

ENERĢIJAS PĀRVEIDOŠANAS IEKĀRTAS IZVĒLE

1. Iekārtu apskats

Pēdējās dekādēs pasaulē ir īstenoti vairāki pamanāmi viļņu enerģijas pārveidošanas projekti. Lūk, daži no tiem:

Portugāle:

Pasaulē pirmā viļņu spēkstacija bija Akuacadura (Portugāle). Tur izmantoja trīs Pelamis viļņu enerģiju pārveidotājus ar kopējo uzstādīto jaudu 2,25 MW. Spēkstacija sāka ražot elektroenerģiju 2008. gada jūlijā [1] Viļņu spēkstacija tika slēgta divus mēnešus pēc oficiālās atklāšanas 2008. gada novembrī sakarā ar globālās ekonomiskās krīzes izraisīto Babcock & Brown finanšu sabrukumu. Šis projekts nebija sekmīgs arī tehnisku problēmu dēļ. Projekta otrajā posmā tika plānots palielināt uzstādīto jaudu līdz 21 MW, izmantojot vēl 25 Pelamis mašīnas [2], tomēr pēc Babčoka finansiālā sabrukuma tas netika īstenots [3].

Lielbritānija:

Viļņu spēkstacija Islay LIMPET tika instalēts un savienots ar Nacionālo Tīklu 2000. gadā un ir Pasaulē pirmā komerciālā viļņu darbināta instalācija. Skotija finansēja 3 MW viļņu spēkstacijā Skotijā 2007. gada 20. februārī, izmaksājot vairāk nekā 4 miljonus sterliņu mārciņu, kā daļu no £ 13 miljonu finansējuma paketes jūras spēkiem Skotijā. Pirmā mašīna tika iedarbināta 2010. gada maijā. [4]. Vides centrs, kurš pazīstams kā viļņu centrs, ir uzbūvēts Anglijas Kornvolas Ziemeļu krastā, lai veicinātu viļņu enerģijas apgūšanu. Viļņu centrmezgls darbosies kā milzīgs pagarinājuma kabelis, kurš ļaus savienot viļņu enerģijas ražošanas ierīces ar elektrotīklu. Viļņu centrmezgls sākotnēji ļaus pieslēgt 20 MW jaudas, ar iespējamo paplašināšanos līdz 40 MW. Četri ierīču ražotāji līdz šim ir izrādījuši interesi tam pieslēgties [5, 6]. Zinātnieki ir aprēķinājuši, ka viļņu enerģijai, kura savāktā pie viļņu centra, pietiks, lai darbinātu līdz pat 7500 mājsaimniecībām. Nākamajos 25 gados vietne var ietaupīt siltumnīcefekta gāzu emisijas aptuveni 300 000 tonnu oglekļa dioksīda [7]. Stratclades universitātes un Imperiālās koledžas 2017. gada pētījums liecina, ka nav izveidojušās lietošanai gatavas viļņu enerģijas ierīces neraugoties uz to, ka Lielbritānijas valdība pēdējo 15 gadu laikā ir veltījusi vairāk nekā 200 miljonus GBP šim nolūkam [8].

Austrālija:

„Bombora viļņu spēks” [9] atrodas Perth (Rietumu Austrālija), un šobrīd izstrādā mWave [10] elastīgu membrānas pārveidotāju. Pašlaik Bombora gatavojas komerciālam izmēģinājuma projektam Peniche (Portugāle).

CETO viļņu spēkstacija pie Rietumu Austrālijas krastiem darbojas, lai pierādītu komerciālo dzīvotspēju, un pēc iepriekšējas ietekmes uz vidi novērtējuma tika attīstīta tālāk

[11]. 2015. gada sākumā tīklam tika pieslēgta 100 miljonu ASV dolāru multi MW sistēma, no kuras tika nopirkta visa elektroenerģija, kura tika pārdota HMAS Stirlingas jūras spēku bāzei. Divas pilnīgi iegremdētas bojas, kuras tika piestiprinātas jūras gultnei, pārveido okeāna viļņu enerģiju hidrauliskā spiediena veidā uz sauszemes. Tas piedzen elektroģeneratoru, kā arī ražo saldūdeni. 2015. gadā tika plānots uzstādīt trešo boju [12].

Ocean Power Technologies (OPT Australasia Pty Ltd.) 19 MW jaudas viļņu spēkstacija, kura savienota ar tīklu netālu no Viktorijas (Portlandes). Projekts ir saņēmis Austrālijas finansējumu 66,46 miljonu ASV dolāru apmērā [13].

Oceanlinx līdz 2013. gada beigām paredzēja izveidot komerciālā mēroga demonstrācijas ierīci Port MacDonnell (pie Dienvidaustrālijas krastiem). Šai ierīcei ar nosaukumu GreenWAVE elektriskā jauda ir 1MW. Šo projektu atbalstīja ARENA, izmantojot jauno atjaunojamo enerģijas avotu programmu. GreenWAVE ierīce ir grunts stiepes gravitācijas struktūra, kura neprasa enkurojumu vai pamatus jūras gultnē un tā ir bez kustīgām daļām zem ūdens virsmas [14].

ASV:

Reedsport, Oregona – komerciāla viļņu spēkstacija ASVRrietumu krastā, kura atrodas 2,5 jūdžu attālumā no krasta, netālu no Reedsportas (Oregona). Šī projekta pirmais posms tika paredzēts desmit PB150 PowerBuoys jeb 1,5 MW jaudas [15]. Reedsport spēkstacija tika plānota uzstādīt 2013. gada pavasarī [16]. 2013. gadā juridisko un tehnisko problēmu dēļ projekts tika apturēts [17].

Kaneohe Bay Oahu, Hawaii - flotes enerģijas izpētes vieta (WETS), kurš pašlaik izmēģina Azura viļņu barošanas ierīci [18]. Azura viļņu barošanas iekārta ir 45 tonnu viļņu enerģijas pārveidotājs, kurš atrodas 30 metru dziļumā Kaneohe Bay [19].

Eugen Rusu darbā „Evolution of the Wave Energy Conversion Efficiency in Various Coastal Environments” sniedz informāciju par viļņu stāvokļiem un viļņu enerģijas pārveidošanas efektivitāti trīs dažādos piekrastes vides veidos: okeāna piekrastes kontinentālās daļas (Ibērijas rietumu krasts), salu vidi (Kanāriju salu un Madeiras arhipelāgs) un jūras vidi (Melnā, Kaspijas un Ziemeļjūras). Apskatā ir novērtēti vairāki pārveidotāju veidi, kuri aptver lielu diapazonu no esošajām piekrastes un jūras iekārtām [20]. Autors uzskata, ka nākotne pieder pārveidotājiem ar maināmu jaudu. Autors raksta, ka efektivitātes līknes iekārtām dod to ražotāji un apgalvo pašsaprotamu lietu, ka dažādos viļņu apstākļos vienai un tai pašai iekārtai būs dažādi enerģijas pārveidošanas daudzumi, jo tā strādās dažādos efektivitātes līknes diapazonos.

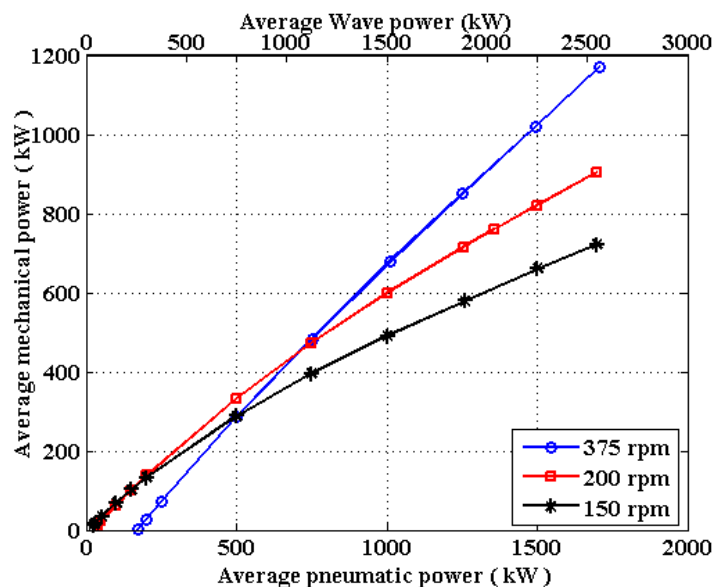
Autori V. Jayashankar, K. Mala, S. Kedarnath, J. Jayaraj, U. Omezhilan, V. Krishna raktā „Design of a 100 GWh Wave Energy Plant” [21] augsti novērtē oscilējošās kolonnas perspektīvas ražot komerciālu elektroenerģiju. Tiek aprakstītas iekārtas ar vidējo enerģiju 24

kW/m un spēju ražot 100 GWh divos gados. Projekts paredz apvienot vairākas kolonnas vienā barošanas modulī. Simulācijas rāda, ka turbīnas efektivitāte var pārsniegt 60% no (10 – 100%) nominālās jaudas. Ir pierādīts, ka apmēram 660 m viļņu garums ar 11 turbīnu ģeneratoriem ir pietiekams, lai atbilstu projektēšanas prasībām, un kopējais vilnis nodrošina efektivitāti aptuveni 36%. Lai apstiprinātu izvirzītās hipotēzes, turbīnas modeli izmēģina laboratorijā. 60 %, protams ir augsts lietderības koeficients, tomēr iekārta ir ļoti masīva, un tāpēc, domājams – dārga (2.1. att.).

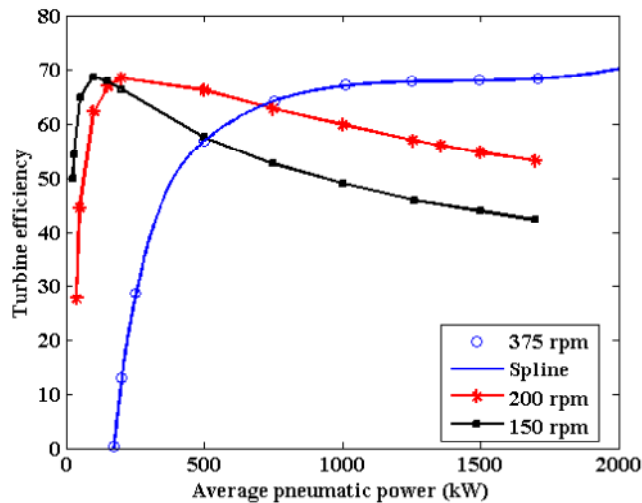


2.1. att. Indiānas viļņu enerģijas pārveidotājs (OWC) [21]

Tiesa augstais lietderības koeficients ir rēķināts nevis no viļņa jaudas, bet gan no vidējās gaisa plūsmas jaudas. To pamato divas diagrammas no raksta (2.2. att., 2.3. att.) [21].



2.2. att. 4,5 m turbīnas vidējās mehāniskās jaudas pie mainīga ātruma [21]



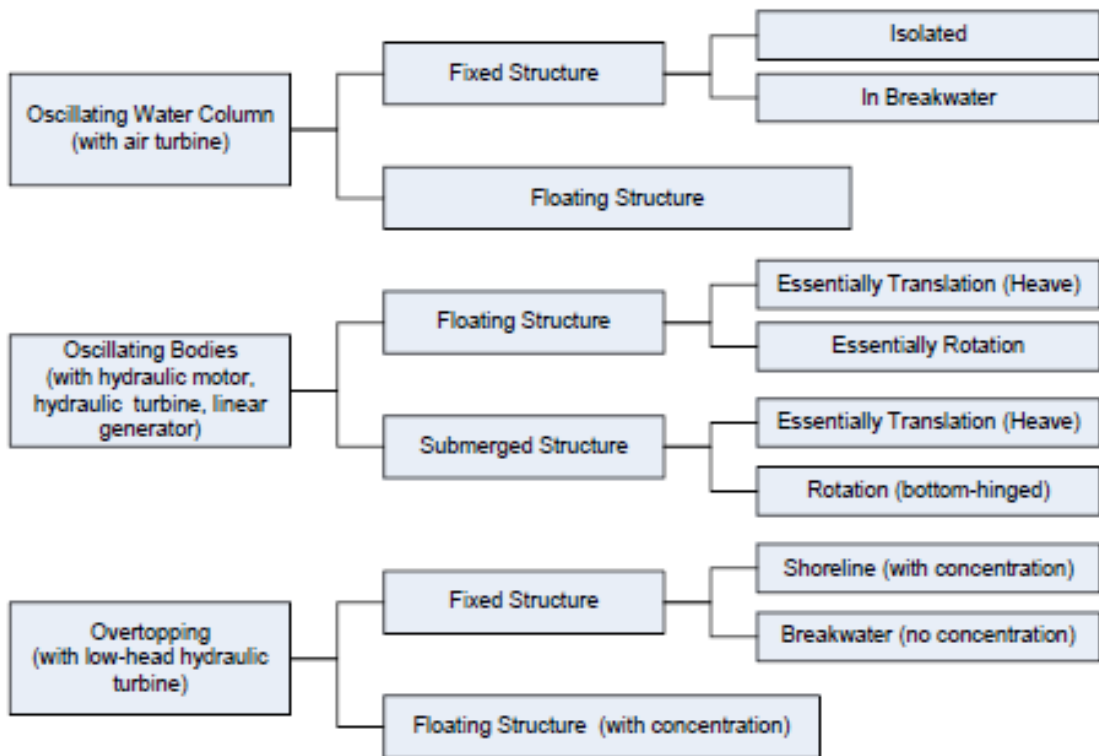
2.3. att. 4,5 m turbīnas vidējā efektivitāte pie mainīga ātruma [21]

Tas nozīmē, ka patiesībā te labākajā gadījumā te runa iet par efektivitāti ap 30 %. Tik masīva iekārta pie 30 % efektivitātes jau izskatās mazāk pievilcīga.

Promocijas darbā ir apskatītas 370 viļņu pārveidošanas iekārtas, no kurām interesantākās 119 ir pievienotas darba 1. pielikumā.

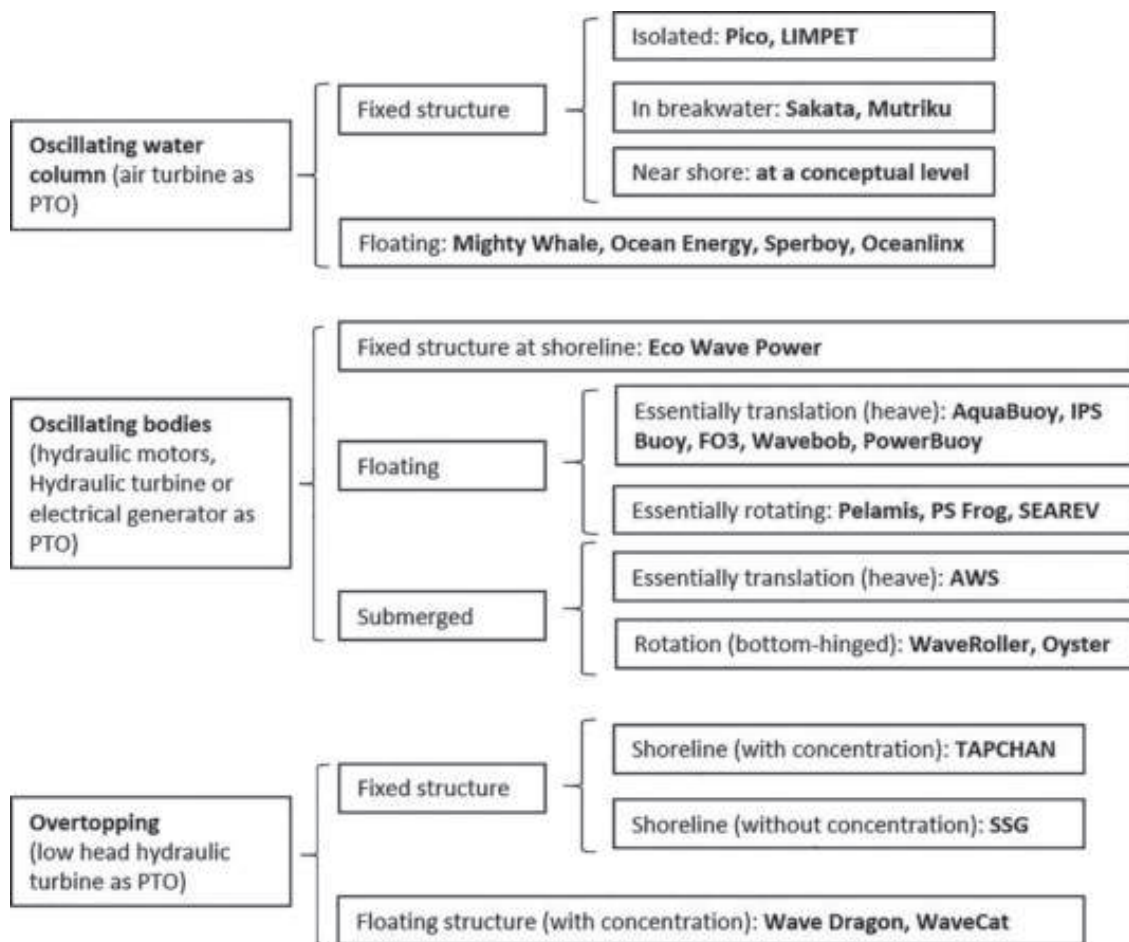
2. Iekārtu klasifikācija

Apskatot šī brīža notiekošo darbu Pasaulē viļņu pārveidošanas jomā, izrādās, ka aktīvi ir ap 240 dažādu projektu un 130 – pasīvi. Iekārtas atšķiras pēc to darbības principiem. Tāpēc tās var saklasificēt pēc dažādiem principiem. *ITTC* rakstā „Wave Energy Converter Model test experiments” [22] tiek sniegta viļņu pārveidošanas iekārtu klasifikācija atkarībā no tā vai struktūra ir fiksēta vai peldoša (2.4. att.).



