en de ontwikkelaar van de OE Buoy, een drijvende OWC installatie.

[www.oceanenergy.ie](http://www.oceanenergy.ie)

#### Oceanlinx (Energetech)

Australisch bedrijf aanvankelijk onder de naam Energetech, in 2007 gewijzigd in Oceanlinx. Werkt aan de ontwikkeling van een OWC installatie.

[www.oceanlinx.com](http://www.oceanlinx.com)

#### Ocean Power Technologies Inc. (OPT)

Bedrijf opgericht in 1994 in de VS.

Werkt met zo'n 40 werknemers aan de ontwikkeling van de PowerBuoy.

[www.oceanpowertechnologies.com](http://www.oceanpowertechnologies.com)

#### Pelamis wave power Ltd.

Opgericht in 1998 als Ocean power delivery, later omgedoopt in Pelamis wave power Ltd.

Ontwikkelaar van de Pelamis wave energy converter

[www.pelamiswave.com](http://www.pelamiswave.com)

#### Seapower pacific pty ltd

In 2003 in Australië ontstaan als joint venture van Pacific Hydro en Carnegie Corporation, met als doel de ontwikkeling van de CETO generator.

[www.ceto.com.au](http://www.ceto.com.au)

#### Wavebob

Opgericht in Ierland in 1999.

Ontwikkelaar van de "wavebob".

Bijlage 2. IPC Classificatie

Onderstaande tabellen tonen voor de onderzochte kennisvelden de omschrijving van de technologie-gebieden met de bijbehorende klasse of klassegroepen uit het International Patent Classification systeem (IPC). Het volledige bestand van de IPC classificatie is beschikbaar op de website van Octrooicentrum Nederland via “Links” , “Databanken”.

De IPC-classificatie is beschikbaar in het Nederlands, maar hiervandaan zijn ook links beschikbaar naar een Engels- en Franstalige versie.

(www.octrooicentrum.nl)

| Waterkrachtcentrales; Layout, constructie of methoden van, of uitrusting of apparatuur voor, het maken daarvan                                                     |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| . Getijdekrachtcentrales of golfkrachtcentrales                                                                                                                    | E02B9/08  |
| Energiecentrales of vermogensaggregaten                                                                                                                            |           |
| . gekenmerkt door het gebruik van golfenergie of getijde-energie                                                                                                   | F03B13/12 |
| . . gebruikmakend van golfenergie                                                                                                                                  | F03B13/14 |
| . . . gebruikmakend van de relatieve beweging tussen een door de golven bewegend lichaam en een ander lichaam                                                      | F03B13/16 |
| . . . . waarin het andere lichaam op tenminste één punt vastzit aan de zeebedding of de kust                                                                       | F03B13/18 |
| . . . . waarin beide lichamen vastzitten aan de zeebedding of de kust                                                                                              | F03B13/20 |
| . . . gebruikmakend van de waterstroming ten gevolge van golfbewegingen, bijv. voor het aandrijven van een watermotor of een waterturbine                          | F03B13/22 |
| . . . voor het produceren van een luchtstroming, bijv. voor het aandrijven van een luchtturbine                                                                    | F03B13/24 |
| . . gebruikmakend van getijde-energie                                                                                                                              | F03B13/26 |
| Mechanismen voor het produceren van mechanisch vermogen, die niet eerder zijn ondergebracht of gebruikmakend van energiebronnen die niet eerder zijn ondergebracht |           |
| . . Omzetten van thermische energie op zee, d.w.z. OTEC-systemen                                                                                                   | F03G7/05  |

2. Techniek

Ongeveer 15 % van de totale elektriciteit in Europa wordt geleverd door waterkracht. In Zuid-Amerika is dat zelfs 75 %. Het grootste gedeelte hiervan wordt nog altijd opgewekt op het land in rivieren en stuwweren. In berggebieden kunnen waterkrachtcentrales in stuwdammen duizenden Megawatts aan elektriciteit genereren. Naast deze grootschalige energieopwekking zijn meerdere kleinschaliger vormen van energieopwekking in ontwikkeling of al in gebruik, waarbij de zee een belangrijke rol speelt. De term “Ocean Energy” wordt internationaal gehanteerd om alle vormen van duurzame energie te benoemen die in, aan of op zee gewonnen kunnen worden. De volgende vormen van energie wordt hierbij onderscheiden:

- Getijdenenergie
- Golfenergie
- Zeestroming
- Offshore windenergie
- Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC)

Op offshore windenergie wordt hier niet verder ingegaan, behalve dan om te vermelden dat deze vorm van windenergie goed te combineren is met stromingsenergie. De pijler waarop een windmolen staat, kan onder het wateroppervlak één of meerdere stromingsrotoren bevatten.

2.1 GETIJDENENERGIE

Getijdenenergie is energie die wordt gewonnen door gebruik te maken van het verschil in waterhoogte tussen eb en vloed. Hierbij kan onderscheid gemaakt worden in kinetische energie (stroming) en potentiële energie (hoogteverschil).

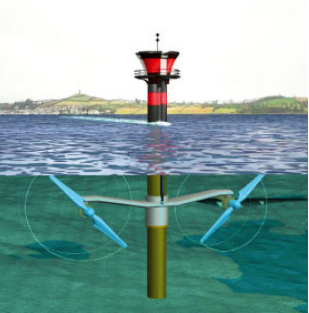
2.1.1 Stroming

Stroming ontstaan door aan- en afvoer van water bij vloed en eb kan worden omgezet in elektriciteit. Hiervoor zijn inmiddels diverse technieken ontwikkeld. Of deze het uiteindelijk mogelijk maken rendabel energie uit getijdenstroming te winnen, en

welke techniek dan de meest rendabele zal zijn, zal pas na uitgebreid testen en verfijnen blijken. Het meest voor de hand liggend om stroming om te zetten in elektriciteit is door gebruik te maken van turbines, vergelijkbaar met windmolens. Hierin zijn twee typen te onderscheiden: Horizontale-as propellerturbines en verticale-as propeller turbines. Een onderscheid dat ook in windmolens is te maken. Enkele voorbeelden uit de praktijk :

Seagen (Marine Current Turbines)

De Seagen is de naam van een stromingsturbine met horizontale as en twee rotoren aan één pijler die is ontwikkeld door het Britse Marine Current Turbines Ltd. In april 2008 is het eerste exemplaar dat commercieel geëxploiteerd gaat worden, geïnstalleerd in Strangford lough, een zeearm aan de oostkant van Noord-Ierland niet ver van Belfast. Seagen is een afkorting van Sea Generation Ltd. Dit is een dochteronderneming van Marine Current Turbines, en gaat de Seagen exploiteren. De huidige versie van de Seagen heeft een capaciteit van 1,2 MW. Het doel is om in de toekomst meerdere turbines onder te brengen in een energiepark voor grootschalige energieproductie.



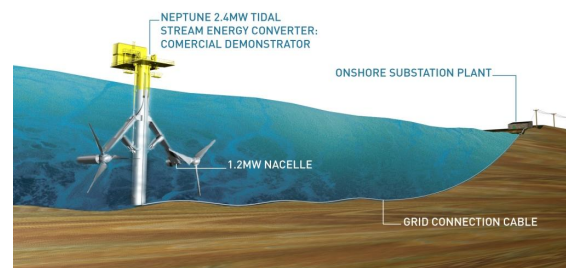
Afbeelding 2.1. Seagen stromingsturbine

Neptune tidal stream device

Ontwikkeld door Aquamarine Power uit Schotland en vergelijkbaar met de Seagen.



De verwachting is dat in 2009 een test met een prototype op ware grootte zal starten in het European Marine Energy Centre in Orkney, Schotland



### Afbeelding 2.2. Neptune tidal stream device

## Wave Rotor (Ecofys)

De Wave rotor heeft twee typen rotoren gecombineerd op één enkele aandrijfjas. Hierdoor is het mogelijk zowel energie uit stroming als energie uit de op- en neergaande beweging van golven te benutten. In de Westerschelde bij Borssele is een proef hiermee gestart. De proefinstallatie kostte 280 duizend euro en zal maximaal 30 kilowatt aan het net leveren.

### 2.1.2 Hoogte verschil

Puur gebruik maken van het hoogteverschil dat bestaat tussen hoogwater en laagwater kan door tijdens vloed (de periode tussen laag water en hoog water), het stijgende water op te vangen in een stuwmeer, en dit vervolgens bij laagwater terug te laten stromen waarbij turbines worden aangedreven. Deze methode is volledig vergelijkbaar met elektriciteitsproductie bij stuwmeren in de bergen, alleen de aanvoer van het water verschilt.

Een voorbeeld van deze vorm van getijdenenergie, een getijdenstuwmeer, is te vinden bij Saint Malo in Bretagne, Frankrijk. In de monding van de rivier de Rance is een dam gebouwd. Het hoogteverschil tussen eb en vloed varieert hier, afhankelijk van de stand van de maan, tussen de 8 en 13 meter.



### Afbeelding 2.3. Getijdenstuw Bretagne

Al sinds 1966 levert deze centrale met succes elektriciteit aan het Franse net.

## Voor- en nadelen van getijdenenergie

De voorspelbaarheid van eb en vloed is groot. Zowel de momenten van hoog- en laagwater als ook de waterhoogte op die momenten zijn nauwkeurig van tevoren te bepalen. Alleen weersomstandigheden kunnen nog voor afwijkingen zorgen in de waterstand maar ook daar kunnen over een termijn van enkele dagen nauwkeurige verwachtingen van worden gemaakt. Over het algemeen is dus vrij goed te bepalen welke periodes het stuwmeer gevuld zal worden, en dus geen elektriciteitsproductie plaatsvindt, en in welke periode wel elektriciteit wordt geproduceerd en in welke mate.

Een nadeel is dat er maar weinig plekken op aarde zijn waar rendabele elektriciteitsproductie mogelijk is. Het hoogteverschil tussen hoog- en laag water moet voldoende groot zijn, en door getijden veroorzaakte stroming moet voldoende sterk zijn.