2.4. att. *ITTC* viļņu pārveidošanas iekārtu klasifikācija [22]

IRENA rakstā „Wave Energy technology Brief” [23] arī iekārtu klasifikācijas pamatprincips balstās uz to, vai struktūra ir fiksēta vai peldoša un nedaudz sīkāk izvērsta atkarībā no izvietojšanas vietas (2.5. att.).

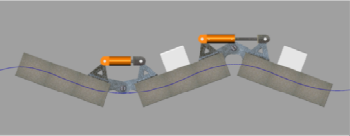


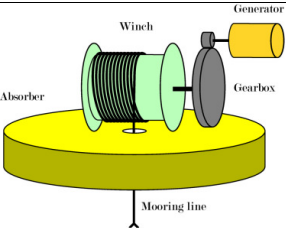
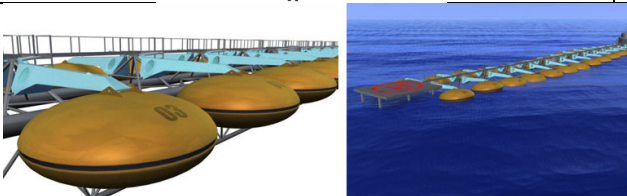
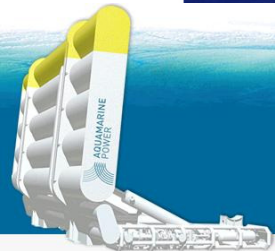


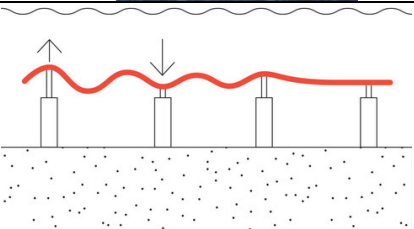

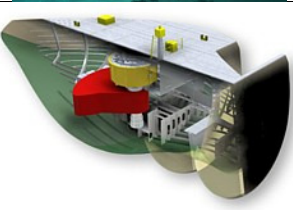
2.5. att. IRENA viļņu pārveidošanas iekārtu klasifikācija [23]

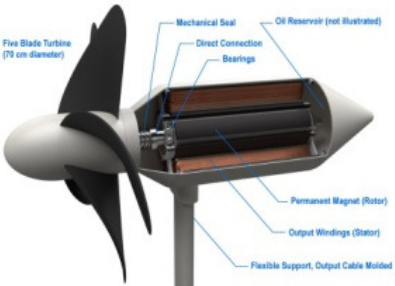

Tomēr ir jāatdzīst, ka visas viļņu pārveidošanas iekārtas ir domātas iespējami optimālākai viļņu enerģijas pārveidošanai. Tāpēc piedāvājam tās klasificēt pēc darbības principa un izvietojuma zonas – seklūdens, vidēja dziļuma un dziļūdens zonām. (2.1. tabula).

2.1. tabula

Viļņu pārveidošanas iekārtu klasifikācija

	Pārveidotāja tips	Ilustrācija	Krasta zona	Vidēja dziļuma zona	Dziļūdens zona
1	Atteunators [24]			X	X

2	Punktveida absorbētājs [25, 26]			X	X
3	Plūdiņa tipa pārveidotājs [27]		X	X	X
4	Svārstošs pārspiediena viļņu pārveidotājs [28]			X	
5	Svārstīga ūdens stabs [29]		X	X	X
6	Pārplūdes pārveidotājs [30]			X	X
7	Zemūdens spiediena diferenciālis [31, 32]			X	X
8	Izlieces vilnis [33]			X	X
9	Rotējoša masa [34]			X	X

10	Turbīna ar horizontālu asi [35]		X	X	
11	Turbīna ar vertikālu asi [36]			X	X

3. Pārveidotāja modelis

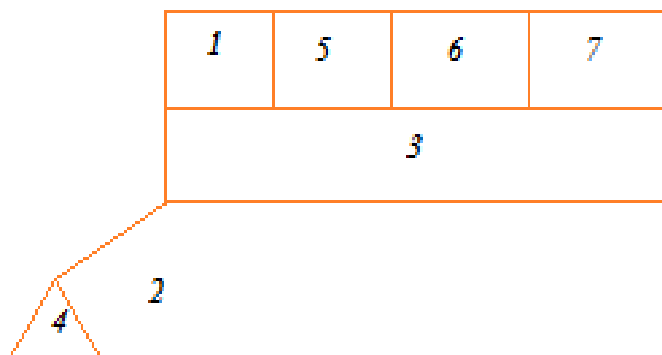
3.1 Viļņu pārveidošanas iekārtas blokskāma

Pasaulē ir radītas iekārtas ar dažādu attiecību *CAPEX*, *OPEX* un lietderības koeficientu raksturlielumiem. Pie dažādām elektroenerģijas vairumtirdzniecības cenām kļūs izdevīgāk lietot vienas vai citas iekārtas. Varētu kļūt lietderīgi arī viļņa jaudas intensitāti vienā un tajā pašā *JVS* izmainīt. Tomēr, ņemot vērā iespējamās *JVS* investīciju apjomus un viļņu potenciāla nevienmērību sezonas laikā, optimālāk būtu izvēlēties iekārtas, ar kurām var nodrošināt pakāpenisku *JVS* paplašināšanu un viļņu potenciāla apgūšanu. Tātad *JVS* iekārtai ir jābūt tādai, kura varētu nodrošināt konkurētspējīgu *LCOE* un atbilstoši laikam. Savukārt šo iekārtu blokskāmai – tādai, kura atbilst šādai iekārtai.

JVS iekārtas blokskāmu nosaka tās funkcijas, kuras tai ir jāizpilda:

- a) viļņu enerģijas uztveršana,
- b) uztvērēja pozicionēšana darba virzienā,
- c) uztvērēja pozicionēšana optimālā dziļumā attiecībā pret *jvl*. (2.6. att.),
- d) iekārtas noenkurošana ar mērķi saglabāt tās atrašanās pieļaujamo lokāciju,
- e) uztvertās enerģijas pārveidotājs,
- f) viļņu enerģijas pārveidošana mainīgas *AC* enerģijā,
- g) mainīgas *AC* enerģijas pārveidošana *DC* enerģijā.

Tādējādi *JVS* iekārtas blokskāma sastāv no sešām komponentēm/ mehānismiem (2.3. tabula).



2.6. att. JVS iekārtas blokshēma

1. Uztvērējs;
2. Pozicionēšanas mehānisms;
3. Elevators;
4. Enkurojums;
5. Pārveidotājs;
6. AC ģenerators;
7. AC/DC konvertors.

2.2. tabula

JVS iekārtas blokshēmas komponentes un funkcijas

JVS iekārtas funkcija	Funkcijas nodrošināšanas mehānisms
Viļņu enerģijas uztveršana	Uztvērējs
Uztvērēja pozicionēšana darba virzienā	Pozicionēšanas mehānisms
Uztvērēja pozicionēšana optimālā dziļumā	Elevators
Iekārtas noenkurošana	Enkurojums
Uztvertās enerģijas pārveidotājs	Pārveidotājs
Viļņu enerģijas pārveidošana mainīgas AC enerģijā	AC ģenerators
Mainīgas AC enerģijas pārveidošana DC enerģijā	AC/DC konvertors

3.2. Apskatītās tehnikas analīze

Raksturosim apskatītās iekārtas:

Atteunatoriem ir ierobežotas iespējas tos pasargāt no pārmērīgi lieliem viļņiem iegremdējot dziļāk zem *jvl*. Un ir nepieciešams pozicionēšanas mehānisms attiecībā pret *mwd*. Punktveida absorbētājiem tehniski sarežģīts būs elektro-pievada risinājums. Pludiņa tipa pārveidotājam būs komplicēts iegremdēšanas mehānisms lai to pasargātu no

pārmērīgi lieliem viļņiem. Svārstošam pārspiediena viļņu pārveidotājiem grūtības radītu akvatoriji ar lielām paisuma/bēguma svārstībām. Svārstoša ūdens staba un pārplūdes pārveidotāju iekārtas ir masīvas un materiālu ietilpīgas. Zemūdens spiediena diferenciāli ir atkarīgi no paisuma/bēguma situācijas un grūti pozicionējami attiecībā pret *mwd*. Izlieces viļņa mehānismi ir viegli pozicionējami pret *mwd*. un pasargājami no pārmērīgi lieliem viļņiem. Tomēr tie ir materiālu ietilpīgi. Turbīnas ar horizontālu asi ir viegli pozicionējamās attiecībā pret *mwd*. Lāpstīņu diametru ierobežo ne tikai to galu vektoriālā ātruma limits, bet arī griezes momenta atšķirības starp lāpstīņām sakarā ar to atrašanos dažādos dziļumos

Protams, varētu paņemt iekārtu uz strādāt, bet pieņemu, ka tas būs dārgi.

Šajā darbā piedāvājam balstīt viļņu pārveidošanas iekārtu analīzi uz konservatīviem principiem:

1. Seklūdenī viļņu enerģija refleksijas un refrakcijas dēļ būtiski samazinājusies. Tāpēc iekārtas, kuras paredzētas šai zonai ignorējam;
2. Dziļūdens zona atrodas pārāk tālu no tradicionāliem enerģijas patērētājiem. Tāpēc tās ir vērts paturēt kā nākotnes iekārtas tiem patērētājiem, kuri šo zonu tuvumā tiks radītas;
3. Izvirzām vidēja dziļuma zonu kā perspektīvo, jo tā atrodas tuvāk tradicionālajiem enerģijas patērētājiem un tajā ir dabiski optimizējošies viļņu parametri. Tāpēc izvēlamies kā perspektīvās iekārtas tās, kuras piemērotas šai zonai.

Apskatot viļņu pārveidošanas iekārtu klasifikāciju, secinām, ka visas iekārtas var strādāt vidēja dziļuma zonā. Tāpēc acīmredzot ir jāizvirza papildus kritēriji lai atlasītu perspektīvās iekārtas. Kā papildus kritērijus var izvirzīt perspektīvo iekārtu darbībai nepieciešamos kritērijus:

1. Iegremdēšanas dziļuma mainīšanas iespēju un/vai šīs iespējas vienkāršumu;
2. Iekārtas pozicionēšanu pret *mwd* vai šīs pozicionēšanas vienkāršumu.

Veiksim iekārtu klasifikācijas (2.1. tabula) apskatu izejot no šiem diviem izvirzītajiem kritērijiem (2.2. tabula).

2.2. tabula

Viļņu pārveidošanas iekārtu novērtējums pēc to iegremdēšanas vienkāršuma un pozicionēšanu pret *mwd*

	Pārveidotāja tips	Iegremdēšana	Pozicionēšana pret <i>mwd</i>
1	Atteunators	Sarežģīta	Nepieciešams mehānisms
2	Punktveida	Sarežģīta	Mehānisms nav nepieciešams

	absorbētājs		
3	Pludiņa tipa pārveidotājs	Sarežģīta	Mehānisms nav nepieciešams
4	Svārstošs pārspiediena viļņu pārveidotājs	Sarežģīta	Nepieciešams mehānisms
5	Svārstīga ūdens stabs	Sarežģīta	Var būt nepieciešams mehānisms
6	Pārplūdes pārveidotājs	Ļoti sarežģīts	Var būt nepieciešams mehānisms
7	Zemūdens spiediena diferenciālis	Var būt nepieciešams mehānisms	Var būt nepieciešams mehānisms
8	Izlieces vilnis	Sarežģīta	Nepieciešams mehānisms
9	Rotējoša masa	Sarežģīta	Nav nepieciešams mehānisms
10	Turbīna ar horizontālu asi	Ir nepieciešams mehānisms	Ir nepieciešams mehānisms
11	Turbīna ar vertikālu asi	Ir nepieciešams mehānisms	Nav nepieciešams mehānisms

Balstoties uz 2.2. tabulā veikto analīzi, ir vērts apskatīt 7. pozīciju (Zemūdens spiediena diferenciāli) un 11. pozīciju (Turbīnu ar vertikālu asi). Lai izvēlētos perspektīvāko no šiem diviem iekārtu veidiem, izvirzīsim papildus kritērijus:

1. Iespēja fiksēt uztvērēju nepieciešamā dziļumā;
2. Iespēja pārveidot viļņa spēku rotācijas kustībā.

Salīdzināsim divus izvēlētos iekārtu veidus balstoties uz šiem kritērijiem (2.3. tabula).

2.3. tabula

Viļņu pārveidošanas iekārtu novērtējums pēc to iespējas fiksēt uztvērēju noteiktā dziļumā un iespējas viļņu spēku pārvērst rotācijas kustībā

	Pārveidotāja tips	Iespēja fiksēt	Iespēja pārvērst rotācijā
7	Zemūdens spiediena diferenciālis	Sarežģīta	Sarežģīta
11	Turbīna ar vertikālu asi	Vieglāk risināma	Elementāra

Tādējādi izvēlētā iekārta ir turbīna ar vertikālu asi.

3.3. Izvēlētās tehnikas pamatojums

Izvēlētās tehnikas pamatojums balstās uz veikto iekārtu analīzi.

Turbīnu ar vertikālu asi var relatīvi vienkārši uzbūvēt. Tomēr lai nonāktu līdz praktiskam iekārtas pielietojumam, līdzīgi, kā citos gadījumos, process sākas ar izgudrojumu, un tam jāiziet visas stadijas no *TRL 1* līdz *TRL 9* pirms ražošanas uzsākšanas.

Neraugoties uz to, ka tās diametru arī ierobežo lāpstiņu galu vektoriālais ātrums, tomēr šī tipa turbīnām nav nepieciešams pozicionēšanas mehānisms attiecībā pret *mwd*. Tas nozīmē, ka 2.31. att. ilustrētajā blokshēmā 2. pozīcija konkrētajā mehānismā jau ir iestrādāta pašā mehānismā. Šāda tipa turbīnas iespējams kombinēt ar ofšoru vēja parkiem, par ko ir sagatavots patenta pieteikums promocijas darba kontekstā.

Jebkurai no jauna izstrādājamai iekārtai pirms *TRL 9* stadijas veikšanas ir iespējams tikai aplēst svarīgākos parametrus, kuri nosacīs šīs iekārtas izdevīgumu. Definēsim, kādi ir šie parametri:

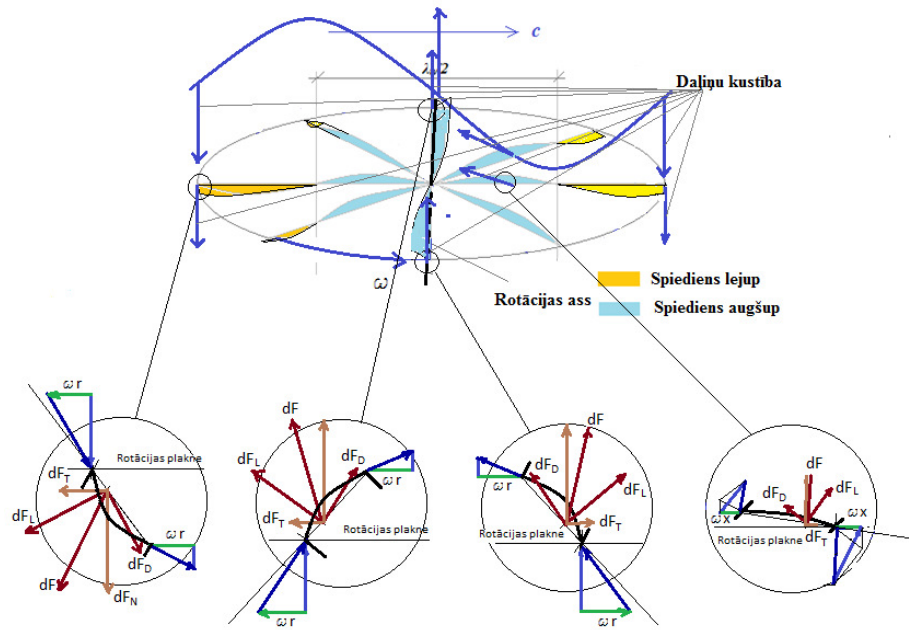
1. Sagaidāmās kapitāla izmaksas (*CAPEX*);
2. Sagaidāmās ekspluatācijas izmaksas (*OPEX*);
3. Iekārtas lietderības koeficienta līkne.

CAPEX ir jāsadala divās komponentēs, jo daļa no šī izdevuma posteņa var būt kredīta procenti, kuru likmes ir atkarīgas tikai no finansu tirgus, bet ne no tehniskā risinājuma. Tiesa – kredīta procentu kopējā summa naudas izteiksmē ir atkarīga no aizņēmuma daļas ieguldījumos. Tāpēc ir svarīga *CAPEX* otra daļa – ieguldījumi. Iespējams veiksmīgākais ieguldījumu novērtējuma rādītājs ir iekārtas amortizācija, jo tā ir atkarīga no sākotnējā ieguldījuma un nolietošanās laika.

OPEX ir atkarīgas no tehnisko apkopju (*TA*) un remontu (*R*) izmaksām.

Iekārtas lietderības koeficienta līkne būs atkarīga no tā, cik efektīvi tā pārveido viļņos pastāvošos spēkus konkrētajos viļņu potenciāla apstākļos.

Respektējot iepriekš definētos parametrus izvērtējot iekārtu apskatā minētās iekārtas izvēlētais viļņu pārveidošanas modelis ir turbīna ar vertikālu rotācijas asi un pašregulējošām lāpstiņām (*PL*) (2.7. att.).



2.7. Turbīna ar vertikālu rotācijas asi un PL

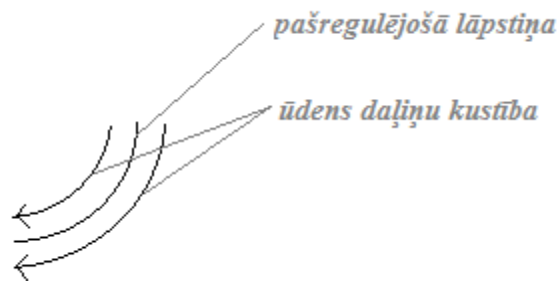
Novērtēsim, kā izvēlētais iekārtas modelis atbilst izvirzītajiem kritērijiem:

1. *CAPEX* – iekārtas vienkāršības dēļ kapitāla izmaksas varētu būt zemas. Tomēr pastāv iespēja, ka *PL* uzbūve un arī materiāli varētu radīt sadārdzinājumu. Iekārtai nav vajadzīgs pozicionēšanas mehānisms attiecībā pret *mwd*, jo tā vienmēr atrodas darba pozīcijā. Tomēr tai ir nepieciešams elevācijas mehānisms un nostiprināšanas konstrukcijas.
2. *OPEX* – iekārtas vienkāršības dēļ, tai varētu būt nelielas *TA* izmaksas. Tomēr nav zināms, cik ilgmūžīgas būs *PL* kustošo daļas, kas varētu sadārdzināt uzturēšanas izmaksas. *PL* kustošo daļu nomaiņa varētu būt salīdzinoši vienkārša, jo darbi var tikt veikti paceļot ar elevācijas mehānismu turbīnu virs ūdens, kā arī pati *PL* demontāža/ montāža arī varētu būt vienkārša. *PL* materiālu ilgmūžību varēs precizēt pēc atbilstošo materiālu izvēles vai izstrādes.
3. Lietderības koeficienta līkne – turbīnas *PL* mehānisma piemērotība viļņa spēku uztveršanai un citu turbīnas parametru atbilstība varētu nodrošināt labu lietderības koeficienta raksturlīkni konkrētā akvatorija apstākļiem. Tiesa – bažas rada turbīnas ātruma ierobežojumi vides pretestības dēļ un mainīgais griezes moments uz *PL*, kas rada kopējā griezes momenta zudumus.

Sekojošajam principam par iespējami mazāku enerģijas vienības izmaksas iegūšanas nepieciešamību, būtu jāizvēlas viļņu enerģijas pārveidošanas mehānismi, kuriem ir mazāki

CAPEX un OPEX attiecībā pret saražoto enerģiju. Tomēr, pieaugot elektroenerģijas cenām, būs nepieciešamība intensificēt viļņu enerģijas pārveidošanu.

Vēlamai reaktīvai ūdens daļiņu kustībai ap *PL* ir jābūt pēc iespējas perpendikulārai rotācijas asij (2.10. att.).



2.8. att. Ūdens daļiņu kustība ap pašregulējošo lāpstiņu

Kopsavilkums

1. Pasaulē ir interese par viļņu tehniku, šobrīd nav atdzītas tehnikas, kura dod vispusējas priekšrocības, izvēles metodoloģijas nav.

2. Ir nepieciešams standarts, kā tiek rēķinātas un norādītas enerģijas pārveidošanas posmu lietderības koeficientu līknes viļņu pārveidošanas iekārtām atkarībā no viļņiem ar noteiktiem parametriem un enerģijas veidam no kura līdz kuram tas tiek rēķināts.

3. Turbīna ar vertikālu asi un pašregulējošām lāpstiņām varētu būt perspektīva viļņu enerģijas pārveidošanas iekārta.

1. Viļņu pārveidošanas iekārtu apskats

Papildus promocijas darba pamattekstā atspoguļotajai *JVS* iekārtu klasifikācijai un 30 jau apskatītu iekārtu apskatam papildināsim to ar citu iekārtu pārskatu.

1.1. *3D-WEC* (Resolute Marine Energy – *RME*) no 2006. gada

Pludiņa tipa “point absorber” viļņu enerģijas uztvērējs. Salīdzinājumā ar vienas saites (1D) absorbētāju, tā kustības brīvības pakāpju labākai izmantošanai tiek piedāvāta aktīva trīspunktu noenkurošanas sistēma ar atsperi spriegotas vinčas tiešās piedziņas elektroģeneratoru *EPS* katrā noenkurošanas punktā. Izstrādātājs apgalvo, ka šādi izstrādājuma efektivitāte salīdzinājumā ar atskaites 1D absorbētāju palielinās 2,5 reizes [50].

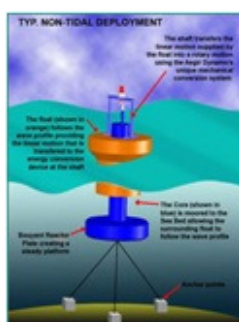
Samazināta mēroga modelis Ohmsett viļņu baseinā uzrādīja pārveidošanas jaudu robežās no 10 līdz 100 kW [51].

Prototipu jūrā samazinātā mērogā bija plānots bija plānots izmēģināt 2011.gadā, bet pilnā mērogā – 2012.gadā.

Plānots iekārtu izmantot tīkla pieslēguma dziļūdens projektos apvienojot ar vēja parkiem [52].

Projekta DE-EE0004565: “Wave-actuated power take-off device for electricity generation” atskaites beigu ziņojums [53].

1.2. Aegir Dynamo (Ocean Navitas) (1p.1. att.) [54]



1p.1. att. Aegir Dynamo (Ocean Navitas) [54]

Aegir Dynamo ir pludiņa absorbētājs. Enerģijas pārveidošanas EP sistēmu (Power Takeoff) veido mehānisks zobratu pārnēsums, kas neatkarīgi no pludiņa kustības vienā virziena piedzen patstāvīgo magnētu maiņstrāvas ģeneratoru.

Aegir Dynamo pārveidotājs ir izvietots noblīvētā centrālajā kolonā, kura ir relatīvi nekustīga, pateicoties balastam, kurš nobīda tās smaguma centru un ir nospriegots ar saitēm ar enkura plāksni “moored reactor plate”.

Izmēģinājumos ar 1,5 kW jaudas ģeneratoru 0,5 m viļņos iegūts rezultāts 0,3 kW. Projektējamā jauda 3.5m viļņos varētu būt 1,4 MW [54].

1.3. Aimmer (Aimmer Marine Energy) no 2013. (1p.2. att.) [55]



1p.2. att. Aimmer [55]

1p.2. att. iekārtas fragments transportējot ar 6 lodveida pludiņiem vai 3 lodveida pudiņu pāriem un viens cilindrveida objekts, bet precīzāku informāciju par darbības principiem nav izdevies atrast, kā tikai to, ka izstrādes grupu ir vadījis Kwai-nam CHAN, kurš ir “FINIMA Innovations”, Hong- Kongā bāzētas R&D firmas pārstāvis.

1.4. Air WEC (Resolute Marine Energy) no 2006. gada (1p.3. att.) [56]



1p.3. att. Air WEC [56]

Projekta gatavība – *TRL 5/6*: “Sistēmas integrēšanas un izmēģinājumu tehnoloģijas demonstrēšana laboratorijā”. 2013. gadā Projekta AirWEC attīstība uz nenoteiktu laiku ir apturēta. Pludiņa absorbētājs, *EPS* uzbūvēta uz pneimatiska cilindra un gaisa turbīnas bāzes.

1.5. Aker WEC (Aker Solutions ASA)

Uztvērēja tips definēts kā slāpētājs (attenuator). Koncepta ideja ir korpusa izliekšanās, kur viens vai vairāki mazāki pludiņi (ķermeņi absorbētāji) ir ar eņģē nostiprinātu kronšteinu

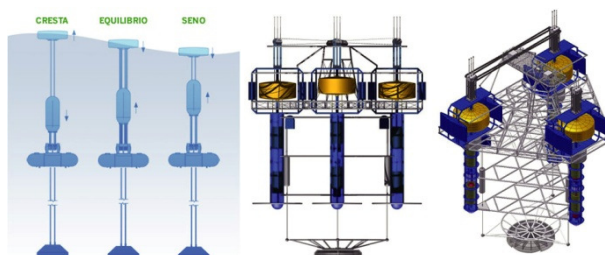
palīdzību kustīgi piestiprināti lielākam centrālajam ķermenim. Eņģe novietota zem ūdens līmeņa. Pludiņi peld ūdenī cilājoties viļņos. EPS sistēma darbojas kā sistēma ar atgriezenisko saiti, kas atkarībā no pludiņa leņķiskā ātruma attiecībā pret eņģes asi regulē elektromotora bremzējošo momentu. Elektromotors darbojas kā ģenerators. Izmēģinājumos par ģeneratoru izmanto Bosch Rexroth servomotoru, kurš savienots ar asi ap 4:1 zobratu pārnese. Iekārtas vadības sistēma sastāv no pārveidotāja, motora vadības un integrētas programmējamā loģiskā kontroliera vadības sistēmas. Programmēšanai un sākotnējo parametru iestādīšanai tā ir datorizēta [57].

1.6. APC-PISYS (PIPO Systems) (1p.4. att.)

Iekārta sastāv no vairākām iegremdētām maināma gaisa spiediena bojām, kuras katrā ir pāri ar peldošu boju uz ūdens virsmas. Struktūra ir stabila pateicoties adaptīvai reakcijai uz vidi. Struktūra konceptuāli paredzēta enerģijas uztveršanai un pārveidošanai plašās robežās

Pie Galīcijas, Spānijā, krastiem uzstādītas noenkurotas APC-PISYS ar kopējo jaudu 1,25 megavati. Nākotnē plānots parku paplašināt līdz kopējai jaudai 10 to 20 megavati, kas ļautu ražot no 30 – 60 GWh gadā.

Saskaņā ar mērījumiem, šāda sistēma, salīdzinājumā ar parastu pārveidotāju palielinot izmaksas 1,5 reizes, ļauj ražot 2,7 reizes vairāk enerģijas [58].



1p.4.. att. APC-PISYS [58]

1.7. AquaBuoy (Finavera Renewables Ocean Energy, Ltd.) 2003. – 2010. gads [59, 60, 61]

Pludiņa absorbētājs savienots ar virzuli, kurš paātrinājuma cilindrā pumpē ūdeni cauri tērauda stiegrotai gumijas caurulei, kurš darbojas kā sūknis. Ūdens tiek sūknēts cauri hidroelektriskai turbīnai (Peltona). Iekārtu ar krasta 12 kV apakšstaciju savieno līdzstrāvas kabelis. Vienas Iekārtas plānotā jauda 250 kW (1p.5. att.).

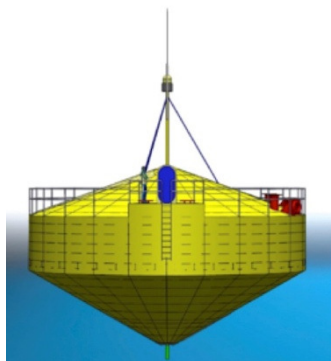


1p.5. att. AquaBuoy [59, 60, 61]

1.8. AquaHarmonics (AquaHarmonics) 2015. gads [62]

AquaHarmonic viļņu enerģijas iekārta ir punkta absorbētājs ar vienkāršu *EPS* iekārtu, kura iemontēta koniskā/cilindriskā korpusā ar vienu enkurošanas saiti, kuras serdē iebūvēts elektrības kabelis. Tās būtiska īpašība ir pludiņa fiksēšanas/ atbrīvošanas (latching/de-clutching) vadīšanas iespēja. *EPS* veido skrūve, kura savienota ar noblīvētu asi un kura ir tieši savienota ar diviem aksiālas plūsmas ģeneratoriem. Iekārta ražo enerģiju tikai korpusam pārvietojoties augšup. Kad korpusa pārvietojas lejup, tie darbojas ka motors, lai nospriegotu noenkurošanas saites un sagatavotu iekārtu nākošam viļņa ciklam (1p. 6. att.).

Nospriegošanas laikā vadības sistēma var nodrošināt papildus enerģijas iegūšanu sasniedzot saskaņošanu fāzē ar jebkuru viļņu frekvenci, tādējādi paplašinot iekārtas darbības frekvenču joslu. Elektriskā enerģija tiek ģenerēta bojas iekšienē un ar slīdkontaktiem uz vārpstas novadīta kabelī.



1p.6. att. AquaHarmonics [62]

1.9. Aqua-Shift (Aqua-Shift) [63]

Punktu absorbētāju masīvs.

1.10. AWECS (Wave Energy Conversion Corporation of America (WECCA))
2008. gads [64]

Ar šarnīriem savienotu 3 baržu viļņu enerģijas attenuators (1p.7. att.) [64].

EPI iekārtas savienotas ar centrālo baržu ar parastām eņģēm. Priekšējās un aizmugurējās baržas kustības tiek salīdzinātas masīvāko centra baržu. *EPI* sastāvdaļa ir hidraulika ar maināmu amortizācijas pakāpi, kas tiek panākta ar adatas vārstu, soļu dzinēju un Arduino Uno mikrokontroleri. Sistēma ir adaptīva automātiski optimizējot iegūtās enerģijas daudzumu. Tā analizē viļņu klimatu un pieskaņo sistēmas parametrus tā, lai visa sistēma būtu rezonanse ar nepārtraukti mainīgo viļņu klimatu. Tiek piesaukta elektrības pieskaņošana lokālajam tīklam; vieglu un izturīgu kompozīta materiālu izmantošana; uztvērēja iegremdēšana drošā dziļumā vētras laikā un tā uzpeldēšana darbam, pēc viļņu klimata normalizēšanās.

WECCA bija viens no 17 pusfinālistiem *US DOE* organizētajā Wave Energy Prize.



1p.7. att. AWECS [64]

1.11. Archimed Wave Swing – AWS III (AWS Ocean Energy,) no 1990. gada
(bijušais Oceanergia)

Pirms 1970. gada projekts saucās “Coventry Clam” – izgudrotājs Norman Bellamy (1p.8. att.) [65].



1p.8. att. Archimed Wave Swing [65]

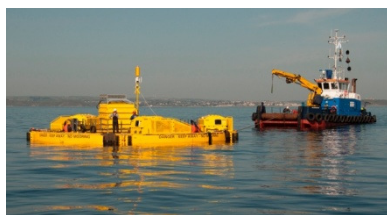
AWS-III ir viļņu enerģiju uztveroša (Self-reacting), daudz sekciju spiediena starpības, peldoša gredzena formas *VEP*. 2,5 MW iekārta, paredzēta pietauvot aptuveni 100m dziļā jūrā okeānā ar standarta tauvošanas saitēm. Tā sastāv no 12 daļām 16 m x 8 m, kuras izvietotas ap 1300 t karkasu, kura diametrs ir 60 m.

Iekārtas *EPS* sistēmu veido gaisa vadi, vārsti, viļņu spilveni un sensori. Šī sistēma savieno gaisa plūsmu no absorbētājiem ar kopējo telpu betona kesonā. Gaisa plūsmas enerģiju elektriskajā pārveido gaisa turbīna, kas griež ģeneratoru. Viļņu spilvenus veido rāmis, kurš pārklāts ar izturīgu membrānu.

2014. gadā *AWS-III* tika veiksmīgi veikts šī uztvērēja / pārveidotāja izmēģinājums [66].

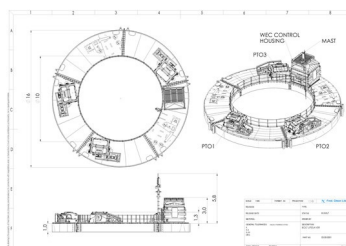
1.12. BOLT Lifesaver Bolt 2 Wavehub (Fred.Olsen Ltd.) 2012. gads [67]

Iekārtas tips ir definēts, kā punkta absorbētājs, bet pateicoties noenkurošanas sistēmai var absorbēt arī viļņa plūsmas enerģiju (1p. 9. att.). Tā sastāv no (3 līdz 5) neatkarīgām *PTO* iekārtām, kuras ir neatkarīgi noenkurotas. Katras *EPS* jauda izmēģinājumos ir 80W. Tās darbojas saistīti. Iekārtai ir unikālas (patentētas) spēka piedziņas sistēmas (drive train).



1p. 9. att. BOLT Lifesaver Bolt 2 [67]

BOLT “Lifesaver” gredzenveida korpusa dizains nodrošina peldspēju un noteikta ūdens tilpuma izspiešanu. Tā iekšējais diametrs ir 10 m; ārējais – 16 m un dziļums 1 m. Šāda forma uzlabo enerģijas uztveršanu no cilāšanās un zvalstīšanās, tādējādi ietaupot peldošās daļas masu un izmaksas. Iekārtas zemais korpusa profils ekstremālos apstākļos samazina neparedzētu triecienu varbūtību un ļauj ar kontrolējamām brīvības pakāpēm slāpēt spēka impulsus kritisku slodžu gadījumā, kā arī samazina vizuāli komulatatīvu iedarbi uz iekārtu kopumu, kā arī ļauj ierobežot nevēlamu pagriezienu, sānu vai garenvirziena nobīdi (1p. 10. att.).