## 2.2 GOLFENERGIE

Golfenergie is energie die wordt gewonnen door gebruik te maken van de op en neergaande beweging van water als gevolg van golfslag. Golfslagenergie kan worden gewonnen, zowel aan de kust als op open zee. In de loop der jaren zijn

|                                  |    |   |  |  |   |  |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----------------------------------|----|---|--|--|---|--|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wavebob Ltd.                     | IE | 2 |  |  |   |  |   |  |   |   | 1 |   |   |   |   | 1 |
| Boccotti Paolo                   | IT | 2 |  |  |   |  |   |  | 1 |   |   | 1 |   |   |   |   |
| Hadano Kesayoshi                 | JP | 2 |  |  | 1 |  |   |  |   | 1 |   |   |   |   |   |   |
| Uni Yamaguchi                    | JP | 2 |  |  |   |  |   |  |   |   |   |   |   | 2 |   |   |
| Sam An Corp.                     | KR | 2 |  |  |   |  |   |  |   |   |   |   |   |   | 2 |   |
| Craft Services AS                | NO | 2 |  |  |   |  |   |  |   |   |   |   |   |   | 1 | 1 |
| Miljoe Produkter AS              | NO | 2 |  |  |   |  |   |  |   |   | 1 |   |   |   |   | 1 |
| Wave Energy AS                   | NO | 2 |  |  |   |  |   |  |   |   | 1 |   | 1 |   |   |   |
| Dragic Mile                      | RS | 2 |  |  |   |  |   |  |   |   |   |   |   |   |   | 2 |
| Sjoestroem Bengt Olov            | SE | 2 |  |  |   |  | 2 |  |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Atlantis Resources Corp Pte Ltd. | SG | 2 |  |  |   |  |   |  |   |   |   |   |   | 1 |   | 1 |
| Madatov Artem Valerievich        | UA | 2 |  |  |   |  |   |  |   |   |   | 1 |   |   | 1 |   |
| Dempster Harry Edward            | US | 2 |  |  |   |  |   |  |   |   |   | 1 |   | 1 |   |   |
| Humdinger Wind Energy Llc        | US | 2 |  |  |   |  |   |  |   |   |   |   |   |   |   | 2 |
| Ocean Energy Systems Llc         | US | 2 |  |  |   |  |   |  |   |   |   |   |   | 1 |   | 1 |
| Power Estimate Company           | US | 2 |  |  |   |  |   |  |   |   |   | 2 |   |   |   |   |
| Stanford Res Inst Int            | US | 2 |  |  |   |  |   |  |   |   |   |   |   |   | 2 |   |
| U S Myriad Technologies          | US | 2 |  |  |   |  |   |  |   | 2 |   |   |   |   |   |   |
| Vauthier Philippe                | US | 2 |  |  |   |  |   |  |   | 1 | 1 |   |   |   |   |   |
| Wienand Henry Lemont             | ZA | 2 |  |  |   |  |   |  |   | 1 |   |   | 1 |   |   |   |

[illegible]

Bijlage 1. Overzicht octrooiaanvragers

| Golfenergie                    | Land   | Totaal | '90 | '91 | '92 | '93 | '94 | '95 | '96 | '97 | '98 | '99 | '00 | '01 | '02 | '03 | '04 | '05 | '06 | '07 |
|--------------------------------|--------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Ocean Power Technologies Inc.  | US     | 17     |     |     |     |     |     | 3   |     |     |     |     | 1   | 2   | 1   |     | 4   | 1   | 5   |     |
| Swedish Seabased Energy AB     | SE     | 10     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 4   | 4   |     |     | 1   | 1   |
| Seapower Pacific Pty Ltd.      | AU     | 9      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   | 1   |     | 1   | 2   | 1   | 3   |
| Applied Res & Technology Ltd.  | GB     | 7      |     | 2   | 1   |     |     |     | 2   | 1   |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |
| Wave Star Energy APS           | DK     | 4      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     | 1   |     | 2   |     |     |
| Waveplane International AS     | DK     | 4      |     |     |     |     |     |     |     |     | 4   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Fobox AS                       | NO     | 4      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2   |     |     | 2   |     |
| Ottersen Hans Olav             | NO     | 4      |     |     |     |     | 1   |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     | 1   |     | 1   |     |
| Doleh Rany Zakaria             | AE     | 3      |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     | 1   |     |     |     | 1   |     |     |     |
| Doleh Zakaria Khalil           | AE     | 3      |     |     |     |     |     |     |     | 2   |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     |     |
| Lock John Douglas              | AE     | 3      |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     | 1   |     |     |     | 1   |     |     |     |
| Aw Energy OY                   | FI     | 3      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     | 1   |     |     | 1   |     |
| Finn Escone OY                 | FI     | 3      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2   | 1   |     |
| Trident Energy Ltd.            | GB     | 3      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     | 2   |     |     |
| Wave Ltd. C.                   | GB     | 3      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     | 1   |     | 1   |
| Berg A.P.Van Den Beheer BV     | NL     | 3      |     |     |     |     |     | 2   | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Ips Interproject Service ABb   | SE     | 3      |     |     |     |     |     |     | 3   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Independent Natural Resources  | US     | 3      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2   |     | 1   |     |     |     |
| Energetech Australia Pty Ltd.  | AU     | 2      |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     |
| Toprun Ip Australia Pty Ltd.   | AU     | 2      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2   |
| Sieber Joseph D.               | CA     | 2      |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     |
| Lei Shengqing                  | CN     | 2      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     | 1   |     |     |     |
| Bosch Gmbh Robert              | DE     | 2      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2   |
| Otte Erhard                    | DE     | 2      |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |
| Voith Patent Gmbh              | DE     | 2      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   | 1   |
| Skaarup Erik                   | DK     | 2      |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     |
| Arlas Invest SL                | ES     | 2      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     | 1   |     |     |     |     |
| Jauregui Garmendia Ignacio     | ES     | 2      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2   |     |
| Nova Vidal Maria Elena         | ES     | 2      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2   |     |     |
| Pipo Systems SL                | ES     | 2      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     | 1   |     |
| Oitsu OY                       | FI     | 2      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2   |     |     |
| Farley Francis James Macdonald | FR, GB | 2      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     |     | 1   |     |
| Aquamarine Power Ltd.          | GB     | 2      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     | 1   |
| Embley Energy Ltd.             | GB     | 2      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   | 1   |     |     |     |
| Iti Scotland Ltd.              | GB     | 2      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2   |     |
| Kelly H.P.G.                   | GB     | 2      |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2   |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Uni Manchester                 | GB     | 2      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     | 1   |     |     |
| Y T Entpr Ltd.                 | GB     | 2      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     | 1   |     |     |     |
| Youlton Rodney Graham          | GB     | 2      |     |     |     |     | 1   |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Hatzilakos Constantinos A.     | GR     | 2      |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |
|                                | Land   | Totaal | '90 | '91 | '92 | '93 | '94 | '95 | '96 | '97 | '98 | '99 | '00 | '01 | '02 | '03 | '04 | '05 | '06 | '07 |
| Kingston William               | IE     | 2      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2   |     |

vele technieken hiervoor ontwikkeld. De meest succesvolle technieken worden aan de hand van voorbeelden in het kort beschreven.

2.2.1 Lineaire generator

Hier wordt de verticale beweging van de golfslag rechtstreeks omgezet in elektriciteit. Een aan de bodem verankerde boei bestaat uit twee ten opzichte van elkaar bewegende delen. Het drijvende deel van de boei beweegt op en neer als gevolg van de golfslag. Het andere deel van de boei is bevestigd aan de zeebodem en blijft op z'n plaats. Door het ene deel te voorzien van een magneet en het andere deel van een spoel vindt inductie plaats, en dus opwekking van elektriciteit.

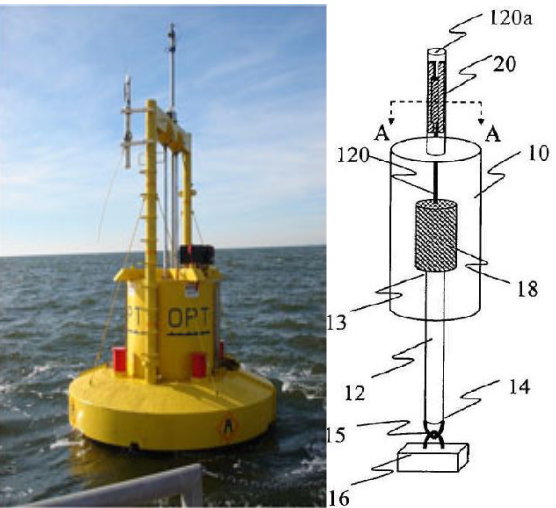
Enkele voorbeelden van dit type :

Powerbuoy

De Powerbuoy is ontwikkeld door Ocean Power Technologies (OPT). OPT is opgericht in Delaware, USA in 1994 met als doel technologie te ontwikkelen om energie uit de oceanen te kunnen exploiteren. De powerbuoy is een boei bestaande uit twee in elkaar vallende cilinders. Het ene deel blijft op z'n plaats (vast aan de bodem), het ander beweegt op en neer, door de golfslag. Proefinstallaties van de Powerbuoy zijn ingericht op drie plaatsen :

1. Atlantic City, New Jersey. Hier is in 2005 een proef gestart om de duurzaamheid van de installatie te testen.
2. Oahu, Hawaii. In 2004 , 2005 en 2007 zijn in Oahu tests uitgevoerd waarbij de nadruk lag op belasting van het milieu.
3. Santoña, (Noord)Spanje. Hier is een proefinstallatie in ontwikkeling, ongeveer 3 km uit de kust.

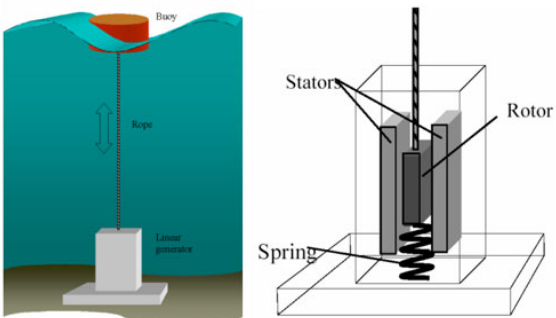
Afbeelding 2.4 toont een foto van de powerbuoy en een afbeelding uit één van de octrooiaanvragen, in dit geval US2006208839



Afbeelding 2.4. Powerbuoy

Seabased AB

Seabased Energy AB uit Zweden heeft dezelfde methode toegepast, maar hier is de volledige constructie op de zeebodem geplaatst, waarbij het bewegende deel door middel van een kabel is bevestigd aan een drijver op het wateroppervlak.



Afbeelding 2.5. Principe van Seabased AB

Archimedes wave swing

De Archimedes Wave Swing werkt niet met drijvers op het wateroppervlak, maar maakt gebruik van de wisselende waterdruk die als gevolg van deining onder de zeewaterspiegel voorkomt. De waterdruk wordt bepaald door de hoogte van de waterkolom tussen het betreffende meetpunt en de zeewater-spiegel. Door de natuurlijk aanwezige deining varieert de waterdruk op dit meetpunt periodiek. De wave swing zet deze wisselende waterdruk om in een op- en neergaande beweging.