1p.10. att. BOLT “Lifesaver” gredzenveida korpuss [67]

Iekārtas EPS ir elektromehāniska, kurš ļauj sistēmai efektīvi funkcionēt plašā viļņu parametru diapazonā.

Lai enkurošanas trošu spriegošanai izmanto ģeneratorus/elektromotorus kuru vadībai pielieto “kondensatoru atmiņu”.

Konstrukcijas masa 56 t, vidējā iekārtas jauda nominālos viļņošanās apstākļos 10kW/*EPS*.

Izstrādātājs demonstrē pamatotu risinājumu izvēli, kas balstīta uz saprotamiem kritērijiem un padziļinātu (nepilnību) analīzi aprakstos: „SEAWEC-Sustainable Economically Efficient Wave Energy Converter” [68]. un „WAVEGEN – WAVE PUMP SUBMURGIBLE POWER GENERATOR concept” [69, 70].

Firma-izstrādātājs ir darbojusies vai patlaban darbojas SEEWEC konsorcijs sastāvā, kurā ietilpst divas universitātes un 6 firmas [71].

1.13. Bottom Wave Generator (Glenn Edward Cook and **Green Wave Energy Corp.**) [72].

Šim risinājumam pamatā ir oscilējoša ūdens kolonna, kura izgatavota no stikla šķiedras un kurā enerģija tiek absorbēta ar hidrokinētisku turbīnu. Iekārtas korpuss ir 6 m augsts, tā diametrs – 1,8 m, nominālā jauda – 5 kW, cena – 20 000 USD (1p.11. att.).



1p.11. att. Bottom Wave Generator [72]

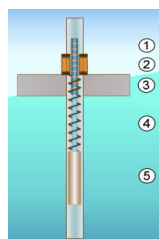
Pieejamā literatūrā nav ziņu par to, kā konstrukcija tiek nostiprināta, vai stabilizēta. Turbīnas vietā tiek lietots apzīmējums: “liels propellers”, nav ziņu par izmēģinājumiem.

1.14. Brandl generator (Brandl Motor) 2008. gads [73, 74]

Pludiņš, korpusa diametrs 10m, augstums 1m, cilājas viļņos. Masīvs svārsts nospirināts uz vienas ass ar magnētiem, iekārts atspere, cilājas nobīdīti fāzē. EPS (PTO) veido pastāvīga magnēta lineārais ģenerators. Magnēti svārstās un mainīgs magnētiskais lauks spolē inducē elektrisko strāvu (1p.12. att.) [73, 74].

Apzīmējumi:

- (1) magnēti
- (2) indukcijas spoles
- (3) peldošs pludiņš
- (4) atspere
- (5) masīvs svārsts



1p.12. att. Pludiņa absorbētājs [73, 74].

1.15. Buldra – FO3 (SEEWEC Consortium vai Fred Olsen Ltd.) 2004. gads

Atenuators, kuru veido Punkta absorbētāji, kuri kustas attiecībā pret cieti nostiprinātu rāmi/platformu (1p.13. att.) [75].

Uzbūvēts SEEWEC projekta ietvaros, lai pārbaudītu FO3 tehnoloģijas efektivitāti. EPS sistēma hidrauliska. Bojas sākuma stāvoklī atgriež svārs (dead weight).



1p.13. att. Buldra – FO3 [74]

1.16. Cal Poly (Protean Wave Energy)

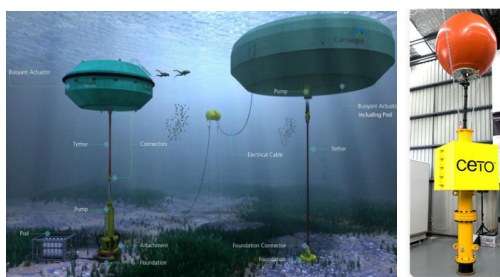
Atenuators, kurš sastāv no vairākām peldošām bojām. Mērķis pārveidot enerģijā kustību visās 6 brīvības pakāpēs. Nav ziņu ar kādu EPS to panāk (1p.14. att.) [76].



1p.14. att. Cal Poly [76]

1.17. CETO (Carnegie) no 1999. gada (1p.15. att.) [77]

CETO 5 sistēma sastāv no trīs 240 kW iekārtām. Lai padarītu sistēmu ekonomiskāku, *CETO 6* jāpadara par kārtu lielāka. Šī paša iemesla dēļ elektroenerģijas ražošana krastā vairs nenotiks. *CETO 5* bojas diametrs 11 m. Tās izvietotas 3 km no krasta. *CETO 6* – tas būs 20 m un attālums līdz krastam 11 km dziļākos un trīs reizes enerģētiski bagātākos ūdeņos.



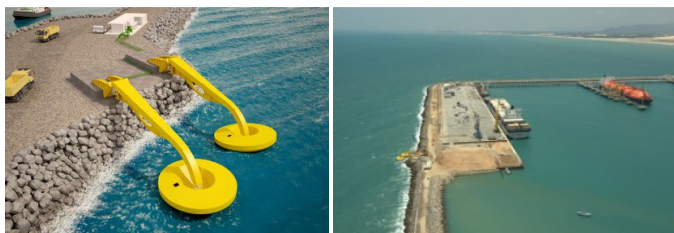
1p.15. att. CETO [77]

Tehnoloģija – *CETO 6* sastāv no iegremdētas bojas, kura pazīstama kā zemūdens spiediena starpības iekārta Buoyant Actuator (BA), kura piedzen cilindru ar darba šķidrumu. Šis šķidrums piedzen hidroelektrisku sistēmu, kura izvietota BA iekšpusē un ražo elektrību [78].

1.18. Tractebel (Coope/UFRJ and wing)

Mehāniska roka ar pludiņu cilājas, un pa noslēgtu ķēdi sūknē saldūdeni, radot augstspiedienu telpā ar enerģijas akumulatoru. Spiediena ekvivalents ir 400 m ūdens stabs. Ūdens griež hidrokinētisko turbīnu, tā savukārt, piedzen elektroģeneratoru. Brazīlijas tehnoloģijas īpatnība ir augstspiediena izmantošana (1p.16. att.) [79].

2012. gadā 2 pludiņu eksperimentālā iekārta Pecemā spējīga ražot enerģiju ar 100 kW jaudu.



1p.16. att. Tractebel [79]

1.19. Costas Wave (Dan Costas)

Iekārta sastāv no 2 kanāliem: ieplūdes kanāls ieplūdes atverēm ar virziena ieplūdes žālūzijām un izplūdes kanāls ar izplūdes atverēm ar izplūdes žālūzijām. Sistēma ir iegremdēta. Viļņi garenvirzienā rada vienvirziena plūsmu savienojumu caurulēs starp kanāliem, kur ievietotas turbīnas. Absorbētā jauda ir proporcionāla šķidrums plūsmai vai efektīvajam ūdens staba augstumam, kurš tiek mērīts kā kopējais dinamiskais spiediens. Eksperimenta mērķis ir parādīt, ka iekārta pēc definēta principa darbojas, neskatoties uz to, ka ieejas un izejas žālūzijas nav paralēlas viļņu straumēm [80].

2013. gadā viens no konceptuāliem risinājumiem izgājis 1. stadijas izmēģinājumus ar slēdzienu: varētu būt ražīgs un efektīvs veids viļņu enerģijas pārveidošanai [81].

1.20. CPO 2 vai Wonderbuoy (CorPower Ocean AB) 2009. gads

CPO 2 ir vertikāli svārstīga boja (1p.17. att.) [82, 83, 84]. Tas ir uztvērējs/pārveidotājs ar viļņu enerģijas blīvumu pāri 8 MWh gadā uz tonnu iekārtas. Enerģijas pārveidošanas sistēma izvietota bojas iekšienē un ietver sevī: pneimatisku atsperi, mehānisku spēka piedziņas sistēmu un aparāturu fāzes kontrolei. Sistēmas projekta *MHT* (Marine and Hydrokinetic Technology Readiness Level) stadija 3 (*TRL 5 – 6*). Sistēmas testi tendēti uz tehnisko risinājumu pārbaudi, alternatīvo konstruktīvo risinājumu un izdzīvošanas risinājumu salīdzināšanu. To rezultāti tiks izmantoti matemātisko modeļu pārbaudei un korekcijām iekārtas konstrukcijā. Izgudrots un ieviests jauns fāzes vadības veids “WAVE SPRING”. Rezultāti apstiprina, ka fiksēšanas aiztures vadīšana, salīdzinājumā ar rezonanses izmantošanu dod vairāk, kā divkārtu *EPS* noslodzi, pie tam nav nepieciešama reālā laika informācija par ūdens virsmas svārstībām. Salīdzinājumā ar pretestības slodzi fiksēšanas aizture enerģijas absorbēšanas efektivitāte pieaug 3 – 5 reizes. Wave Spring vadība apvieno triviālu un reizē efektīvu risinājumu fāzes kontroles punkta absorbētāju industriālai izmantošanai. Dati, kuri ir iegūti šajos Marinet inkubatora izmēģinājumos, apstiprināja pamata ražības parametrus:

enerģijas blīvums 8 kWh/tonnu gadā (iekārtas mērogs 1:1) un prognozējamais *CAPEX*, kurš nodrošina $LCOE < 150$ EUR/MWh (summāri). 2016 “Ocean Exchange” finālists.



1p.17. att. *CPO2* [81]

1.21. Crestwing *WEC* (Crestwing / Danyard Engineering Aps.)

EPS masa – 6 t, konstrukcijas masa 70 t, savienotie pontoni šūpojas eņģēs (1p.18. att.) [85]. Kad viļņa virsotne iziet zem pludiņiem, pontonu savstarpējā kustība tiek pārveidota izmantojamā enerģijā ar lineāru *EP* sistēmu. Pontoni tiek spiesti augšup un ar to pašu vilni mesti lejup. Zem pontoniem notiek sarežģīti hidrodinamiski procesi, kad vilnis dažādas iekārtas daļas vienlaicīgi pārvieto pretējos virzienos.

Tiek apgalvots, ka iekārta absorbē gan potenciālo, gan kinētisko enerģiju, un tas ir augsta lietderības koeficienta avots.

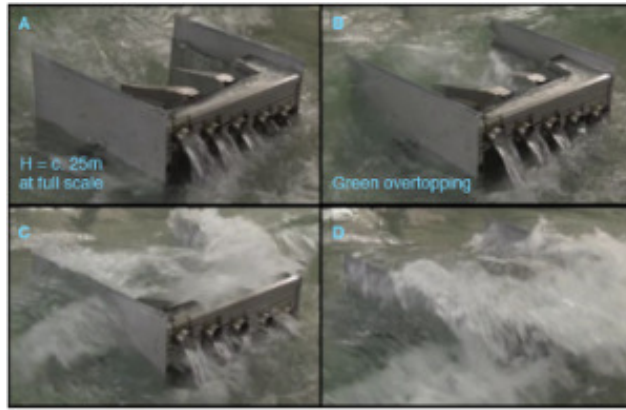


1p.18. att. Crestwing *WEC* [85]

1.22. CyanWave 4 (The CyanWave Wave Energy Converter)

CyanWave darbības princips ir daudz nodalījumu pārplūde (1p.19. att.) [86]. Ar šo prototipu tika testēta pārplūdes spēja/ražība un ekstremālās slodzes. Tas ir 1: 68 mēroga nerūsošā tērauda modelis kam no priekšpuses un aizmugures izvietoti divi 6 *DOF* slodzes devēji.

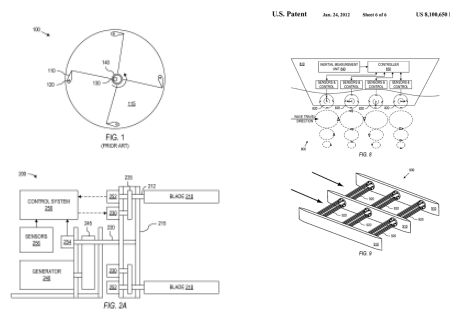
Fiksētās viļņu slodzes sakrīt ar tām kas novērotas viļņlauzēju projektēšanā un tika novērotas vairākas raksturīgas viļņu un struktūras mijiedarbības pie viļņu straumes. Ražības mērījumi parādīja izmainītā dizaina hidraulisko efektivitāti, salīdzinājumā ar iepriekšējiem testiem, un tie sakrīt ar projektētajiem, kas ļauj izdarīt secinājumus, ka 1:1 mēroga izstrādājumam pilnais lietderības koeficients būs aptuveni 30%.



1p.19. att. CyanWave 4 [86]

1.23. Cyclical WEC (Siegel Aerodynamics, Inc.) no 2006. gada

Horizontālas ass turbīnas rotors, kura lāpstiņu uzplūdes leņķi regulē cēlējspēka radītā griezes momenta palielināšanai (1p.20. att.) [87, 88].



1p.20. att. Cyclical WEC [87]

1.24. DexaWave (DEXA WAVE Energy Aps.)

Uztvērējs sastāv no diviem cietiem pontoniem, kuri samontēti kopā ar īpašu (patentētu) eņģes savienojumu (1p. 21. att.) [89, 90]. Viens pontons viļņos grozās attiecībā pret otru. Enerģiju kas piemīt šai kustībai pārveido ar hidraulisko EPS pēc patentētas ūdens zemspiediena tehnoloģijas.

DexaWave iekārtas piegādes izmaksas ir 1,5 miljoni EUR par 1MW

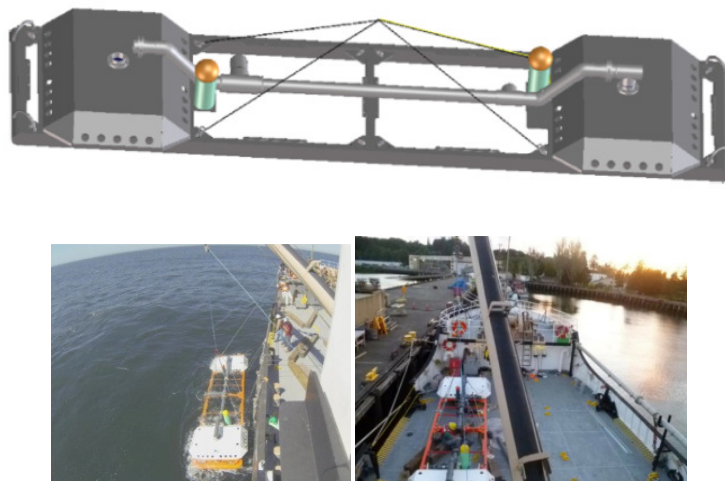


1p.21. att. DexaWave [89, 90]

Pie Bulbjerg vētrā (3m, brāzmas 38 m/s) norāvies no enkura un izskalots krastā. Ģenerators pa ceļam pazudis [91].

1.25. *DMP* iekārta vai NEXUS (*M3* Waves)

Iekārta paredzēta darbam pilnībā iegremdēta un nostiprināta uz okeāna dibenā (1p.22. att.) [92, 93]. Rāmis ir daudzfunkcionāls. Tas kalpo par platformu iekārtas mezglu transportēšanai un par pamatu konstrukcijas nostiprināšanai darba laikā zem ūdens. Balasta cisternas izgatavotas no polipropilēna un katrai ir 1t celbspēja pārveidotāja transportēšanai peldus stāvoklī. Iekārta satur balonus, kas izgatavoti no XR-5 ģeomembrānas. Tie tiek uzstādīti kesonu nodalījumos un ir savienoti ar gaisa vadu, kurā iebūvēta impulsa turbīna, kura neatkarīgi no gaisa plūsmas virziena rotē vienā virzienā. Turbīnas rats piedzen ģeneratoru, kurš ražo elektrisko strāvu.



1p.22. att. *DMP* iekārta [92, 93]

2012. gadā Drakoo-III prototips (Drakoo-B0004 mērogā 1: 2) NAREC (Lielbritānijas Nacionālajā Atjaunojamās Enerģijas centrā) tika izmēģināta iekārtas viļņu enerģijas uztveršanas spēja un pārveidošanas efektivitāte.

1.26. Duck (Ocean Energy Laboratory of Guangzhou)

Iekārtas jauda 100 kW. Tā ir peldoša "Pīles" tipa viļņu enerģijas uztvērējs, kurš veiksmīgi uzstādīts, un tiek darbināts jūrā (1p. 23. att.) [94]. Tajā ir izmantota vairāku pakāpju hidrauliska elektrības ģenerēšanas sistēma, kura ļauj sistēmai darboties dažādos viļņu klimata apstākļos. Sīkāk, iekārta satur divus dzinēju komplektus (30 kW un 70 kW), kuri tiek darbināti vai atslēgti atkarībā no viļņu parametriem. Ja viļņi ir lieli, paralēli tiek darbināti abi dzinēji.

Šāda shēma izvēlēta, lai samazinātu izmaksas un palielinātu enerģijas apmaiņas efektivitāti. Projektu vada Dr. Yage You, kura pārvaldībā vai partnerībā ir vairāk kā 20 lokālie pētniecības projekti.



1p.22. att. Duck [94]

1.27. DUO Wave Energy Converter (Pure Marine) Sea potential Team

Iekārta ir punkta absorbētājs absorber, kurš vilnī uztver vairāku brīvības pakāpju kustību. Iekārta uztver viļņu enerģijas vertikālo un horizontālo komponenti (3p.23. att.) [95]. Par EPS nav ziņu.