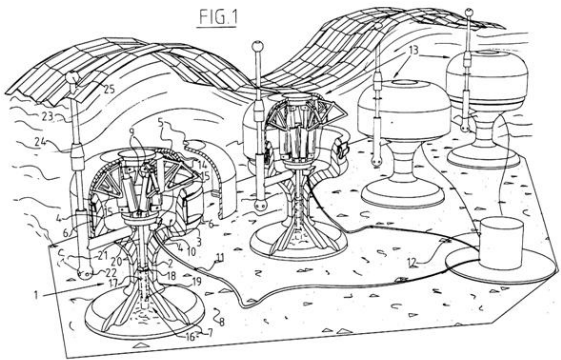


Dit is mogelijk door een hoeveelheid lucht die gevangen zit onder een soort paddestoelhoed, drijvend op ongeveer 20 meter onder de zeewaterspiegel. Het volume van die luchtbel bepaalt de verplaatste hoeveelheid zeewater en daarmee de opwaartse kracht op de drijver. De wisselende waterdruk veroorzaakt een wisselend volume van de luchtbel en hiermee een periodiek wisselende opwaartse kracht op de drijver. De hierdoor optredende op- en neergaande beweging van de drijver zorgt weer voor genereren van elektriciteit door inductie.



Afbeelding 2.6. Archimedes wave swing

De Archimedes wave swing is bedacht in Nederland door onderzoeksbureau “Teamwork Techniek” in Purmerend.



Afbeelding 2.7. Tekening uit octrooiaanvraag (NL1006933) Archimedes wave swing

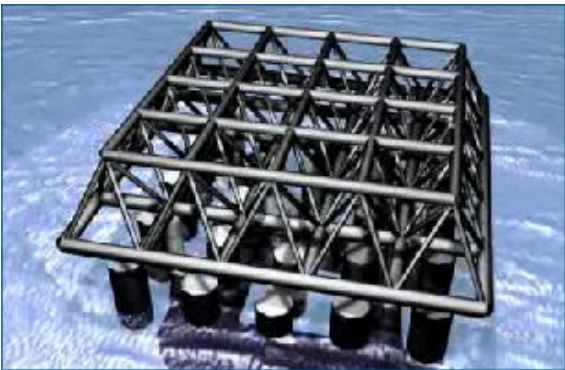
2.2.2 Rotatie generator

Bij dit type generator is het niet een op en neergaande rotor binnen een spoel, maar een draaiende rotor die op z'n plaats blijft binnen een spoel, die inductie veroorzaakt.

Dit betekent dat voor toepassen bij golfslagenergie, de op en neergaande beweging op de een of andere manier moet worden omgezet in een draaiende. Dit kan door rechtstreekse overbrenging van de op en neergaande beweging van golven op een draaiende as. Ook kan gebruik worden gemaakt van hydraulische pompen waarmee water onder druk een turbine aandrijft. Of door lucht samen te persen waarmee een turbine wordt aangedreven, het principe van de Oscillating Water Column (OWC). Enkele praktijkvoorbeelden van de directe overbrenging en van hydraulische pompen geven verdere toelichting. De techniek van OWC wordt daarna verder verklaard.

Manchester Bobber

De “Manchester bobber” (Afbeelding. 2.8) bestaat uit een buizenframe dat zich ruim boven het zeeoppervlak bevindt, maar op poten verankerd is aan de zeebodem (vergelijkbaar met een boorplatform). Aan dit frame hangt een veelvoud van drijvers. Elke drijver hangt aan een katrol. Bij het op en neer bewegen van de drijver met de golfslag zal de katrol de kabel waaraan de drijver hangt oprollen en weer afrollen, ondersteund door een contragewicht.



Afbeelding 2.8. Manchester bobber

De as waaraan de katrol zit bevestigd drijft via een koppelingsmechanisme een vliegwiel aan, waardoor vervolgens vrij constante elektriciteitsopwekking kan plaatsvinden door aandrijving van een generator.

4. Conclusies

In het midden gelaten of het de beschikbaarheid en stijgende prijzen van fossiele brandstoffen zijn, of dat “global warming” en andere milieuaspecten de belangrijkste aanjager zijn, de jacht op nieuwe duurzame energiebronnen heeft de laatste decennia een enorme vlucht genomen. Naast wind- en zonne-energie is dit zeker het geval voor de energie die uit zeeën en oceanen kan worden gewonnen. De stijging van het aantal octrooiaanvragen op dit gebied bevestigen dit beeld, deels ondersteund door in gebruik zijnde (test)installaties. Hieronder zijn de belangrijkste conclusies weergegeven van het onderzoek hiernaar.

Golf- en getijdenenergie

- Het aantal octrooiaanvragen per jaar op het gebied van golf- en getijdenenergie is in de periode 1990 tot 2007 meer dan vertienvoudigd.
- De VS en het Verenigd Koninkrijk zijn het meest actief op het gebied van octrooiaanvragen, op enige afstand gevolgd door Noorwegen en Australië.

- Nederland speelt een zeer bescheiden rol met slechts 7 aanvragen over de gehele periode, en daarmee een 20<sup>ste</sup> positie op de ranglijst.
- In verhouding tot het aantal internationale aanvragen worden in enkele landen vrij veel nationale aanvragen ingediend. Dit zijn ook de landen met een gunstige geografische ligging voor de toepassing van golf- of getijdenenergie.

Ocean Thermal Energy Converters (OTEC)

- Het aantal aanvragen met betrekking tot OTEC-installaties is laag en over de gehele periode vrij constant gebleven. Een opleving lijkt in 2006 te zijn ingezet.
- OTEC blijft hierdoor niet alleen achter op golf- en getijdenenergie, maar ook op de ontwikkeling van octrooiaanvragen over alle technologiegebieden. Dat aantal is van 1990 tot 2007 verdriedvoudigd.
- Nederland speelt op het gebied van OTEC geen rol.

- OTEC is al een oude techniek, in de negentiende eeuw ontwikkeld. Voor golf- en getijdenenergie is een verzameling van verschillende technieken beschikbaar, waarvan de ontwikkeling nog in een vroeg stadium verkeert.
- OTEC is weinig efficiënt. De theoretische maximale efficiëntie ligt tussen zes en zeven procent. Dit komt doordat het proces van energiewinning zelf veel energie kost. Een groot deel van de opgewekte energie gaat verloren aan het oppompen van koud diepzeewater.
- OTEC is wereldwijd maar beperkt toepasbaar. Alleen tropische oceanen zijn geschikt. Met name golfenergie is wereldwijd toepasbaar.

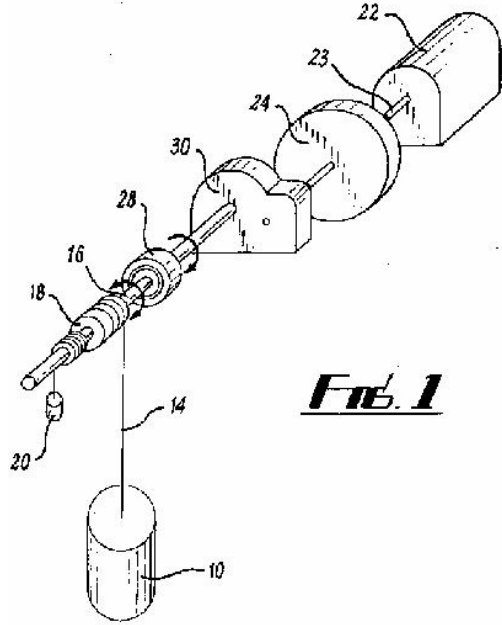
Nederland

Nederland speelt nauwelijks een rol op het gebied van OTEC. Slechts twee aanvragen zijn in Nederland ingediend, beiden halverwege de jaren negentig, en door een Amerikaanse aanvrager “OTEC Developments”. De

hierop verleende octrooien zijn slecht enkele jaren van kracht geweest. Vanuit Nederland zijn voor twee vindingen, betreffende OTEC octrooiaanvragen elders ingediend. Door Shell International Research zijn voor één vinding aanvragen ingediend in Australië, China, Noorwegen, Rusland en de WIPO. Door Schlumberger Technology dat één van zijn hoofdkantoren in Nederland heeft gevestigd, zijn aanvragen ingediend voor één vinding in Australië, Groot Brittanië, Noorwegen en de Verenigde Staten.

Aanvragers

In totaal 70 aanvragers zijn verantwoordelijk voor alle aanvragen die in de onderzochte periode zijn ingediend. De grootste aanvrager is “OTEC Developments” uit de Verenigde Staten, die in korte tijd 6 aanvragen heeft ingediend (periode 1993 – 1995). Verdere gegevens van dit bedrijf ontbreken.



Afbeelding 2.9. Manchester Bobber volgens octroöpublicatie EP1685326

Belangrijke voordelen van de Manchester bobber is dat alle drijvers onafhankelijk van elkaar elektriciteit genereren. Daarnaast bevinden alle technische onderdelen zich boven het water. De Manchester bobber is begin 2004 bedacht door Peter Stansby, hoogleraar hydrodynamica aan de universiteit van Manchester en daar verder ontwikkeld. Inmiddels zijn tests met modellen op een schaal van 1:100 en van 1:10 met succes afgerond.

AquaBuOY

De aquabuoy (Afbeelding 2.10) genereert elektriciteit door hydraulische pompen. De op en neer gaande beweging van het drijvende deel van een boei ten opzichte van het aan de bodem verankerde deel wordt gebruikt om water onder druk te brengen. Hiermee kan vervolgens een turbine worden aangedreven, die vervolgens een generator aandrijft waarbij elektriciteit wordt opgewekt. De AquaBuOY wordt ontwikkeld door de Canadese firma Finavera renewables, dat zich naast golfenergie ook bezighoudt met de toepassing van windenergie.



Afbeelding 2.10. AquaBuOY

Pelamis

Een ander voorbeeld van elektriciteit opwekken door middel van hydraulische technieken is de Pelamis Wave Energy Converter. De Pelamis is ontwikkeld door Ocean Power Delivery Ltd., vanaf 2007 bekend onder de naam “Pelamis Wave Power”. Dit bedrijf is opgericht in 1998 in Schotland met als doel het ontwikkelen van de Pelamis. Er werken nu ruim 70 mensen in het bedrijf. Op 30 maart 2000 is een PCT-aanvraag gepubliceerd, waarin de vinding wordt beschreven. PCT-nummer WO0017519.

De Pelamis (genoemd naar een tropische zeeslang) is een in open zee drijvende slangvormige constructie van 150 m. lang, die bestaat uit 4 door scharnieren met elkaar verbonden stalen buizen met een diameter van 3,5 m. De golven die onder de buizen doorlopen laten de scharnieren bewegen en daarmee de hydraulische pompen in die scharnieren, waardoor elektriciteit kan worden opgewekt. Meerdere van deze slangen kunnen aan elkaar worden gekoppeld. De gezamenlijk opgewekte elektriciteit kan via één kabel over de zeebodem naar het land worden getransporteerd.

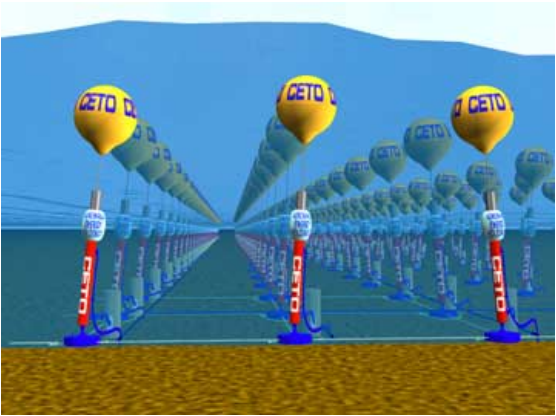


Afbeelding 2.11. Pelamis wave energy converter

Op 23 september 2008 is de eerste commerciële golfslagcentrale ter wereld, bestaande uit 3 pelamis-slangen, officieel in gebruik genomen. De locatie is Aguçadoura, Portugal. De installatie levert 2,25 MW die rechtstreeks wordt geleverd aan het landelijk elektriciteitsnet van Portugal. De volgende stap in het project is uitbreiden van de centrale met nog eens 25 “slangen”, waarmee een capaciteit van 21 MW wordt gehaald.

CETO

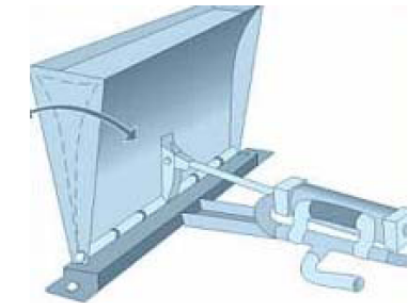
Door het Australische bedrijf Seapower Pacific is een techniek ontwikkeld waarbij door golfslag hydraulische pompen worden aangedreven. De ontwikkelde techniek kreeg de naam CETO, en dat staat voor *Cylindrical Energy Transfer Oscillating*. Een drijvende boei is verbonden met een aan de zeebodem verankerde pomp. De door golfslag veroorzaakte op- en neergaande beweging van de boei zorgt ervoor dat de pomp zeewater onder druk door een leiding naar het land kan persen. Hier kan dit water een normale turbine in beweging zetten waardoor elektriciteit kan worden gegenereerd. Het bijzondere van CETO is dat het water tevens wordt gebruikt om door middel van omgekeerde osmose zoet water te produceren. Voor de kust van West Australië wordt de installatie getest. Verwacht wordt dat binnen niet al te lange tijd deze methode op commerciële basis elektriciteit aan het net gaat leveren. In octrooipublicatie EP1945938, op naam van Seapower Pacific, wordt de uitvinding beschreven.



Afbeelding 2.12. CETO

Wave Roller

Het Finse bedrijf AW Energy bedacht de wave roller (zie Afbeelding 2.13 en 2.14). Het overbrengen van energie is vergelijkbaar met de CETO unit. Er wordt gebruik gemaakt van hydraulische pompen om water onder druk te brengen. Alleen de manier van in beweging zetten van de pompen is in beide systemen verschillend. Bij de wave roller wordt gebruik gemaakt van grote panelen die bevestigd zijn op de zeebodem en heen en weer bewegen met de stroming die op de zeebodem ontstaat door golfslag. Nog voor de eeuwwisseling vond al de eerste test plaats in de Finse golf. In 2008 is de nieuwste versie, de wave roller #2, geplaatst op de zeebodem bij Peniche in Portugal.



Afbeelding 2.13. Wave roller

3.2 OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION

Inleiding

Ocean Thermal Energy Conversion afgekort OTEC, is een methode om door middel van warm en koud zeewater een koelmiddel in een gesloten systeem te laten verdampen en weer te laten condenseren, waarbij het koelmiddel in gasvorm een turbine aandrijft waardoor elektriciteit kan worden opgewekt.

Het onderzoek

Octrooipublicaties van OTEC-systemen kunnen in de IPC-classificatie worden teruggevonden in de klasse F03G7/05. Op deze klasse zijn de tellingen gebaseerd.

Aantal aanvragen

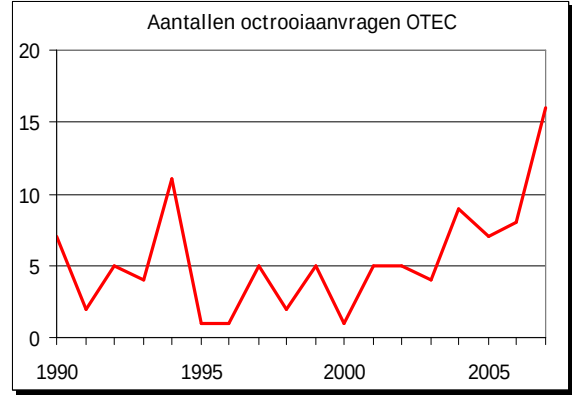
In de periode 1990 t/m 2007 zijn wereldwijd 151 octrooiaanvragen ingediend bij 18 verschillende instanties. In de Verenigde Staten zijn de meeste aanvragen ingediend (32), in Japan 24 (zie tabel 3-3). In Nederland zijn twee aanvragen ingediend voor OTEC-systemen.

Die 151 octrooiaanvragen betreffen 98 unieke vindingen. Voor 22 unieke vindingen is een internationale aanvraag ingediend bij het WIPO of het EOB. Voor de overigen zijn alleen nationale aanvragen ingediend. **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** laat zien dat over de periode 1990 tot 2007 niet van een duidelijke groei sprake is, al lijkt in de laatste paar jaar een stijgende lijn waarneembaar. De aantallen blijven echter klein. Het aantal internationaal ingediende aanvragen betreffende OTEC stelt helemaal weinig voor, gemiddeld over de onderzochte periode slechts één per jaar. Duidelijk is dat de OTEC-methode vanaf 1990 sterk achterblijft bij golf- en getijdenenergie (zie figuur 3-21).

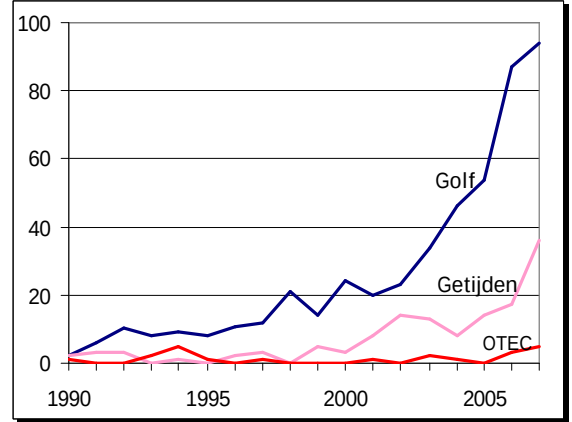
| Land             | Aantal | Land        | Aantal |
|------------------|--------|-------------|--------|
| Verenigde Staten | 32     | Brazilië    | 4      |
| Japan            | 24     | Noorwegen   | 4      |
| WIPO             | 19     | Canada      | 3      |
| China            | 18     | Frankrijk   | 2      |
| Australië        | 11     | Korea       | 2      |
| Duitsland        | 8      | Nederland   | 2      |
| Groot Brittanië  | 7      | Finland     | 1      |
| EOB              | 6      | Griekenland | 1      |
| Rusland          | 6      | Tsjechië    | 1      |

Tabel 3-3. aanvragen per octrooi-instantie

Figuur 3-20. octrooiaanvragen OTEC per jaar (Internationale en nationale aanvragen)



Figuur 3-21. OTEC vergeleken met golf-getijden (Internationale aanvragen, WIPO + EOB)

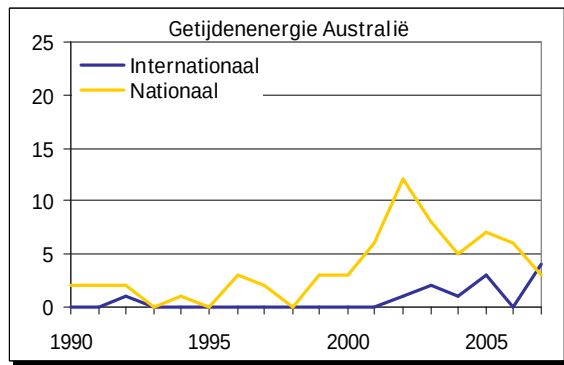


Hier kunnen een aantal oorzaken een rol bij spelen :

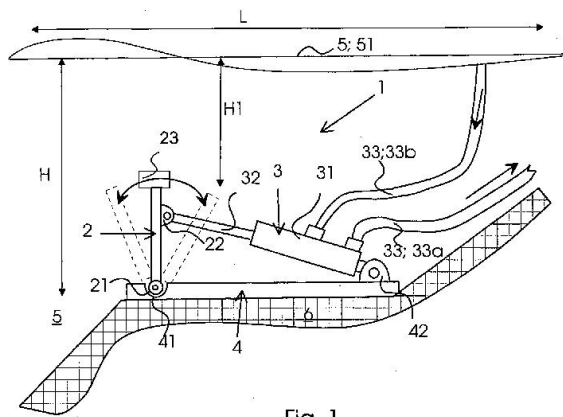
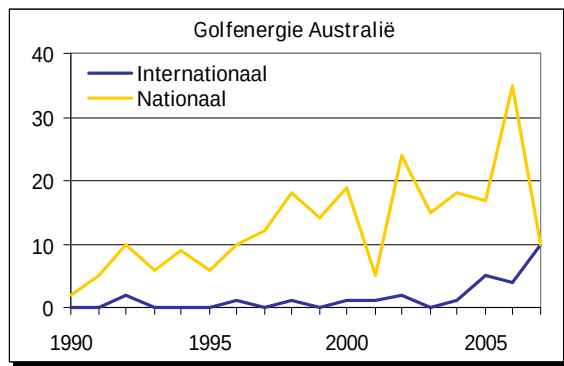


Australië laat voor wat betreft nationale aanvragen een geleidelijke stijging zien op zowel golfenergie als getijdenenergie (Figuur 3-18 en -19). Internationaal is alleen de laatste paar jaar een lichte stijging te zien al gaat het dan nog steeds om enkele aanvragen per jaar. Aangezien de bron van de gegevens te weinig informatie geeft over de herkomst van octrooiaanvragers in Australië is voor dit land geen onderverdeling gemaakt in binnenlandse en buitenlandse aanvragers.