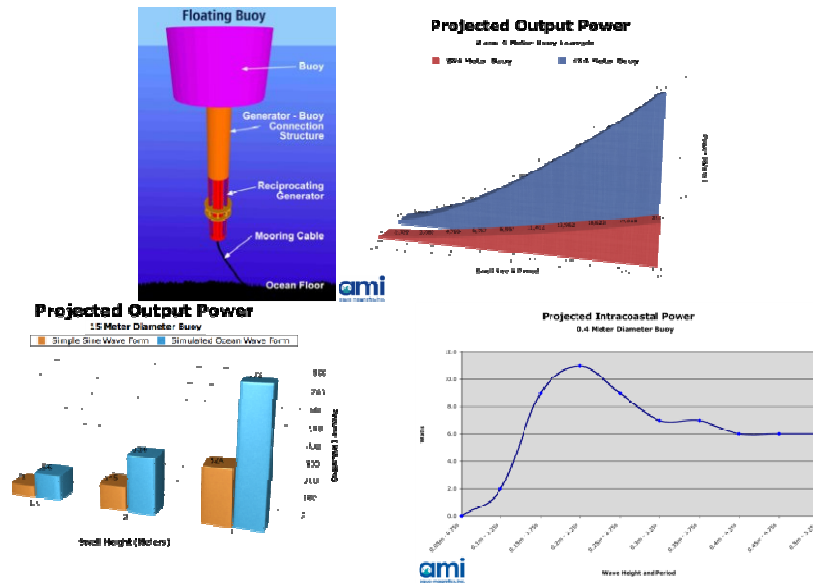


1p.23. attēls. DUO Wave Energy Converter [95]

1.28. Electric buoy or Ocean Electric buoy (Aqua-magnetic Inc.) no 1972. – 1992.

Iekārtas korpuss cilājas viļņos kamēr fiksēšanas plātes notur serdi nekustīgi. Savstarpējā kustība ģeneratorā, kurš izvietots serdē ģenerē *EDS* (1p.24. att.) [96].

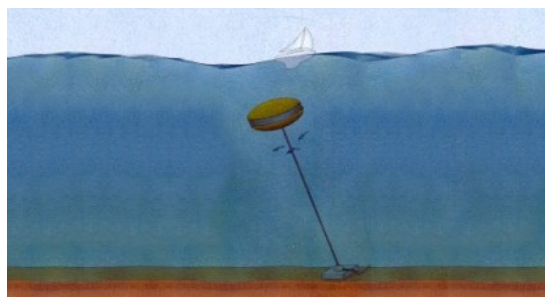
Eksistē arī versija, kurā ģeneratoru tinumi izvietoti mobilā stabilizētā platformā, serdeni nostiprināti pie pludiņiem, kuri šūpojas viļņos. Platformu virs ūdens notur iegremdēti peldoši pontoni. Lineāro ģeneratoru ražotājs *AMI*.



1p.24. att. Electric buoy [96]

1.29. Eel Grass (AeroVironment Inc.)

Iekārta noenkurota jūrā, peld iegremdēta zem ūdens virsmas. Pludiņu pārvieto horizontālās viļņa straumes. Tai ir piestiprināta turbīna, kas ražo enerģiju (1p.25. att.) [97].



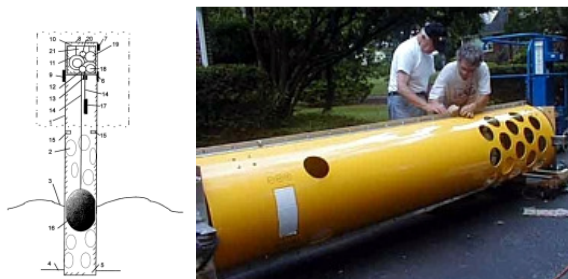
1p.25. att. Eel Grass [97]

Arhimēda spēks ceļ boju uz augšu nostiepjot saiti, fiksē to vertikālā virzienā. Izobāras virsmas viļņa ūdens tilpumā attiecībā pret turbīnu pārvietošanas vertikālā virzienā. Tā kā vilnis ūdens tilpumā pārvietošanas, saite ļauj bojai pārvietoties horizontālā virzienā turp atpakaļ. Pludiņam vai turētājam ir piestiprināta turbīna, kas pārvietojoties ūdens tilpumā ģenerē elektrību [98]. Par to, kas tā ir par turbīnu, ziņu nav.

1.30. Electric Generating Wave Pipe – EGWaP (Able Technologies LLC.) 2002. gads

Iekārtā izmanto speciāli konstruētu, videi nekaitīgu, dobu nekorodējošu cauruli, kuras augstums ir no okeāna gultnes līdz augstākā viļņa virsotnei. Tā ir stingri nekustīgi vertikāli nostiprināta (1p.26. att.) [99, 100].

Ja viļņa iedarbībā ūdens līmenis caurulē ceļas, pludiņš paceļas un atsvars nolaižas. Tas piedzen galvenā zobratu pārnēsumu, kurš griež ģeneratoru. Mehānisms nodrošina šīs rotācijas virziena nemainību arī pludiņa un atsvara kustībai pretējā virzienā. Saražotā elektroenerģija tiek aizvadīta pa kabeli.

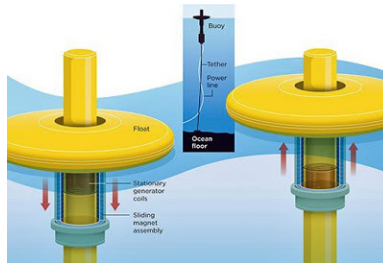


1p. 26. att. Electric Generating Wave Pipe [99, 100]

Iekārta ir oscilējoša ūdens kolonna, kurā par *EPS* kalpo pludiņš, kurš neģenerē viļņus apkārtējā vidē, ar mehānisko pārveidotāju rotācijas kustībā. Tiesa – pats kolonnas korpusa rada refleksiju (atstaro viļņus). Interesanti, kā tas iespaido ūdens līmeņa svārstības kolonnas iekšienē?

1.31. Electric Wave (Oregon state University support of Columbia Power Technologies) no 2009. gada

Punkta absorbētājs ar lineārā ģeneratora *EPS*. Izstrādātājs Annette von Jouanne. Darbus 3 gadus finansējis Columbia Power Technologies (1p.27. att.) [101].



1p.27. att. Electric Wave [101]

1.32. Energen Wave Generator (Energen)

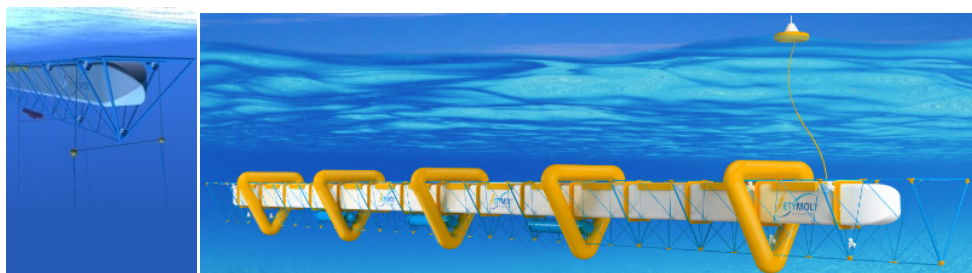
Energen Wave Generator ir peldoša *VEP* ar hidraulisku *EPS* [102]. 2007. gadā tā bija radīšanas stadijā (2D izmēģinājumi, plānoti vēl 3D izmēģinājumi).

Par iekārtas darbības principu ir maz ziņu. Tiek pieņemts, ka tās tiek aizturētas, lai noformētu patentu aizsardzību. Iekārta noenkurota pavērsta pret ienākošo viļņu virzienu. Tā sastāv no taisnstūra rāmja ar 2 pontoniem un vairākiem griezes momentu ģenerējošiem cilindriem centrā. Šie cilindri tiek izmantoti lai uztveru viļņu enerģiju (vilnis tos spiež horizontālā virzienā) un piedzītu hidraulisku sistēmu, kura griež hidraulisku motoru un ģeneratoru. Lai aizsargātu hidrauliku no apkārtējās vides, tā ir iebūvēta cilindros. Hidrauliskais šķidrums ir eļļa.

2012. gadā modelis mērogā 1: 50 izmēģināts Stellebosh-ā pēc kā tiek prognozēts, ka viena iekārta var ģenerēt 1,4 MW enerģiju, vai (acīmredzot ar 80 iekārtām) 979 GWh gadā [103].

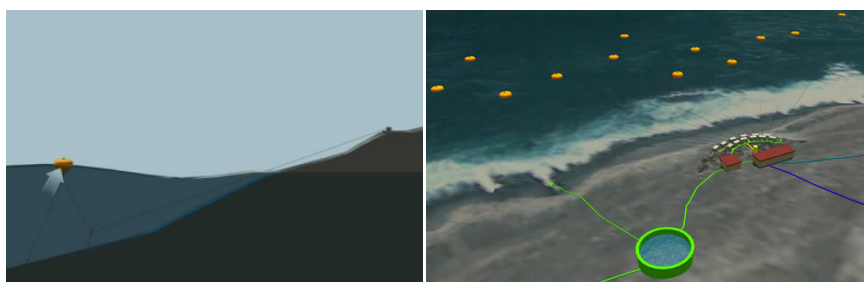
1.33. Etymol WEC (Etymol Ocean Power SpA.)

Spiediena starpības *VEP* iegremdēts nekustīgi atklātā jūrā dziļūdenī 3 – 10 m dziļumā. Iekārta ir piepildīta ar ūdeni un tajā ir vairākas kameras un vairāki “vārti”, kuri ļauj ūdenim ieplūst no kamerā ar augstāku spiedienu un izplūst kamerā ar zemāku spiedienu (1p.28. att.) [104]. Plūsma starp šīm kamerām griež hidrokinētisko turbīnu, kura piedzen kompresoru, kurš uzlādē pneimatisko akumulatoru un uzkrāj absorbēto enerģiju. Saspiestais gaiss griež sinhrono turboģeneratoru, kurš ģenerē elektrisko strāvu tīklam. Konstruktoru izaicinājums ir konkurētspējīgu kapitālieguldījumu izmaksu iegūšana uz 1MW vienlaikus saglabājot slodzes koeficientu (capacity factor) virs 30%.



1.34. Fishman (Purneco AS)

Izstrādne ir peldoša boja, kura piestiprināta trosei ar pašnostiepjamo vinču ar mehānisku pārnesumu, hidraulisku pārveidotāju un ģeneratoru, kurš ražo elektrību, vai ūdeni zem spiediena reversīvajam Osmosis procesam ūdens atsāļošanai (1p.29. att.) [105].



3p.29. att. Fishman [105]

1.35. FLB (China MOST) 2008. gads

100 kW iekārta OWS ir uz gultnes montējama, kombinēta bojas un enģēs iekārtas lāpstiņas. Ienākošie viļņi izsauc konstrukcijas daļas svārstīšanos turp atpakaļ, tādējādi liekot hidrocilindram sūknēt ūdeni augstspiediena caurulē. Ūdens darbina turbīnu, kura savienota ar elektrisko ģeneratoru.

FLB platums ir 7 metri, projektētais efektīvais viļņu augstums ir 2 m. Viļņu resursu enerģijas sliekšnim kopējais lietderības koeficients ir 14 %, bet tiek apgalvots, ka stacija ir pelnoša [106].

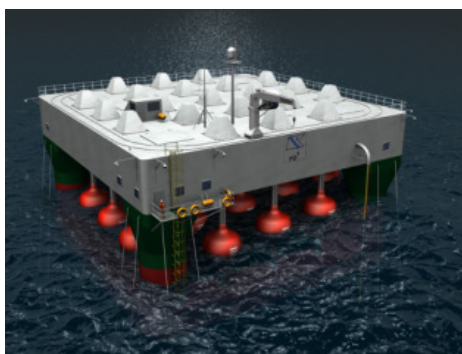
1.36. Floating Pendulum Dynamic Vibration Absorber (FPDVA) 2017. gads; AMOG TRL – 3

Floating Pendulum Dynamic Vibration Absorber tehnoloģija balstās uz svārstību slāpēšanā mehānikā “Pendulum Dynamic Vibration”.

2017AMOG konferencē tika prezentēta jauna viļņu enerģijas pārveidotāju klase “Floating Pendulum Dynamic Vibration Absorber” (FPDVA). Iekārtas mehāniskās un kustībā esošās sastāvdaļas atrodas tikai uz ūdens līmeņa [107].

1.37. FO3 (SEEWEC Consortium/ Fobox AS) 2006. gads

FO3 ir kompakts boju masīvs (1p.30. att.) [108, 109].



1p.30. att. FO3 [108, 109]

1.38. Float Wave Electric Power Station – *FWEPS* (Applied Technologies Company Ltd.)

FWEPS enerģijas pārveidošanas princips balstās uz viļņu svārstību un iebūvēta svārstību slodzes mehānisma efektīvu mijiedarbību (1p.31. att.) [110]. Svārstību slodze ir atsperes svārst. Efektivitātes uzlabošanai iekārtā ir iebūvēts enerģijas akumulators (nav ziņu, kāds: vai vienkārši spararats, vai iekārta svārstību aiztures efekta radīšanai). Elektroenerģiju ražo rotējošs elektroģenerators. Iekārtas korpusa forma izvēlēta efektīvai enerģijas uztveršanai (oscilējošs peldošs objekts).



1p.31. att. Float Wave Electric Power Station – *FWEPS* [110]

1.39. Gentec WaTS (Greenheat Systems Ltd.) no 2002. gada

Gentec WaTS ir hibrīda sistēma. Tā uztver viļņu enerģiju līdzīgi pārplūdes sistēmām (owertopping device) ar slīpo plakni, bet turbīnas vietā ir svārstīgas straumes uztvērējs (AWSC) ar eņģi augšpusē un lokanu apakšmalu. Sistēma kā enerģijas uzkrāšanai un pārvietošanai izmanto lielu siltuma akumulatoru [111, 112].

1.40. Nav nosaukuma (GreenField Technologies LLC.)

Bez nosaukuma hidrokinetiska ūdenī peldoša turbīna *VEU* [113].

1.41. GWH/ Wavelinx Ltd. established 2008. gads

2012. gadā Oceanlink OWC Mark-1 vraks pie Port Kemblas krastiem (1p.32. att.) [114]. Oceanlink koncepta iekārta Mark-2 3000 t nogrima, to transportējot no Adelaidas uz MakDonelu. (1p.32. att. b) [115].



a



b

1p. 33. att. OWC Mark-1 vraks [65] un Oceanlink koncepta iekārta Mark-2 [115]

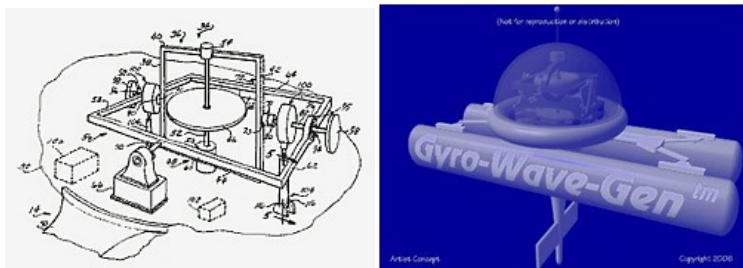
Oceanlinka pamata elementi ir oscilējoša ūdens kamera un turbīna ar regulējamu lāpstiņas leņķi vienmērīga griešanās ātruma nodrošināšanai neatkarīgi no gaisa plūsmas virziena [116].

Oceanlink iekārta Mark 3 ir peldoša daudzkameru OUK VEP ar patentētu gaisa turbīnu “Denniss Auld turbine”, kura piedzen elektroģeneratoru [117].

1.42. GyroGen 2015. (DNS) (Paradyme Systems USA) [118, 119]

1.43. GyroWaveGen (GyroWaveGen) 2010. gads uz 1979. gada modeļa pamata

Viļņu enerģijas žiro pārveidotājs ir uzmontēts uz peldoša ķermeņa. Lai pārveidotu svārstu veida kustības rotācijas kustībā. Tas sastāv no spararata, kurš nostiprināts divos rāmjos tā, lai tā rotācijas ass būtu perpendikulāra abu rāmjū rotācijas asij. Ārējais rāmis nostiprināts pie peldošā ķermeņa. Motors griež spararatu ar regulējamu ātrumu. 2 ģeneratori pārveido momentu plostam pret ārējo rāmi un iekšējam rāimim pret ārējo (1p.34. att.) [120].



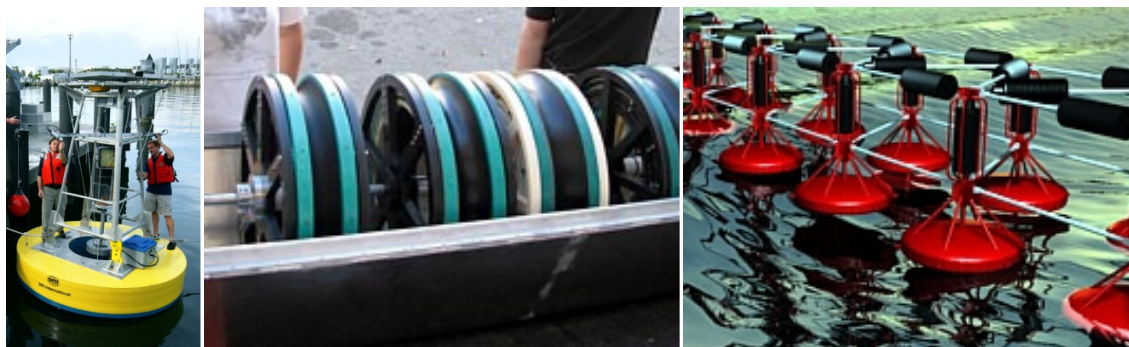
1p.34. att. GyroWaveGen [120]

1.44. HYDRA (Wavegen) – 2000

2000. programma tika pārtraukta pirms prototipa būvēšanas, jo aprēķini parādīja, ka iespējamais ieguvums nesedz tā konstruēšanas un uzstādīšanas izmaksas [121].