Figuur 3-18. Getijdenenergie Australië



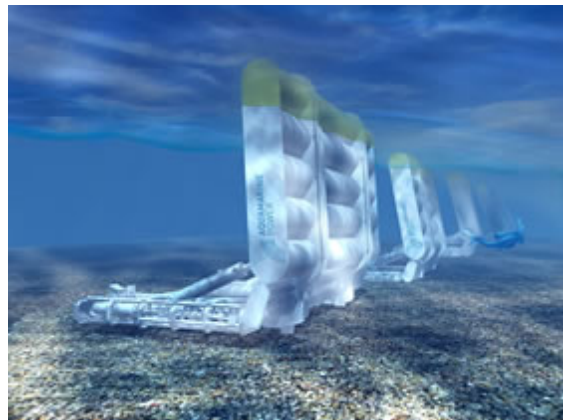
Figuur 3-19. Golfenergie Australië



Afbeelding 2.14. Tekening uit Octrooipublicatie WO03036081

Oyster wave power system

Ontwikkeld door Aquamarine power uit Schotland. De werking is vergelijkbaar met de waveroller. In 2009 zal een test met een prototype op ware grootte starten in het European Marine Energy Centre in Orkney, Schotland.



Afbeelding 2.15. Oyster van Aquamarine power

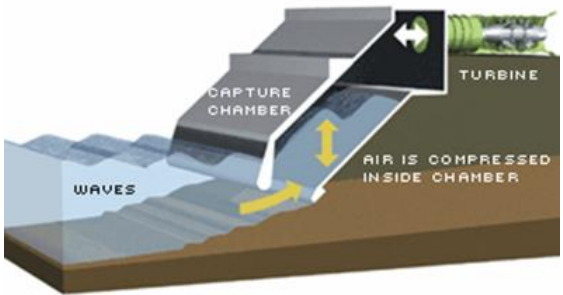
2.2.3 OWC

OWC, Oscillating Water Column, is een aparte techniek waarmee golfenergie kan worden omgezet in elektriciteit. Een constructie deels onder water, deels daarboven, heeft onderwater een open verbinding met de zee, en vormt boven water een gesloten luchtkamer. De lucht hierin wordt door middel van door golfslag stijgend water samengeperst.

Die samengeperste lucht kan door een opening vanuit de luchtkamer ontsnappen waarbij een turbine wordt aangedreven. Wanneer het waterniveau weer zakt wordt door dezelfde opening in de luchtkamer weer lucht aangezogen waardoor opnieuw de turbine in beweging wordt gebracht. De specifieke eigenschappen van de Wells-turbine die hiervoor wordt gebruikt, zorgen ervoor dat beide luchtstromen omgezet kunnen worden in een draaiende beweging van de turbine waarmee een generator kan worden aangedreven. Deze methode kan worden toegepast aan de kust, maar ook als drijvende installatie op open zee. De Japanse Professor Yoshio Masuda was de bedenker van dit principe om nuttig gebruik te maken van golfenergie, getuige de publicatie van een octrooiaanvraag in 1967. (CA761551). Vanaf de jaren veertig experimenteerde Masuda al met golfenergie.

OWC installaties

De Limpet 500 is een voorbeeld van een OWC installatie aan de kust. In november 2000 is deze op het eiland Islay in Schotland in gebruik genomen. De natuurlijke inhammen in de rotskust zorgen hier voor extra opstuwing van golven. De werking wordt gevisualiseerd in Afbeelding 2.16.



Afbeelding 2.16. toepassing van de Wells turbine

De Limpet 500 is ontwikkeld door Wavegen in Inverness in Schotland en heeft een capaciteit van 500 KWh. Limpet, overigens ook de Engelse naam van een schelpenfamilie, staat voor Land Installed Marine Powered Energy Transformer. Afbeelding 2.17 toont hiervan een foto.





Afbeelding 2.17. Limpet 500 in Schotland

De Limpet was niet de eerste OWC-installatie aan land. In 1985 werd op het eiland Toftestallen ten noorden van Bergen in Noorwegen een OWC installatie in gebruik genomen. En verder werd in de jaren tachtig in Japan en daarna ook in India en China en op de Azoren geëxperimenteerd met OWC-installaties aan de kust.



Afbeelding 2.18 OWC-installatie in Noorwegen

Naast de vaste OWC-installaties die tegen de kust zijn aangebouwd, zijn er ook drijvende OWC-installaties ontwikkeld. De Ocean Energy Buoy (OE Buoy) van Ocean Energy Ltd. en de Oceanlinx Wave Energy Converter van Oceanlinx zijn voorbeelden van drijvende OWC-installaties.

De **OE Buoy** is ontwikkeld door Ocean Energy Ltd. in Ierland. In 2006 zijn tests uitgevoerd in de Galway

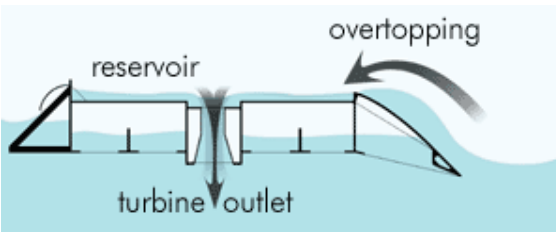
Bay aan de westkust van Ierland. Het Ierse nationale bureau voor onderzoek van de zee (Marine Institute) heeft hier een testlocatie ingericht, waar meerdere wave energy converters getest worden.



Afbeelding 2.19 Ocean Energy Buoy

2.2.4 Overtopping

Overtopping is een methode om een reservoir waarvan de bodem zich boven het zeeniveau bevindt te laten vol lopen met water door gebruik te maken van hoogteverschillen in het wateroppervlak als gevolg van golfslag. De stroming van water die wordt veroorzaakt door een golf wordt versneld, en de golf zelf wordt verhoogd doordat het water over een taps toelopende iets stijgende goot wordt geleid die uitmondt in het reservoir. Vanuit het reservoir loopt het water vervolgens weer terug in zee, daarbij een turbine aandrijvend. Een dergelijk reservoir, ook wel “tapchan” genoemd, kan drijvend op open zee worden toegepast, maar ook direct aan zee op het land worden gebouwd. Afbeelding 2.20 toont schematisch het principe van overtopping.

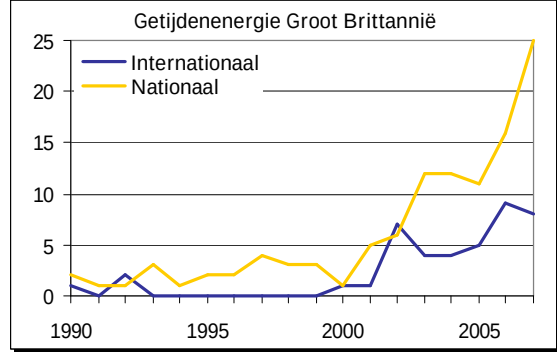


Afbeelding 2.20. Principe van overtopping

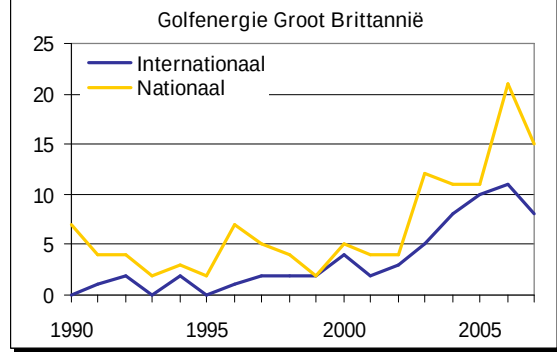
Groot Brittannië

Groot Brittannië maakt vanaf 2000 een sterke groei door, zowel voor golf- als voor getijdenenergie. In tegenstelling tot andere landen is getijdenenergie hier zelfs belangrijker geworden dan golfenergie. Dit geldt voor zowel nationale als internationale aanvragen. (zie figuur 3-12 en -13). Nationale aanvragen zijn voor het grootste gedeelte afkomstig uit Groot Brittannië, al zijn vanaf 2005 vrij veel aanvragen vanuit het buitenland gekomen. Zie Figuur 3-14.

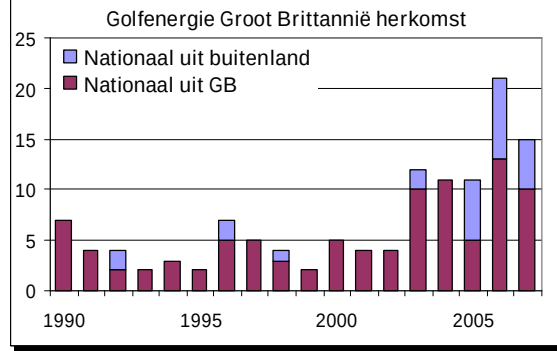
Figuur 3-12. Getijdenenergie Groot Brittannië



Figuur 3-13. Golfenergie Groot Brittannië



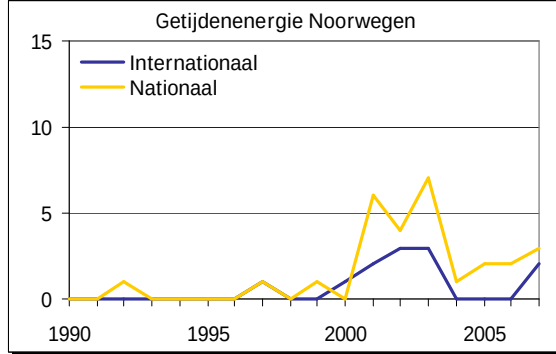
Figuur 3-14. Herkomst nationale aanvragen GB



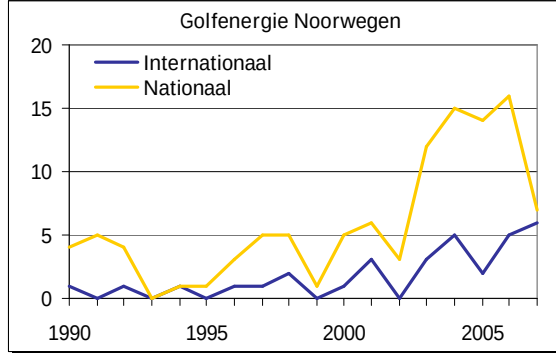
Noorwegen

Noorwegen laat een stijging zien van nationale aanvragen vanaf 2001 voor getijdenenergie en twee jaar later voor golfenergie (Figuur 3-15 en Figuur 3-16). Ongeveer de helft van de nationale aanvragen zijn gedaan door Noorse bedrijven, de rest komt uit het buitenland (Figuur 3-17).