1.45. Hyper Drive WEC (SRI International) 2008. gads

EPS sistēma izveidota uz speciālu polimēru (Electroactive Polymer Artificial Muscle) bāzes. Tas ir gumijots materiāls, kurš ģenerē elektrību, kad to saspiež un kad tam ļauj ieņemt iepriekšējo stāvokli (1p.35. att.) [122].



SRI testa boja Mākslīgo muskuļu ģenerators SRI masīvs (zīmējums)
modulis

1p. 35. att. Hyper Drive WEC [122]

1.46. IAMS INTELLIGENT ACTIVE MOORING SYSTEM (AWS Ocean Energy + Teqniqa Systems and University of Exeter)

Šī sistēma ir enkurošanas saites sastāvdaļa, kura paredzēta slodžu maksimumu izlīdzināšanai, nodrošinot selektīvu elastību. Zināmos apstākļos (vētras) tā pagarina saiti par 30%. Tehnoloģija balstās uz Vectra pīšanu, un tādejādi tiek iegūta ļoti augsta UTS spēja. Konkrētā realizācija ir izmantojama iekārtās, kurās slodze uz pilnībā izstieptu saiti nepārsniedz 4,000 kN (1p.36. att.) [123].



1p.36. att. IAMS INTELLIGENT ACTIVE MOORING SYSTEM [123]

1.47. H-Wec (Havkraft) 2015. gads

Ir pierādīts ka atkarībā no spiediena *OUK* sistēma var absorbēt 35% enerģijas no dažu periodu viļņiem. Šīs sistēmas īpatnība ir tā, ka salīdzinājumā ar tradicionālajām *OUK* iekārtām, tā ir pārveido vairāk enerģijas neregulāru viļņu gadījumā (1p.37. att.) [124].



1p.36. att. H-Wec (Havkraft) 2015 [124]

1.48. Intention offshore wave energy converter – *IOWEC* (Intention AS)

Konceptu veido izstiepts pludiņš, kurš nostiprināts pie bojas, stabilizējot garo malu pret ienākošajiem viļņiem. Garais pludiņš tāpat ir piestiprināts divvirzienu ūdens sūknim, kurš, savukārt, piestiprināts enkuram, kuram ir regulējama peldspēja. Pilna izmēra iekārtas *EPS* paredzēta uz hidroturbīnas bāzes ar enerģijas akumulatoru un elektroģeneratoru. To aizsargā starptautiskais patents Nr. WO2011065841A1. Viļņu uztveršanas iekārta ir aprīkota ar regulējamām atsperas spriegojamām berzes bremzēm cilāšanās un šūpošanās kustībai. Lietderības koeficienta pārbaudei tika izmantoti vairāki viļņu profili, kuri raksturo viļņu klimatu Ziemeļjūrā (WS1,..., WS5). Homogēniem viļņiem iekārtas lietderības koeficients ir robežās, no 23,8% (WS1) 24 kW/ 100,85 kW, līdz 8,7 % (WS5) 310 kW/ 3563 kW. Nehomogēnos viļņos vidējais lietderības koeficients bija lielāks vai vienāds 16,5 % (WS2) 57 kW/ 345,5 kW. Enkurošanas sistēmai lielākā slodze pārrēķināta mērogam 1:1 ir 495 kN (WS5), pie kuras lielākā *EPS* nostiepuma slodze ir 1618 kN (3p.37. att.) [125, 126].



1p.37. att. IOWEC [125, 126]

IOWec (2) komanda ir sadarbība starp *MIT* Sea Grant, Politecnico di Torino, Florida Atlantic University un Wave4Energy (1p.38. att.) [127, 128, 129, 130].

Peldošs rezonanses punkta absorbētājs ar šķidruma tilpumiem frekvences regulēšanai ar ekscentrisku žiroskopisku sistēmu *EPS*.



1p.38. att. IOwec (2) komanda [127, 128, 129, 130]

1.49. INWave (ENGINE Inc.)

Iekārta ir atklātas jūras pārveidotājs, kura sastāv no bojas, skriemeļiem, kuri nostiprināti pie jūras dibena un *EPS* moduļa. Trīs saites ir stingri nostieptas no skriemeļiem uz *EPS*, kurš kopā ar boju viļņos pārvietojas turp un atpakaļ. Tā kā iekārta pārveido enerģijā bojas kustību visās 6 brīvības pakāpēs, tad ir iespējams uztvert enerģiju pat zemas enerģijas blīvuma apstākļos, kādi ir piekrastes zonās. *EPS* modulī sprūdratu pārvads pārveido saites spoles svārstības pastāvīgā rotācijas kustībā. Lai novērstu neviennozīmīgas situācijas enerģijas pārveidošana izmanto atsperes torsion (spriegotāju) [131].

1.50. *IPS OWEC* Buoy (Interproject Service *AB (IPS)* and Technocean) 1990. gads

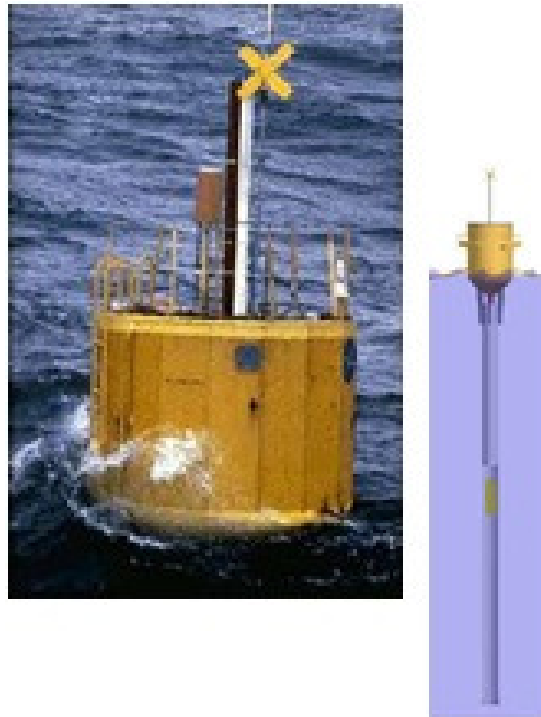
Iekārtas enerģijas uztvērējs ir apaļa vai ovāla boja, kuras izmērs un svars ir izvēlēti atbilstoši prognozējamai dominantajai viļņu situācijai. Boju notur elastīga saite, kura ļauj tai viļņos brīvi kustēties vertikāli attiecībā pret ūdens masu, kura ieslēgta garā “paātrinājuma caurulē, kura piestiprināta zem bojas. Bojas kustība attiecībā pret ūdens masu ar virzuļa un stieņa palīdzību tiek pārnesta uz *EPS*, kura izvietota bojas korpusā. Bojas diametrs 3 – 12 m var tikt nokomplektētas grupās pa 5 un vairāk, veidojot spēkstacijas. Nepieciešamais ūdens dziļums 30 m un vairāk (1p.39. att.) [132].

IPS sistēmā ir iebūvēta pārslodzes aizsardzība, vadības programma un instrumenti, katra iekārtas mezgla pieskaņošanai viļņu augstuma, viļņu spektra un citām izmaiņām. Iekšējās enerģijas pārveidošanas sistēmas izpildījums var atšķirties. Tradicionāli tā ir eļļas hidrauliskā sistēma, kura satur standarta komponentes: cilindri, akumulatori, vārstu bloķē, hidrauliskie motori, kuri nodrošina labu apkalpošanu un iekārtas kalpošanas ilgumu.

Tam alternatīva var būt šļūtenes sūkņu bloks, kurš sūknē ūdeni uz mazu turbīnu, kura griež īpašu ģeneratoru.

Tiek apgalvots, ka reālos apstākļos (50 – 70 kW/ m) ar 10 m boju elektrības iznākums ir 1,4 GWh gadā un momentānā jauda var sasniegt 150 – 250 kW, kas atbilst 30% lietderības koeficientam.

Trešais variants ir pārvērst lineāras svārstības rotācijā ar mehānisku sistēmu. Šī rotācija tiek izmantota lai grieztu turbīnu.



1p.39. att. INWave [132]

1.51. Irish Tube Compressor – *ITC* (Jospa Ltd.)

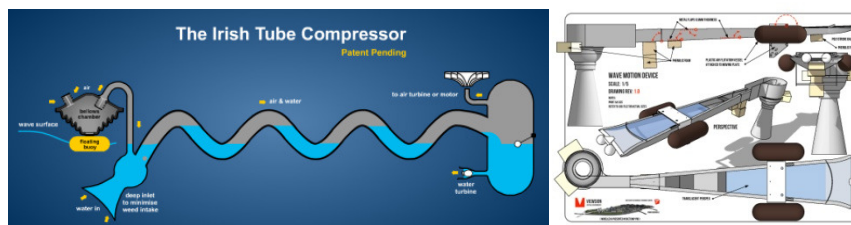
Iekārta sastāv no pastiprinātas, bet lokanas caurules, kura peld uz ūdens un vadāmas gaisa un ūdens ieplūdes atvērtajā daļā. Viļņi lokot cauruli ar vertikāliem ielokiem dzen ūdeni un gaisu uz caurules beigām. Rezultējošais ūdens stabs un gaisa spiediens tiek ar gaisa un hidro turbīnām pārvērsts elektrībā (1p.40. att.) [133].

Var uzskatīt, ka *ITC* darbojas 3 etapos:

1. Process sākas ar ūdens un gaisa iesūkšanu. (Detaļas šeit netiek izpaustas) Tiek apgalvots, ka tas tiek darīts, cik vienkārši vien iespējams.

2. Procesa vidus fāzei paredzētas garas īpašas lokanas caurules, kuras atgādina masīvu “lilo” matraci.

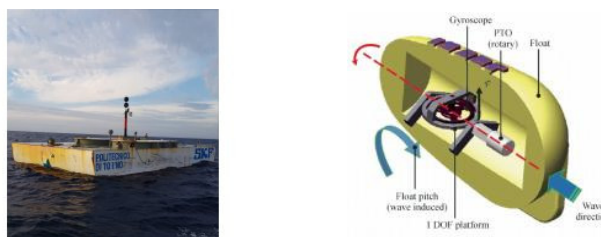
3. Enerģijas savākšanas fāze, kurā vārsti un separatori, uzgaļa cisternas/uztvērēji ūdens un gaisa turbīnas, kuras griež elektriskos ģeneratorus. Detaļu sarežģītība, cik minimāla vien iespējams.



3p.40. att. Irish Tube Compressor – *ITC* [133]

1.52. *ISWEC* (Wave for Energy Ltd.) 2009. gads

ISWEC – tā ir žiroskopa tehnoloģija (1p.41. att.) [134].



1p.41. att. *ISWEC* [134]

1.53. *JOULES* WaveTrain Sloped Pneumatic (Joules Energy Efficiency Services Ltd.) Īrija

Iekārta ir vairāku enerģijas moduļu masīvs. Modulis sastāv no vairākām slīpām caurulēm, kuras ir atvērtas apakšā, bet pārklātas augšdaļā. *EPS* darbojas uz saspīestu gaisu un gaisa turbīnām (1p.42. att.) [135]. No apraksta var secināt ka caurules strādā kā *OWC*.

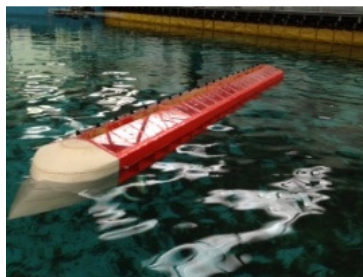


1p.42. att. JOULES WaveTrain Sloped Pneumatic [135]

1.54. KNSWING (KN Ocean Energy Science & Development)

KNSWING projektā ir paredzēts attīstīt eksperimentālu atenuatora tipa viļņu enerģijas pārveidotāja modeli. Beigu konstrukciju paredzēts izveidot no betona un uzstādīt Dānijas teritoriālos ūdeņos Ziemeļjūrā. Kuģveidīga konstrukcija iever 2 x 20 *OWC* kambarus. Modeļa mērogs 1: 50 (1p.43. att.) [136].

Pētījumi rāda, ka pie viļņiem ar $H_s = 5$ m vidējā absorbētā jauda būs aptuveni 2900 kW.



1p.43. att. KNSWING [136]

Teorija par šī viļņu pārveidotāja modeli atrodama literatūras avotos [137, 138, 139].

1.55. KROK-1 (Ovsiankin Energy Group) vai ISHIKA INC vai **Krok-1 1990. gads**

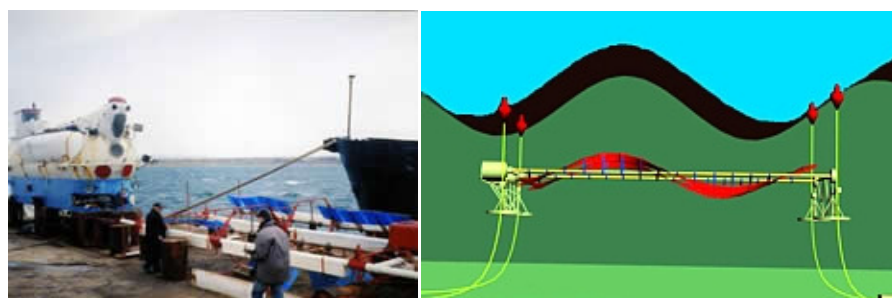
US DOE WEP atskaitē teikts, ka Ovsjannkina grupa startējusi ar pārveidotāja projektu, kur uztvērēja elementi ir lokani. Iepriekš Ovsjannkins strādājis ar skrūves vai gliemeža “Krok” tipa uztvērējiem.

Kopš 1990. gada Kijevā izvietotais Krok-1 piederēja V. Ovsjankinam. Gadu gaitā strādājot pie jauna veida viļņu spēkstacijas, sadarbojoties ar Nacionālo aviācijas universitāti, Nacionālo kuģu būves universitāti, Ukrainas NAS hidromehānikas institūtu, Kijevas kuģu būvētavu un citiem partneriem.

Peldošā un elastīgā sistēma sastāv no izstieptiem asīm, pa kuru apvītas spirāles virsmas, kuras tiek pagrieztas ar vārpstām (1p.44. att.) [140]. Asu beigās ir ģeneratori enerģijas ražošanai. 1 km platumā var uzstādīt līdz 24 moduļiem, kuri var radīt 0,5 – 3 MW atkarībā no atrašanās vietas un viļņu stipruma. Uzstādīšanas izmaksas ir 3500 – 4000 USD/ kW.

Ukrainā patentēti dažādi mazie modeļi tiek veidoti un pārbaudīti vārpstas tvertnē. 2006. gadā Kijevas kuģu būvētavā tika savākts WPP-10 prototips ar jaudu 10 kW un 2007. gada martā/ aprīlī izmēģināts atklātā ūdenī militārās pētniecības bāzē Sevastopole. Faktiski sasniegtais rezultāts tomēr ir tikai 2 – 3 kW.

Krok-1 izmēģinājums tomēr 2 – 3 miljonu lielu iekārtu tuvumā Zimina salā Melnajā jūrā, kuru 2008. gada beigās pārskatījis un apstiprinājis valsts akadēmiskā padome, būs nepieciešami 8 miljoni USD investīciju izmaksām, kuras uzņēmums nevar atļauties. 2009. gadā kā pirmais solis ceļā uz 500 kW pilotu moduļa ieviešanu tika parakstīts Bosch Rexroth dalības apliecinājums WPP būvniecības projektā. Pēc tam Ovsjankins piedalās dažādās konferencēs par viļņu enerģijas jautājumiem. Aktuālākas informācijas par turpmākajām īstenošanas stadijām nav.

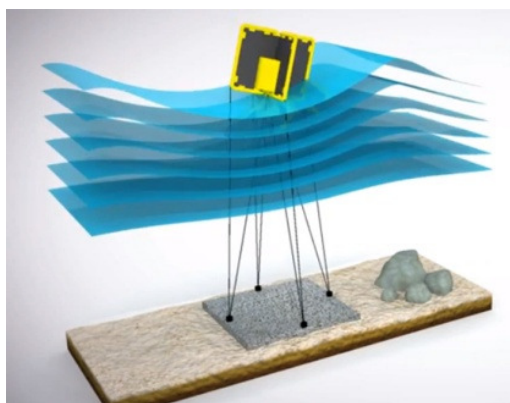


1p.44. att. *KROK-1* [140]

1.56. LAMWEC (Laminaria) TRL 5-6

Alternate Wave Surge Absorber

Horizontālās kustības iespaidā iekārta, nostiprināta 4 saitēs, nobīdās un klanās. Enkurošanas saites ir pievienotas (tieši vai ar transmisijas starpniecību) elektro-ģeneratoram. Iekārtas kustība tiek pārveidota ģeneratoru rotācijā, kas ražo elektrību. Iekārtā ir iebūvēts adaptīvs, funkcionēšanu nodrošinošs uztveramo enerģiju regulējošs algoritms, kurš kontrolē iekārtas iegremdēšanas dziļumu. Tas ļauj iekārtai funkcionēt plašā viļņu parametru diapazonā (1p.45. att.) [141].