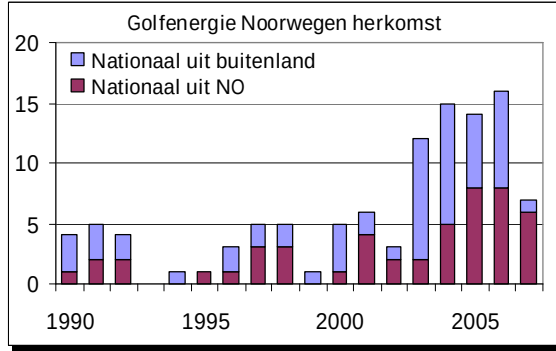
Figuur 3-15. Getijdenenergie Noorwegen



Figuur 3-16. Golfenergie Noorwegen

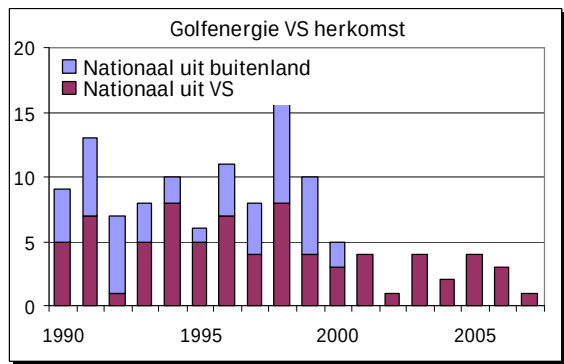


Figuur 3-17. Herkomst nationale aanvragen in Noorwegen voor golfenergie



Australië

Figuur 3-8. Herkomst van nationale aanvragen in de VS voor golfenergie

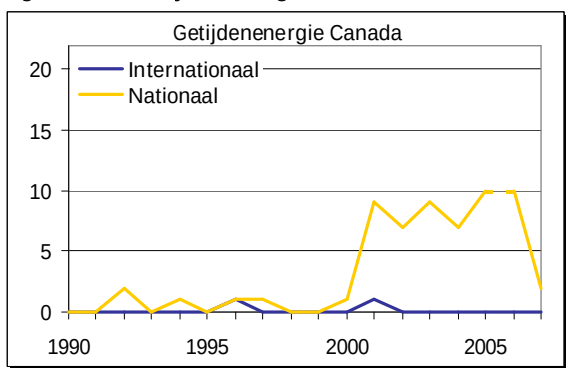


Canada

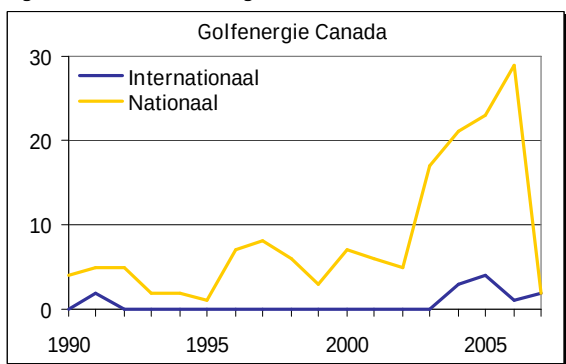
In tegenstelling tot de Verenigde Staten maakt Canada juist voor wat betreft nationale aanvragen een enorme groei door. Figuur 3-9 toont dat in getijdenenergie in 2001 een plotselinge groei is te zien, van slechts een enkele aanvraag per jaar in de jaren negentig tot gemiddeld acht per jaar vanaf 2001. Internationale aanvragen ingediend vanuit Canada valt echter te verwaarlozen.

Voor golfenergie geldt eveneens een plotseling sterke groei van het aantal nationale aanvragen, in dit geval vanaf 2003 (zie figuur 3-10). Ook voor golfenergie geldt dat het aantal internationale aanvragen vanuit Canada verwaarloosbaar klein is. Figuur 3-11 laat zien dat het grootste deel van de nationale aanvragen voor golfenergie afkomstig is van buiten Canada. In totaal zijn slechts 32 van de 153 aanvragen met betrekking tot golfenergie ingediend door Canadese bedrijven. Kennelijk wordt Canada een aantrekkelijk land gevonden voor de toepassing van golf- en getijdenenergie, maar zijn het voornamelijk buitenlandse bedrijven die hier gebruik van maken.

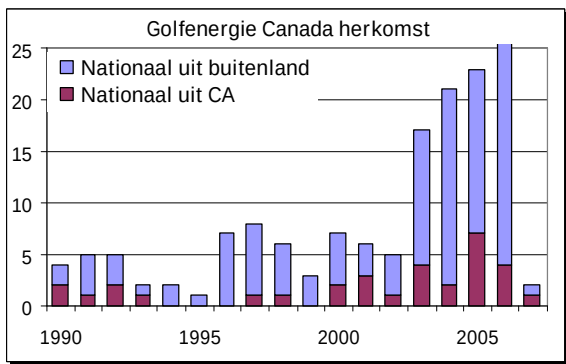
Figuur 3-9. Getijdenenergie Canada



Figuur 3-10. Golfenergie Canada



Figuur 3-11. Herkomst van nationale aanvragen in Canada voor golfenergie



In Noorwegen is in de jaren tachtig een installatie gebouwd op een plek waar rotsen al een natuurlijke taps toelopende ingang vormen voor een daar achter gelegen reservoir dat kunstmatig is afgedamd. De locatie, Toftestallen in de buurt van Bergen aan de Noorse westkust, is dezelfde als waar ook in de jaren tachtig een OWC-installatie is gebouwd. Op Afbeelding 2.21 zijn beiden op 1 foto te zien.



Afbeelding 2.21. Tapchan en OWC in Toftestallen

Wave dragon

Een voorbeeld van overtopping op open zee is de wave dragon. De uitvinder hiervan is de Deen Erik Friis-Madsen die al in 1986 op het idee kwam. In de zee bij Denemarken zijn tests momenteel nog aan de gang. In Portugal loopt een project om een wave-farm op zee te ontwikkelen met een capaciteit van 50 MW. Afbeelding 2.22 toont een prototype van de wave dragon.



Afbeelding 2.22. Prototype van de Wave Dragon

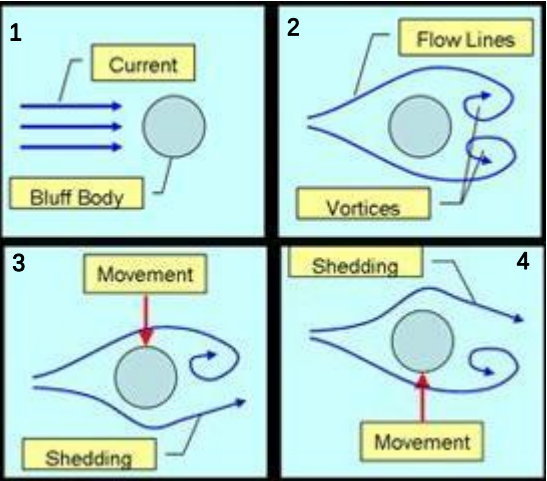
2.3 STROMING

Energiewinning uit stromend water is al aan de orde gekomen voor zover die stroming een gevolg is van getijdenwerking of van golfslag. Maar ook andere zeestroming kan mogelijk van nut zijn als energiebron.

Al lange tijd is bekend dat trillingen in onderzeese kabels worden veroorzaakt door zeestromingen. Dit komt doordat wanneer water om een ronde vorm heenstroomt, hierachter wervelingen (vortices) ontstaan. Deze wervelingen hebben een zuigende werking waardoor de kabel naar zo'n werveling (vortex) wordt getrokken. De werveling wordt hierdoor verstoord en de kabel beweegt weer terug. Er is veel onderzoek gedaan om deze trillingen te beperken om zo schade aan kabels te voorkomen. Michael Bernitsas van de universiteit van Michigan heeft zich hiermee beziggehouden, maar bedacht dat de energie die de kabels door het trillen opnemen misschien ook benut zou kunnen worden. Inmiddels heeft hij een bedrijf opgericht wat zich met de ontwikkeling van energy converters op dit gebied bezighoudt: "Vortex Hydro Energy".

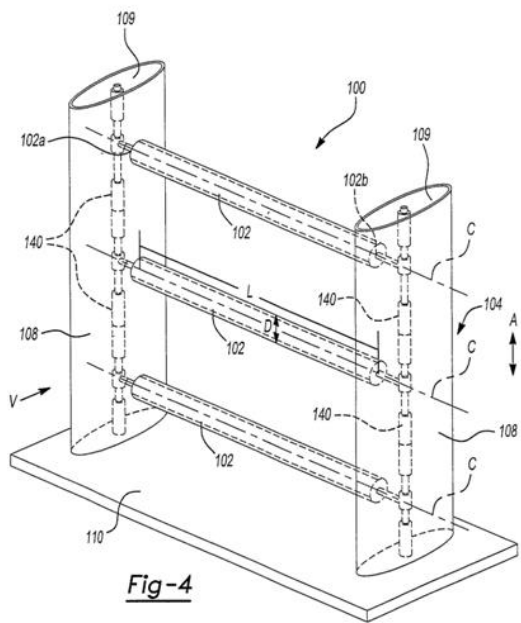
Afbeelding 2.23 laat schematisch zien wat er gebeurt met bijvoorbeeld een kabel in een waterstroom. De stroming wordt afgebogen langs de kabel en vormt hierachter een werveling (plaatje 1 en 2). De kabel wordt door de werveling naar 1 kant "gezogen" (3). Hierdoor wordt de werveling verstoord, waardoor de kabel terugbeweegt (4). Dit proces blijft zich herhalen.





Afbeelding 2.23. Trillingen veroorzaakt door stroming

In 2007 is een octrooiaanvraag gepubliceerd (EP1812709) waarin de VIVACE converter (Vortex Induced Vibration Aquatic Clean Energy) staat beschreven, die van dit principe gebruik maakt. Horizontale buizen bewegen als gevolg van stroming op en neer. Die beweging wordt overgebracht naar de verticale staanders, waar deze vervolgens kan worden omgezet in andere energievormen.



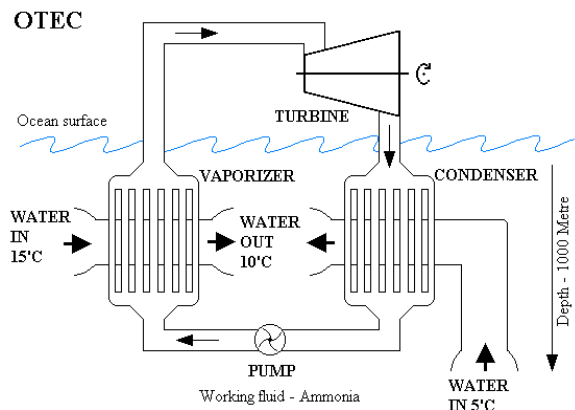
Afbeelding 2.24. Afbeelding uit octrooipublicatie

2.4 OTEC

OTEC staat voor Ocean Thermal Energy Conversion. Deze methode voor energiewinning op zee maakt gebruik van het temperatuurverschil tussen het water aan het oppervlak van de zee, en dat uit diepere lagen. Alleen de oceanen in tropische gebieden zijn hiervoor geschikt omdat daar het benodigde temperatuurverschil groot genoeg is, zo'n 20 graden of meer.

Het werkt als volgt:

In een gesloten buizensysteem wordt een koelvloeistof (ammoniak of propyleen) rondgepompt. In een deel van het systeem wordt de koelvloeistof verwarmd door "warm" zeewater uit de bovenste laag van de oceaan, waardoor het verdampt en een gas-turbine in werking stelt. Hierna wordt het gas afgekoeld door "koud" zeewater wat uit dieper lagen wordt opgepompt, waardoor de koelvloeistof weer condenseert.



Afbeelding 2.25. schematische voorstelling van OTEC

Al in 1881 was het de Fransman Jacques-Arsène d'Arsonval die het concept bedacht om thermische energie van oceanen kon worden gebruikt om elektriciteit op te wekken. Zijn leerling George Claude bouwde in Cuba zo'n vijftig jaar later de eerste werkende OTEC-installatie.

2.5 BLUE ENERGY

Op het gebied van getijdenenergie staan geen Amerikanen in de top. Hier zijn juist veel Britse bedrijven actief. Met name rond Schotland en Noord Ierland zijn de omstandigheden voor het experimenteren met getijdenenergie gunstig.

Het Britse Marine Current Turbines Ltd. staat samen met Hammerfest Stroem AS uit Noorwegen aan kop met elk vijf aanvragen (tabel 3.2).

In Bijlage 1 zijn tabellen opgenomen met de aanvragen per aanvrager verdeeld over de jaren.

Nationale aanvragen

De landen waaruit de aanvragers van de meeste internationale octrooiaanvragen komen, zijn ook toonaangevend als het gaat om nationale aanvragen in het land zelf op het gebied van golf- en getijdenenergie. Uitzondering hierop is Canada dat zelf internationaal gezien niet hoog scoort maar waar wel veel nationale aanvragen worden gedaan.

De vier best scorende landen, de Verenigde Staten, Groot Brittannië, Noorwegen en Australië, en daarbij Canada (nr. 14 overall) worden hier apart belicht voor wat betreft nationale octrooiaanvragen in vergelijking met internationale.

Voor de nationale aanvragen op het gebied van golfenergie wordt daarbij tevens gekeken naar de verhouding tussen nationale aanvragen uit het land zelf, en die welke vanuit het buitenland zijn ingediend.

Verenigde Staten

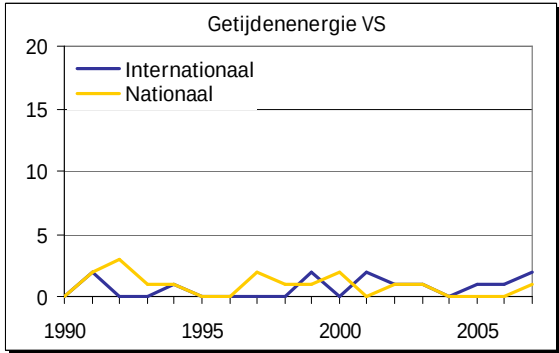
Voor wat betreft getijdenenergie stellen de Verenigde Staten niet veel voor. Doordat de kust vrijwel overal direct aan open oceaan ligt is sprake van relatief geringe getijdenwerking. Figuur 3-6 toont de aantallen internationale aanvragen die vanuit de Verenigde Staten zijn ingediend met betrekking tot getijdenenergie, en daarbij de aantallen nationale aanvragen ingediend in de Verenigde Staten.

| Aanvrager                   | Land | Totaal |
|-----------------------------|------|--------|
| Marine Current Turbines Ltd | GB   | 5      |
| Hammerfest Stroem As        | NO   | 5      |
| Openhydro Group Ltd         | IE   | 4      |

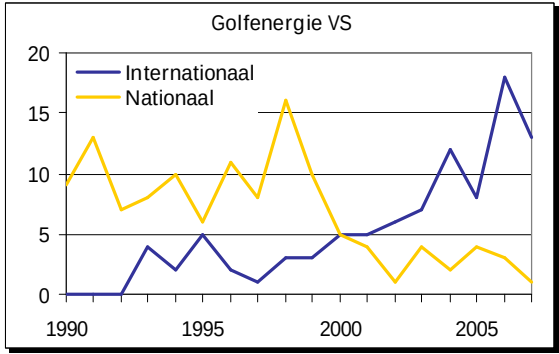
|                                |    |   |
|--------------------------------|----|---|
| Voith Patent Gmbh              | DE | 3 |
| Rotech Holdings Ltd            | GB | 3 |
| Korea Ocean Res Dev Inst       | KR | 3 |
| Hydra Tidal Energy Technology  | NO | 3 |
| Atlantis Resources Corp Pte Lt | SG | 3 |

Tabel 3.2. Grootste aanvragers getijdenenergie

Figuur 3-6. Getijdenenergie VS



Figuur 3-7. Golfenergie VS



Golfenergie daarentegen zit in de lift. Het aantal internationale aanvragen neemt toe.

Het aantal nationale aanvragen in de Verenigde Staten voor golfenergie loopt echter wel sterk terug (zie figuur 3-7). Opvallend is, dat de terugval in nationale aanvragen voor golfenergie bijna volledig wordt veroorzaakt door buitenlandse aanvragers. Figuur 3-8 laat zien dat vanaf 2001 in de Verenigde Staten zelfs geen enkele nationale aanvraag meer is ingediend afkomstig uit het buitenland.

Een volledige staaf staat voor het totaal aantal octrooiaanvragen van golf- en getijdenenergie samen. Het blauwe (donkere) deel staat voor golfenergie, het roze (lichte) deel voor getijdenenergie.

Aanvragers uit de Verenigde Staten (US) hebben het grootste aantal aanvragen gedaan, op de voet gevolgd door Groot Brittannië. Opvallend daarbij is wel het verschil in de verhouding tussen golf- en getijdenenergie. In Groot Brittannië heeft bijna de helft van de aanvragen betrekking op getijdenenergie, voor de Verenigde Staten is dat maar net meer dan 10 %.

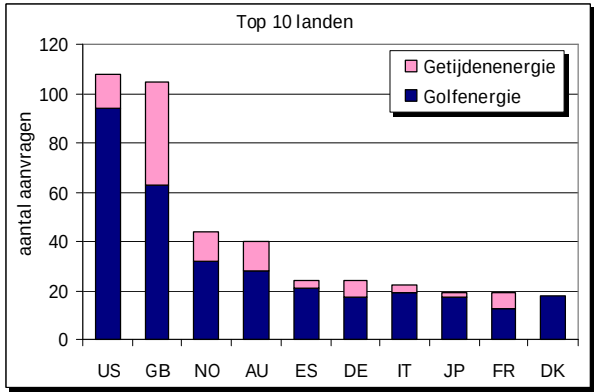
Nederland is niet van grote betekenis op dit vlak. Met slechts zeven aanvragen, waarvan twee voor getijdenenergie, staat Nederland ongeveer op de 20<sup>ste</sup> positie. “Normaal” voor Nederland is een zevende plaats, gerekend over alle technologiegebieden.

De aanvragers

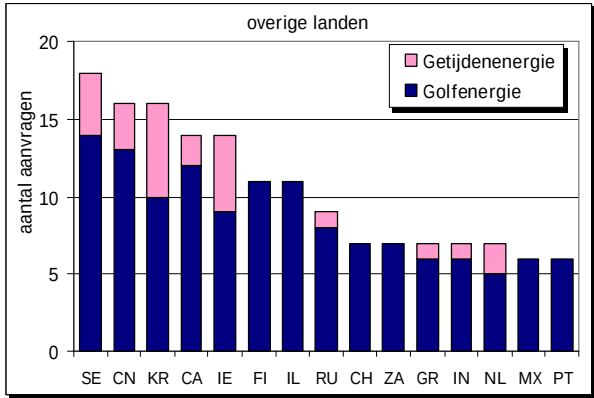
De aanvragers op het gebied van golf- en getijdenenergie zijn meestal actief op één van beide terreinen, golfenergie of getijdenenergie. Vaak ook zijn bedrijven die op dit gebied actief zijn, opgericht met als doel één bepaald idee uit te werken. Voorbeelden hiervan zijn Pelamis wave power, de ontwikkelaar van de “Pelamis” golfenergie slangen, AWS Ocean Energy van de Archimedes Wave Swing en Ocean Energy van de OE buoy. Deze bedrijven hebben dan ook over het algemeen slechts enkele octrooiaanvragen op hun naam staan. Ook is er een grote groep particuliere aanvragers met slechts één octrooiaanvraag.

De grootste aanvrager op het gebied van golfenergie is “Ocean Power Technologies” uit de Verenigde Staten met 17 aanvragen. Op de tweede plaats staat Swedish Seabased Energy AB met tien aanvragen, en op de derde plaats het Australische Seapower Pacific Pty Ltd. met negen. Verder zijn nog opvallend veel bedrijven uit Scandinavië actief. Zie tabel 3.1

Figuur 3-4. aantal aanvragen top 10 landen



Figuur 3-5. aantal aanvragen overige landen



| Aanvrager                     | Land | Totaal |
|-------------------------------|------|--------|
| Ocean Power Technologies Inc. | US   | 17     |
| Swedish Seabased Energy AB    | SE   | 10     |
| Seapower Pacific Pty Ltd.     | AU   | 9      |
| Applied Res & Technology Ltd. | GB   | 7      |
| Wave Star Energy APS          | DK   | 4      |
| Fobox AS                      | NO   | 4      |
| Ottersen Hans Olav            | NO   | 4      |
| Doleh Zakaria Khalil          | AE   | 3      |
| Aw Energy OY                  | FI   | 3      |
| Finn Escone OY                | FI   | 3      |
| Trident Energy Ltd.           | GB   | 3      |
| Wave Ltd. C                   | GB   | 3      |
| Berg A.P. van den Beheer BV   | NL   | 3      |
| Ips Interproject Service AB   | SE   | 3      |
| Independent Natural Resources | US   | 3      |

Tabel 3.1. Grootste aanvragers golfenergie

De grootste Nederlandse aanvrager is A.P. van den Berg beheer met drie aanvragen.