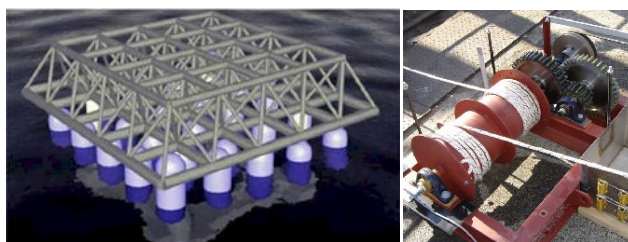
1p.45. att. LAMWEC [141]

1.57. Nav nosaukuma (Leviathan Energy Waves)

US DOE WEP deklarēts, ka uztvērējs ir divās dažādās plaknēs strādājošu turbīnu kombinācija. WEBā teikts, ka Leviathan viļņu uztvērējs ir izstrādes stadijā. Pirmās izstrādes pamatā ir viļņa rotācijas un vertikālās kustības uztveršana. Otrās izstrādes – viļņu enerģijas plūsmas koncentrēšanai ir izmantots mākslīgas pludmales [142].

1.58. Manchester Bobber (Manchester University) 2004. gads

Manchester Bobber ir Ciešs boju masīvs. Tā izgudrotājs – Peter Stansby. Karkass ar peldošiem pludiņiem, kuri vilnim šķērsojot konstrukciju, kustina pludiņus augšup/lejup un griež skriemeli, kurš savienots ar spararatu un elektro-ģenerātoru (1p.46. att.) [143]. Komerciāla mēroga iekārta varētu attīstīt vidēji 5 MW jaudu, kas ir vairāk nekā lielākās jūras vēja turbīnas. Salīdzinājumā ar viļņa pārveidošanas iekārtām, konstrukcija izceļas ar vienkāršību un izturību. Ar ūdeni saskaras tikai pludiņi. Visas pārējās mehāniskās un elektriskās komponentes izvietotas drošībā uz karkasa, virs ūdens līmeņa. Tas padara sistēmas apkalpošanu daudz vienkāršāku un lētāku, kā arī ļauj apkopes veikt ar lielākiem intervāliem. Papildus, lielās vētrās pludiņi var tikt ātri papildīti ar ūdeni, samazinot svārstību amplitūdu un aizsargājot sistēmu no pārslodzes. 105. attēlā ir attēlota enerģijas pārveidošanas iekārta prototipam mērogā 1:10. Tā pārveido pludiņu lineārā pārvietojuma kustību, rotācijas kustībā, kas ar pārnese starpniecību piedzen elektrisko ģenerātoru.



1p.46. att. Manchester Bobber [143]

1.59. Mark 3 vai CCell (Zyba Limited + The University of Bath)

Lai palielinātu uztvertās enerģijas daudzumu, viļņu horizontālo garensvārstību uztvērējs (*VHGU*) konstruēts ar īpaši ieliektu darba virsmu (1p.47. att.) [144]. Mark 1 uztvērējs un tā vadības sistēma laboratorijas testos, salīdzinājuma ar plakanajām garenvirziena horizontālo svārstību sistēmām, uzrāda četrkārtīgu ražības pieaugumu pie fiksētām izmaksām.

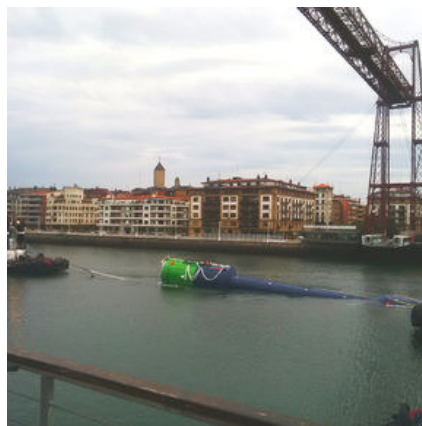
Ieliektā struktūra ne tikai uzlabo iekārtas hidrodinamiskās īpašības, bet arī ļauj palielināt sistēmas noturību un samazināt izmantojamo materiālu apjomu.



1p.47. att. Mark 3 vai CCell [144]

1.60. MARMOK-A-5 (Oceantec Energias Marinas SL) 2012. gads

Tehnoloģija ir punkta absorbētājs, kurš strādā uz *OUK* principa. Tā ir liela peldoša boja 5 m diametrā, 42 m garumā un ar masu 80 t. Iekārtas sastāvā ir divas 30 kW turbīnas. Gandrīz visa iekārta, izņemot peldošo boju atrodas zem ūdens. Enerģija tiek absorbēta ar turbīnām pārveidojot vienvirziena rotācijas kustībā gaisa plūsmu no saspīestā un retinātā gaisa augšējā nodalījumā (1p.48. att.) [145].



1p.48. att. MARMOK-A-5 [145]

1.61. Nav nosaukuma (MARUTHI POWER)

Punkta absorbētājs ar mehānisku spēku summēšanu maksimāla momenta iegūšanai zemas intensitātes viļņos [146].

1.62. McCabe Wave Pump (Hydam Technologies Ltd.) no 1980. gada

Sistēma sastāv no stabilizētas, peldošas platformas platformas, kura ir noenkurota un, kurai abās pusēs ir platas taisnstūra kustīgas tērauda platformas, kuras rada hidraulisku spiedienu, kad viļņi tajās iniciē kustību. Enerģija var tikt izmantota divējādi: 450 kW elektriskās enerģijas vai dzeramā ūdens iegūšanai ar reverso osmis destilāciju (~ 275,000 m³ gadā, par 5 € centi/ m³) (1p.49. att.) [147, 148].

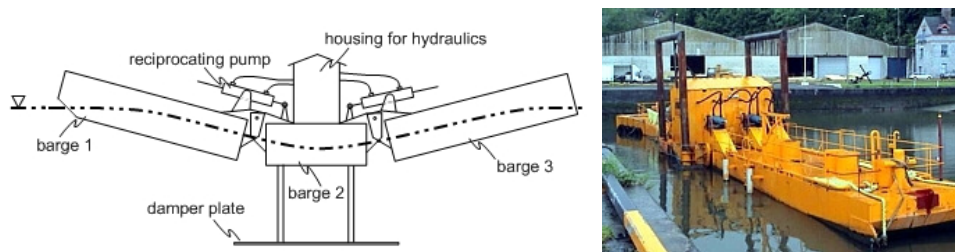
1996. gadā ekspluatācijā uzstādīts 40 m garš 4 m plats prototips (Šannonas upē Īrijas krastā pie County Clare Kilbahā).

2001. gadā John Hopkins universitātē doktora disertācijas ietvaros tika modelēta sistēma, kura saucās saeņģotu baržu sistēma un uzrādīja ražības pieaugumu 2,5 reizes.

2003. gadā notika vēl viens 6 mēnešu izmēģinājums Shannon Estuary.

2004. gadā iesākta būvēt komerciāla versija, bet tā arī nav pabeigta.

2010. gadā Dublinā bāzēta firma Enegia, kura darbojas Viridianas grupas sastāvā, vienojās ar Ocean Energy Systems (OES), par 500 kW modernāku McCabe (shaft) Pump iekārtu ražošanu un piegādi par 1 miljonu USD gabalā. Nav ziņu par to, ka šis projekts būtu īstenots.

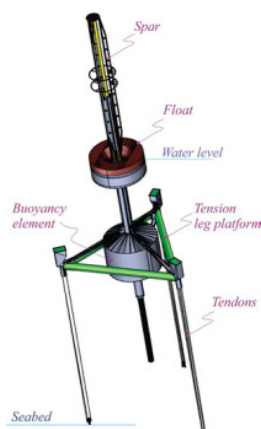


1p.49. att. McCabe Wave Pump [147, 148]

1.63. MD wave power converting (Sigma Energy) 2008. gads

Mehāniska EPS ar vienvirziena inerciālu sajūgu, kurš ģenerators rotēšanu padara vienmērīgu un tādejādi uzlabo tā ražību. Izstrādātājs ir uzkonstruējis oriģinālu cirkulāra pludiņa dizainu ar atvērtu apakšdaļu un vienvirziena vārstu sistēmu, kura aiztur iepriekš aprēķinātu ūdens daudzumu, kurš stabilizē pludiņa svaru un (ekstrēmu viļņu gadījumā) ievērojami samazina apakšas nobīdes (slamming) slodzes. Pludiņš ir pievienots reaktoram (spar) ar īpašu sfērisku savienotāju, kurš ļauj pludiņam svārstīties garenvirzienā, samazinot

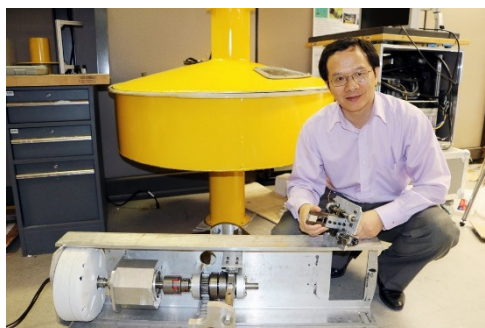
dinamiskās slodzes uz vertikālo (spar), kas padara pludiņa kustības vienmērīgākas. Reaktors ir aprīkots ar nospriegošanas platformu ar 3 vienāda garuma šarnīriem, kuri stabilizē vertikālu caurejošo stieņa kustību (1p.50. att.) [149]. Kā pierāda izmēģinājumi, tas padara pludiņa cilāšanās kustību stabilu un efektīvu. Eksistē arī patentēta procedūra platformas uzstādīšanai un nospriegošanai izvēlētajā vietā. Marinet izmēģinājumu atskaite dota literatūras avotā [150].



1p.50. att. *MD* wave power converting [150]

1.64. Mechanical Motion Rectifier (*MMR*) (Virginia Polytechnic Institute and State University)

Mechanical Motion Rectifier ir tehnoloģija, kuru izmanto *EPS*. Šī jaudas noņemšanas sistēma pārveido neregulāru divvirzienu viļņu kustību ģeneratora vienvirziena rotācijā, integrējot divus vienvirziena gultņus uz plauktu sistēmas iekārtu. *MMR* ir efektīvāka salīdzinot ar lineāro amortizācijas *EPS*, un optimālā kardānvārpstu *MMR* sistēmas amortizācija ir mazāka nekā lineārās amortizācijas sistēmās (1p.51. att.) [151].



1p.51. att. Mechanical Motion Rectifier [151]

1.65. *MHD Wave Energy Converter PTO* (SARA Inc NXergy, Inc.) 1989. – 2009. gads

Magnetohidrodinamiskais pārveidotājs saista sistēmas, kuras darbojas ar cilāšanās kustību ar bīdņa pārnestu viļņu kustību uz dziļi iegremdētu *MHD* ģeneratoru. Bīdnis spiež šķidrums caur spēcīgu patstāvīgo magnētu kontūru, ģenerējot lielas strāvas zemsprieguma *EDS*. Invertors šo strāvas elektrisko enerģiju pārveido 60 Hz elektrotīkla maiņspriegumā (1p.52. att.) [152].



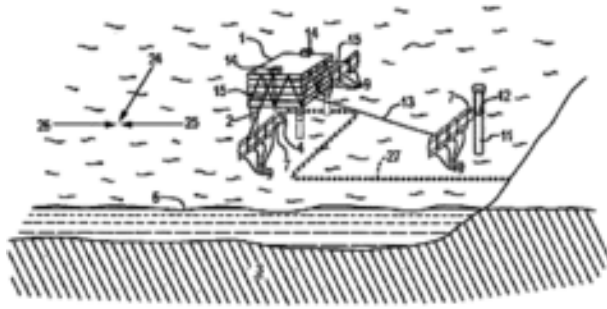
1p.52. att. *MHD Wave Energy Converter PTO* [152]

Šī ir unikāla *EPS*. Viens no uztvērēja konceptiem boju masīvs. SARA ir proklamējusi, ka tai ir efektīvs risinājums viļņu enerģijas pārveidošanai ar lietderības koeficientu ap 50%. 2007. gadā tā ir uzprojektējusi, uzbūvējusi un notestējusi 100 kW *MHD* ģeneratora laboratorijas modeli, kurš paredzēts darbam zem ūdens. Informācija vēlāk norāda, ka projekts ir pārtraukts [153].

1.66. Nav nosaukuma (Mighty Waves Energy LLC.) 2013. gads

Point absorber, team leader Doug Wolfe

Okeāna enerģijas uztveršanas sistēma izmanto horizontālas struktūras elementus, ko iespaido viļņu kustība. Elementi ir izvietoti līnijā, kura kopē viļņa profilu. Ģeneratora platforma uz balstiem okeānā vai krastā, un uztveršanas elementi rotē zem platformas, vai ap balstu, kurš izvietots platformas apkārtnē. Rotācija griež ģeneratora stabu pateicoties tiešam savienojumam ar struktūras elementu vai trosi, kura pievieno struktūras elementu ģeneratora spolei. Sistēma adaptējas dažādiem paisuma ūdenslīmeņa augstumiem (1p.53. att.) [154].



1p.53. att. *US Patent No. 7821150 B2* [154]

1.67. MotorWAVE (Motor Wave Group) 2004. gads

MotorWAVE iekārta sastāv no posmiem. Katrs posms sastāv no diviem pludiņiem (1p.54. att.) [155]. Cilāšanās augšup/lejup tiek pārnesta uz centrālo asi, kura sasummē visu moduļu enerģiju. Tas notiek ar hidraulisku iekārtu saspiežot gaisu. 2 m viļņos katrs modulis dod 16 kW, 3 m – 81 kW un 5 m – 625 kW. Tai pat laikā viļņu enerģijas absorbcijas koeficients 0,17. Pie vidējā viļņu augstuma 2 m 70 moduļu iekārta saražo 1 MW enerģijas, kas ir aptuveni 0,6 MW to pārveidojot elektroenerģijā. Ja moduļa darba mūžs, tiek prognozēts 15 gadi, tad, ņemot vērā avārijas, tās ir 8000 stundas gadā un 4,87 GWh/gadā. Tā kā 70 moduļu komplekta izmaksas ir 100,000 USD (pie rūpnieciskas ražošanas), tad 1 kWh cena ir 0,0015 USD un sākotnējie ieguldījumi ir 170,000 USD/MW.

Katra iekārta tiek veidota no 70 moduļim. Tās garums 1000 pēdas. Katra pludiņa tilpums 4 m³.

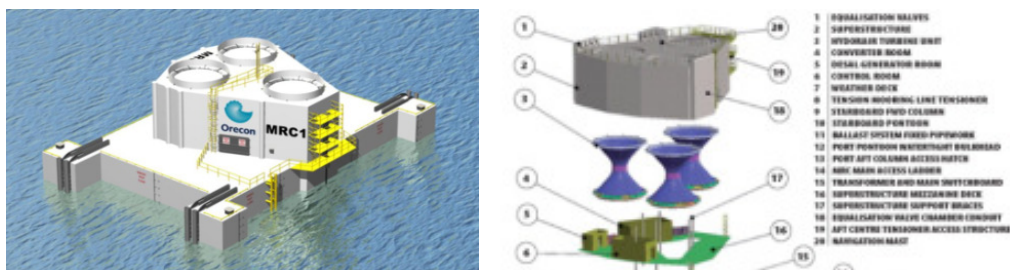


1p.54. att. MotorWAVE [155]

Norādīts ka lietderības koeficients 99% (acīmredzot, mehāniskais absorbēšanas koeficients) Paliek neskaidra neatbilstība lietderības koeficienta teorētiskajam maksimumam 50%.

1.68. MRC (ORECON) 2002. – 2012. gads

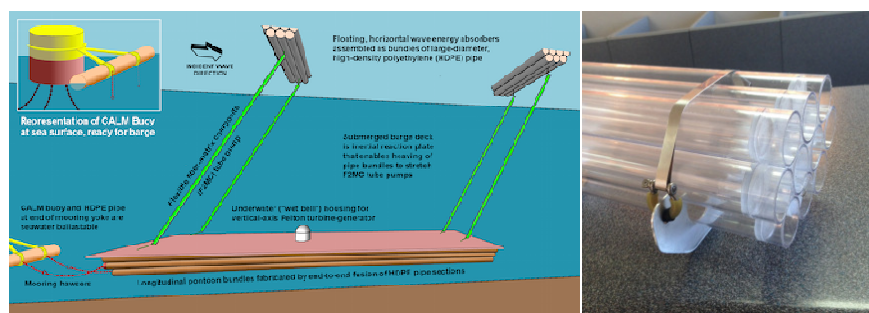
Daudz kameru oscilējoša ūdens kolonna (1p.55. att.) [156]. 2010. gadā sākas problēmas ar pilna mēroga projekta finansēšanu.



1p. 55. att. MRC (ORECON) [156]

1.69. MULLET MULti-body LinEar Terminator. (Advanced Ocean Energy @ Virginia Tech)

Iekārta ir tandēms no diviem savienotu cauruļu saišķu viļņu enerģijas terminatoriem (*BITWEC*), kuri izvietoti viens aiz otra viļņu izplatīšanās virzienā. Katrs saišķis ir savienots ar diviem stiklašķiedras kompozīta cauruļu sūkņiem pie iegremdēta cauruļu pontonu baržas, kura salikta no liela izmēra cauruļu sekcijām un kalpo kā stabila reakcijas plāksne. Ūdens no sūkņiem tiek novadīts uz Peltona turbo ģeneratoru. Zemūdens barža ir piestiprināta pie nekustīgas/nofiksētas (*CALM*) bojas un var tikt pacelta virs ūdens, servisa operāciju veikšanai (1p.56. att.) [157].