“Blue energy” is de naam die gegeven is aan een techniek die gebruik maakt van het spanningsverschil dat bestaat tussen zoet en zout water, waardoor elektriciteit kan worden opgewekt. Op plaatsen waar zoet rivierwater in contact komt met zout zee-water zou deze techniek op grote schaal toepasbaar kunnen zijn.

Werking

Over een ionselectief membraan dat zee- en rivierwater van elkaar scheidt stelt zich een membraan-potentiaal in van ongeveer 80 mV. Dit kleine spanningsverschil wordt verhoogd door het in serie plaatsen van de compartimenten, afwisselend gescheiden door anion- en kationselectieve membranen. Het totale spanningsverschil wordt daardoor groter en kan gebruikt worden om elektriciteit te genereren. De buitenste compartimenten worden via een extern elektrisch circuit met elkaar verbonden

en het opgebouwde potentiaal verschil wordt omgezet in een elektronenstroom. Door zee- en rivierwater op deze geavanceerde manier te mengen wordt elektriciteit geproduceerd zonder schadelijke emissies.

In Nederland wordt veel onderzoek gedaan naar deze methode, onder andere door Wetsus, een onderzoeksinstituut op het gebied van duurzame water technologie, en Redstack BV, spin-off bedrijf van Wetsus dat zich richt op het ontwikkelen, opschalen en vermarkten van deze technologie. De afsluitdijk zou een geschikte locatie zijn om door mengen van zoet water uit IJsselmeer met zout water uit de Waddenzee elektriciteit te genereren. Octrooiaanvragen op dit gebied zijn :

NL1031148  
EP1984974  
NL1033494  
US4171409



### 3. Octrooipublicaties

Om octrooipublicaties te kunnen onderverdelen en tellen voor afgebakende technologieën wordt gebruik gemaakt van het systeem van International Patent Classification (IPC). Hierbij wordt elke octrooiaanvraag die is ingediend, ingedeeld in één of meerdere klassen die het betreffende technologiegebied waar de uitvinding betrekking op heeft aangeven.

In totaal omvat het IPC systeem zo'n 70.000 codes die tezamen alle technologiegebieden beschrijven. Deze codes zijn in een hiërarchische structuur gegroepeerd. Hoe hoger in de structuur, des te breder het omschreven technologiegebied.

Bijlage 2 bevat een tabel met daarin IPC-groepen en codes van de kennisvelden waarop is geteld, met de daarbij behorende beschrijving van het betreffende technologiegebied.

Er is gebruik gemaakt van de EPODOC-database van het Europees Octrooi Bureau. Op het moment van onderzoek bevonden zich hierin de gegevens van zo'n 70 miljoen octrooidocumenten. Dit betreft internationale octrooien waarvan de aanvragen zijn ingediend bij de World Intellectual Property Organisation (WIPO) of bij het Europees Octrooi Bureau (EOB). Maar ook nationale octrooien aangevraagd bij de nationale octrooibureaus zoals Octrooicentrum Nederland vallen hieronder.

De onderzoeksperiode is van 1990 tot 2007. Octrooien waarvan de aanvragen zijn ingediend binnen deze periode zijn geteld. Aangezien nog niet alle in 2007 ingediende aanvragen op het moment van tellen zijn gepubliceerd, zijn de aantallen over dit laatste jaar nog onvolledig. Deze periode van geheimhouding duurt 18 of 30 maanden gerekend vanaf de indieningsdatum.

Bijlage 4 bevat een uitleg van octrooigerelateerde begrippen en procedures. Bijlage 5 bevat de gebruikte afkortingen.

#### 3.1 GOLF- EN GETIJDENERGIE

##### Inleiding

In golf- en getijdenenergie heeft de laatste jaren een enorme ontwikkeling plaatsgevonden. Zeker bij deze vorm van energie spelen bijzondere factoren een rol die invloed hebben op het rendabel kunnen exploiteren van de energie. Factoren als erosie door zeewater en extreme weersomstandigheden bleken in het verleden vaak moeilijk te overwinnen.

Voor wat betreft getijdenenergie moet worden opgemerkt dat vindingen die toepasbaar zijn op getijdenstromingen, vaak ook toepasbaar zijn (volgens de beschrijving) op andere stromingen in water zoals bijvoorbeeld in rivieren.

##### Het onderzoek

Voor golf- en getijdenenergie is gezocht naar publicaties die zijn ingediend in de IPC-klassegroepen E02B 9/08 "Getijdekrachtcentrales of golfkrachtcentrales" en/of één of meer van de IPC-klassen F03B 13/12 t/m F03B 13/26. Bijlage 2 bevat een volledig overzicht van de codes alsmede hun beschrijving.

##### Internationale aanvragen

Het aantal unieke octrooiaanvragen dat in de periode 1990 t/m 2007 is ingediend bij het WIPO of EOB en betrekking heeft op golf- en getijdenenergie is 615. Voor golfenergie is dat 483, voor getijdenenergie 132.

In figuur 3-1 worden de aantallen aanvragen verdeeld over de jaren van indiening weergegeven. Naast het totaal is een splitsing gemaakt op golfenergie en getijdenenergie afzonderlijk. Duidelijk is de groei die met name vanaf het begin van deze eeuw is ingezet. Opvallend daarbij is dat in de golfenergie aanvankelijk een veel grotere groei is te zien dan bij getijdenenergie, terwijl in het laatste jaar van de meting, 2007, de groei in getijdenenergie

sterker is geworden, en de groei in golfenergie iets afzwakt.

In figuur 3-2 zijn nogmaals de aantallen aanvragen met betrekking tot golf- en getijdenenergie weergegeven, maar nu daarbij de ontwikkeling van de ruwe olieprijs over dezelfde jaren.

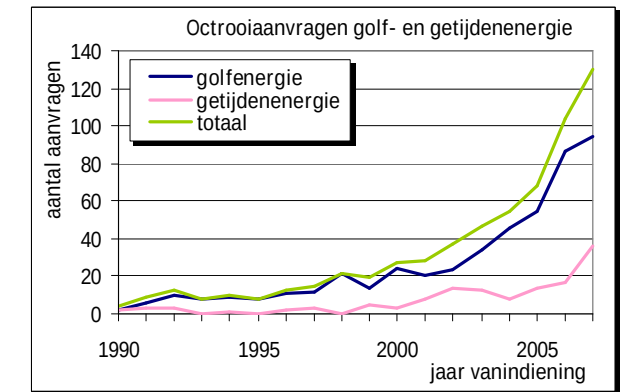
Dat economische aspecten hier op z'n minst een rol spelen is aannemelijk. Het lijkt er op dat met de stijging van de olieprijs de interesse in het gebruik van duurzame energie, in dit geval golf- en getijden, toeneemt. Aanvankelijk lijkt het aantal octrooiaanvragen de olieprijs te volgen.

In 2001 vindt een doorbraak plaats. De groei in aantal aanvragen neemt explosief toe, de sterke stijging van de olieprijs volgt pas later. Andere factoren, als milieu en klimaat, zijn nu belangrijke aanjagers van de ontwikkelingen in duurzame energie geworden. Gezien de prijsontwikkeling in de ruwe olie na 2006 en de toenemende aandacht voor klimaatverandering, kan verwacht worden dat ook de stijging in aantal octrooiaanvragen op dit gebied voorlopig nog wel zal aanhouden, al zijn de gevolgen van de economische crisis vanaf 2008 voor zowel de prijs van olie als de verdere ontwikkelingen in de duurzame energie nog niet bekend.

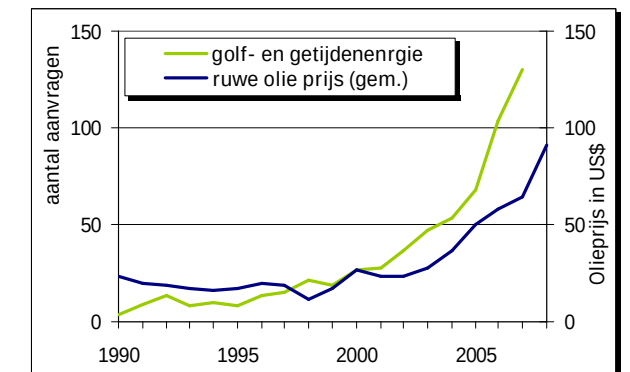
De groei in de aantallen octrooiaanvragen in golf- en getijdenenergie is vele malen groter dan de groei in aantal octrooiaanvragen over alle technologiegebieden samen.

Figuur 3-3 toont de relatieve groei waarbij het jaar 2000 als uitgangspunt is genomen, (index = 100). De ontwikkeling in golf- en getijdenenergie loopt tot 2000 ongeveer gelijk op met de ontwikkeling over alle technologiegebieden. Vanaf 2001 gaat de ontwikkeling in golf- en getijdenenergie sterk afwijken van de rest. Het jaar 2005 laat drie keer zoveel aanvragen zien als in 2000. Voor alle technologiegebieden is dat slechts 1,2 keer zoveel.

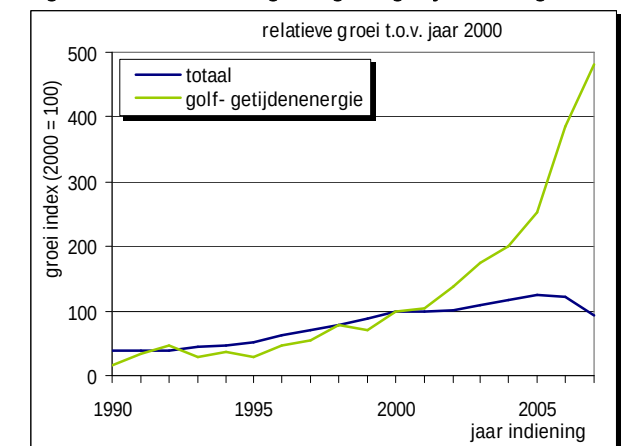
Figuur 3-1. octrooiaanvragen per jaar



Figuur 3-2. octrooiaanvragen tov ruwe olie prijs



Figuur 3-3. Relatieve groei golf- getijdenenergie



De figuren 3-4 en 3-5 laten in een staafdiagram de verdeling zien van het aantal aanvragen per land.