1p.56. att. MULLET MULti-body LinEar Terminator [157]

1.70. Mutriku OWC (Basque Energy Board (EVE)) Voith Hydro Wavegen Limited no 2006. gads

Mutriku rūpnīcas dizains ietver dobu struktūru, kura veido trapecveida formu. Struktūrai ir priekšējā atvere, kura ir iegremdēta zem ūdens un arī atvere augšpusē.

Priekšējā atvere ir 3,20 m augsta un 4 m plata. Tukšā konstrukcija satur 16 gaisa kameras, kurās ir 16 turbīnas.

Katra turbīna sver 1200 kg un ir 2,83 m augsta un 1,25 m plata. Turbīnām nav pārnēsūmkārbas, hidraulikas vai regulējamās lāpstiņas. Tie ir vienkārši, uzticami un strādā ar gaisu.

Wells turbīnas ir savienotas ar turboģeneratoru ar jaudu 18,5 kW. Turboģeneratoram ir droseļvārsts apakšā, lai to izolētu, ja nepieciešams. Svaiga ūdens inžektori attīra turboģeneratora asmeņus, lai novērstu sāļus un citu piemaisījumu uzkrāšanos (1p.57. att.) [158].

Iekārta ietver arī vadības un jaudas kondicionēšanas iekārtas, transformatoru centru un jaudas noņemšanas līniju.

OWC tika uzcelta 100 m sekcijas mola iekārtas sienas ārmalā. Augu pamats tika novietots, rafinējot tranšeju 0,50 m dziļumā, platumā 14,25 m un garumā 102 m.

Iekārta aprīkota ar 16 gaisa kamerām, kuras izgatavotas no četrām atvērtām izgatavotajām daļām un 12 slēgtām daļām. Katra daļa tika pacelta vietā, izmantojot celtņus ar 50 t pacelšanas jaudu.

Pēc tam, kad detaļas bija vietā, iegremdēja betonu, lai nostiprinātu visu struktūru. Tad kameras tika pārklātas ar 80 cm biezām saliekamās plātnes, kuras izgatavotas no dzelzsbetona.

Spānijas komunālo pakalpojumu firma Ente Vasco de la Energía (*EVE*) 2011. gada jūlijā oficiāli pasūtīja Mutriku viļņu enerģijas ražotni Basku zemē Spānijā. Uzņēmums ģenerēs jaudu 300 kW, lai nodrošinātu 250 mājsaimniecību. Ieguldījums tika veikts 6,4 miljonu eiro apmērā.



1p.57. att. Mutriku OWC [158]

OWC tehnoloģiju izstrādāja Voichena filiāle Wavegen, kurš ir Voith Siemens Hydro meitas uzņēmums. Tehnoloģiju piegādes līgums bija 1,2 miljoni eiro [159].

Izmaksājot 6,7 miljonus *EUR*, no kuriem 2,3 miljoni *EUR* ir paredzēti elektrostacijai, bet pārējā milzīga jūras siena, kurā tā atrodas, un vienlaicīgi aizsargā ostu - projekts ir balstīts uz gudru svārstību pastiprinošu tehnoloģiju, kura pazīstama kā OWC [160, 161].

1.71. Nemos (NEMOS GmbH)

Šī *VEP* sistēma sastāv no pagarināta peldoša pludiņa, kurš piesaistīts pie jūras gultnes ar trīs saitēm. To ierosina viļņu kustība, kura ar saitēm pārnes enerģiju uz vinčām un ģeneratoriem, kuri izolēti vēja ģeneratoru kolonnā. Mainoties viļņu virzienam sistēma tam pieskaņojas ar patentētas “sea If-acting” sistēmas palīdzību. Sistēmai paredzēta aizsardzība pret pārslodzēm, kas var pludiņu iegremdēt dziļumā, kur ūdens ir mierīgs (1p.58. att.) [162].

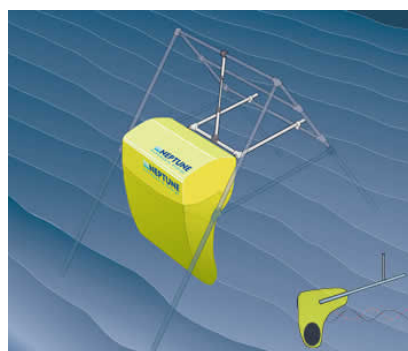
2014. gadā intensīvu pētījumu rezultātā, ieviešot kompleksus spēka profilus, tika iegūts lietderības koeficients ap 80%.



1p.58. att. Nemos [623]

1.72. Triton (Neptune Renewable Energy)

Triton iekārta paredzēta darbināšanai netālu no krasta. Tā sastāv no asimetriska pludiņa un ar šarnīra stieņiem nostiprināta A veida rāmī, kurš nostiprināts pie ūdenstīlpnes gultnes. Pludiņa masa var tikt izmainīta iesūkņējot vai izsūkņējot no tā ūdeni. Bojas forma izveidota tā, lai tā prtetfāzē ģenerētu ienākošo vilni un vājinātu izejošo vilni (1p. 59. att.) [163]. Tiek apgalvots, uzlabo viļņu enerģijas uztveršanu, un uzlabo kopējo sistēmas efektivitāti. *EPS* paredzēta hidrauliska ar virzuli.

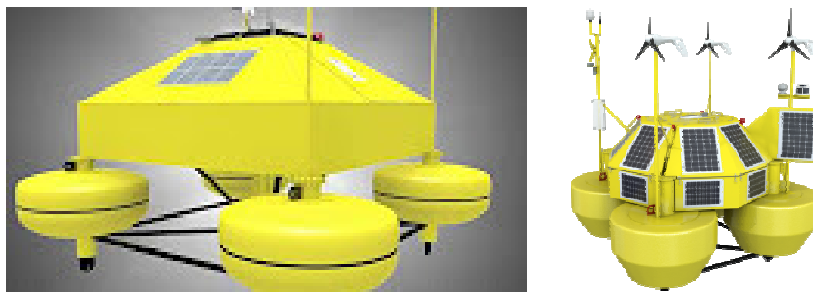


1p.59. att. Triton [163]

Aprakstos netiek runāts par viļņa garenvirziena un pludiņa mijiedarbību, kura šādai pludiņa formai noteikti būs.

1.73. Neptune (KIC InnoEnergy Iberia)

Meteoroloģiskā jūras boja ar savu nosaukumu “Eolos”, kura paredzēta vēja klimata statistikas noteikšanai atklātā jūrā (1p.60. att.) [164].



1p.60. att. Neptune [164]

1.74. Neptune (Mermaid Power Corporation) 2010. gads

Iekārta sastāv no ārējās peldošās sistēmas ar kupolu 12000 kg, kustīgā pludiņa 3,500 kg, kurš nostiprināts sistēmas iekšpusē, un *EPS*, kura sastāv no mehāniska kustības pārveidotāja uz rotācijas kustību un elektroģeneratora. Tiek apgalvots, ka tikuši veikti mērījumi, lai noteiktu reālo enerģijas daudzumu, kas vertikāli pārvieto 3500 kg smago galveno pludiņu, bet rezultāti netiek publicēti (1p.61. att.) [165]. Viļņu augstuma un perioda mērījumiem izmantots *RTB* viļņu sensors (Ottawa) un viļņu video pret atskaites iezīmēm, Enerģijas iedarbība noteikta mērot elektrisko jaudu vatos un rezultējošo atsperu izstiepumu ar zināmiem elastības spēkiem. Ciparu devēji mēra apgriezīgu skaitu un kustīgā pludiņa vertikālo kustību. Visi šie dati salīdzināti ar reālajiem viļņu augstumiem un periodiem.



1p.61. att. Neptune [165]

1.75. Neptune WEC (Neptune Wave Power)

Neptune WEC ir punkta absorbētājs ar horizontāli rotējošu svārstu. Atbilstoša piedziņas sistēma pievienota elektroģeneratoram. Iekārtas konstrukcija tiek veidota no atsevišķiem moduļiem, tā lai tā būtu vienkārši komplektējama, transportējama, uzstādāma, noenkurojama un apkalpojama. Šis moduļu dizains ar dubultu korpusu aizsargā visas kustīgās daļas un elementus, kuri tiek izvadīti ārpus tā (1p.62.att.) [166].



1p.62. att. Neptune WEC [166]

Galvenie raksturlielumi:

- Dziļums uzstādīšanas vietā: 25 – 75 + m;
- Attālums līdz krastam: 1 – 5 + kilometri;
- Attālums starp uzstādītām bojām: 50 metri, starp centriem;
- Bojas maksimālā jauda 225 + kW;
- Noslodze (Net capacity factor): 30 –75%;
- Viļņu augstums: 1 – 10 + m;
- Eksploatācijas mūžs: 30 gadi.

Modelis 3.1 ir pirmais pilnībā funkcionējošā tehnoloģijas demonstrācija, kura aptver masveida ražošanas iespējas ar pilnīgu dinamiskās optimizācijas iespēju. 2013. gadā sistēma pārbaudīta apjomīgos izmēģinājumos reālos apstākļos pie Ņūhempšīras krastiem. Izmēģinājumu laikā 3 m caurmēra un 3 t smagā sistēma tika pakļauta vairākām vētrām, kurās viļņu augstums sasniedza 6 m. Šo izmēģinājumu laikā tika pierādīta konstrukcijas peldspēja un enerģijas ģenerēšana paredzētajā apjomā. Izmēģinājumu laikā tika ievākti vērtīgi dati izstrādājuma uzlabošanai un lielāka mēroga konstrukcijas veidošanai [167].

1.76. NextGen (Revision Consulting)

Punkta absorbētājs ar pielāgotu vadības sistēmu. Uzlabota vadība “OE buoy” (Ocean Energy USA) iekārtai [168, 169].

1.77. (NM-AGGIE Waves) 2015. gads

NM-AGGIE Waves ir viļņu darbināma rotējoša turbīna. Izgudrotāji – Ram Prasad un Sasi Prabhakaran (abi strādā New Meksikas štata universitātē). US DOE WEP komandai piešķirta diskvalifikācija [170].

1.78. Nodding beam = Energy (Nodding beam = Energy LTD.) 2006. – 2016. gads

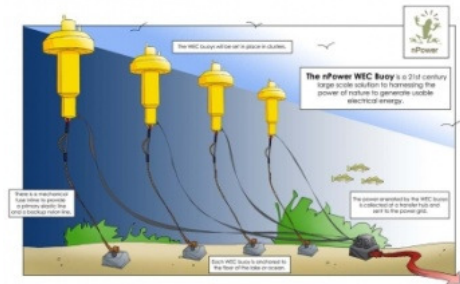
Iekārta ir viļņu enerģijas pārveidotājs, kurš izmanto vienkāršu principu “Nodding Beam”, ko parasti izmanto naftas sūkņēšanā no urbumiem. Lai iegūtu enerģiju no jūras viļņiem, tas tiek apvienots ar lineāriem ģeneratoriem, kuri uzmontēti uz vienkāršas betona baržas [171]. Firma un tās mājas lapa šobrīd vairs neeksistē.

1.79. Noro Joy (Filipīnas) no 2006. gada

2008. gadā tika uzbūvēts Noro-Joy peldošās viļņu enerģijas ģenerators (NJ-6), kurš spēj attīstīt līdz pat 15 kW jaudu, nodrošinot apgaismojumu visam vietējam ciemam. No tā var secināt tikai to, ka platformai vajadzētu kalpot atpūtai. 3 m x 3 m platformu paredzēts uzstādīt South Road Properties ūdeņos un noenkurot aptuveni 10 m no krasta līnijas. Komerciālā izpildījumā iekārta maksās 1 – 1,5 miljonus peso un kalpošanas laiks būs 10 gadi [172]. Cītu datu nav.

1.80. nPower (Tremont Electric) 2007. gads

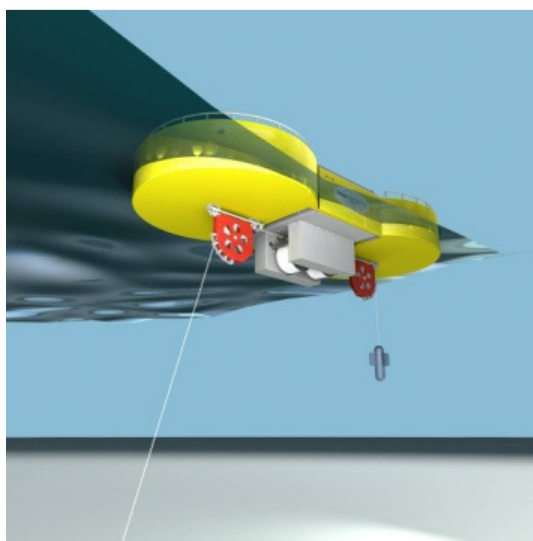
Viļņu pārveidotājs ir vieglās automašīnas izmērā. Tas ir iebūvēts peldošā bojā, kura peld atklātā ūdens tilpnē, tādā kā Eri ezers. Tajā ir magnēts, kurš tiek pārvietots indukcijas spolē, tādejādi ģenerējot strāvas impulsus. Tie tiek savākti koncentratorā un pārveidoti elektriskā tīkla strāvā (1p.63. att.) [173].



1p.63. attēls. nPower [173]

1.81. Ocean Harvester (Ocean Harvesting Technologies)

Iekārta uztver enerģiju ar vinčas starpniecību katru reizi, kad vilnis to paceļ. Patentēta *EPS*, izmantojot atsvaru, pārvērš sistēmas dažādās svārstības vienmērīgā jaudas un spēka līdzsvara sistēmā, šādā veidā *EPS* elektrotehniskā daļa var tikt piemērota vidējās, nevis maksimālās enerģijas pārveidošanai/ražošanai. Šādai pieejai vajadzētu minimizēt *EPS* izmaksas, nodrošināt augstu efektivitāti un sistēmas ģeneratora un citu elektrisko jaudas elementu noslodzi (load factor), kā arī samazināt enerģijas izmaksas. Bojas izmēri – 12 x 5,6 x 1,4 m (mērogs 1: 2), *EPS* svars 25 t, superstruktūras svars 85 t (1p.63. att.) [174, 175].



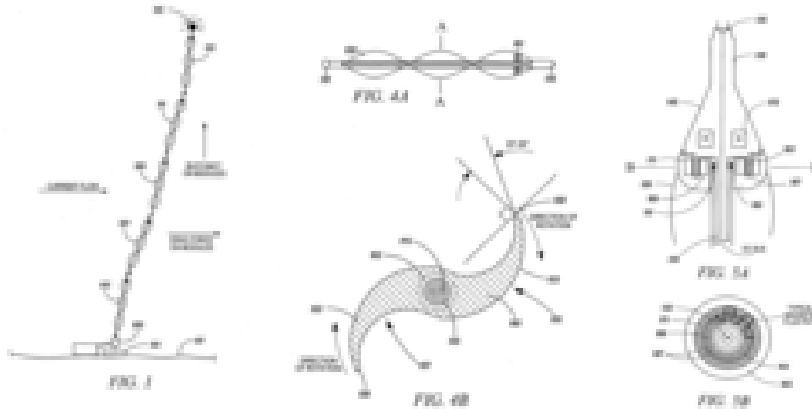
1p.63. att. Ocean Harvester [174]

1.82. Nav nosaukuma (Ocean Kinetics)

Mainīga uztveršanas platuma vienstāva pietauvots pašreakcijas terminators [176]. Izslēgts no *US DOE WEP* konkursa.

1.83. Tension-moored hydroshell (Ocean Lab.)

Iekārtas izgudrotāji – Bart D. Hibbs, Dr. Tyler MacCready, Phillip T. Tokumaru, Thomas Zambrano, Dr. Dominique Roddier – *CTO*, Principle Power, Inc; Prof. Ronald W. Yeung – UC Berkeley. Ir patentēta tehnoloģija, kurai ir pierādīts konceptuālais risinājums, izstrādāts dizains un izmēģināšanas bāzē (UC Berkeley Field Station) izmēģināts fiziskais modelis (1p.64. att.) [177, 178, 179].



1p.64. att. Tension-moored hydroshell [177, 178, 179]

Raksti periodiskos izdevumos atrodami literatūras avotos [180, 181].

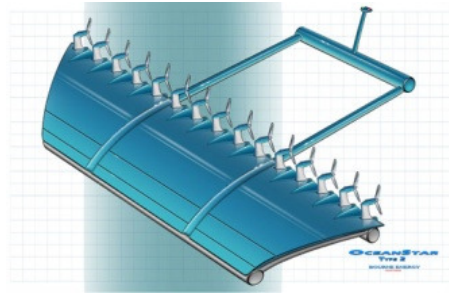
1.84. OMI Combined Energy System – OMI CES (Ocean Motion International)

Virsmas slāpētājs, kurš sastāv no punkta absorbētājiem. Masas nobīdes VEP, kurš aprīkota ar boju sūkņu sistēmu, kuri tiek pozicionēti viļņu laukā ar bīdņiem [182].

Patentēts jūras ūdens sūknis ir būtiskākais sistēmas mezgls, kurā ir izmantots minimāls daudzums kustīgu detaļu, kas atvieglo sistēmas apkopi. Hidroturbīnas elektriskais ģenerators tiek darbināts ar jūras ūdeni, kam spiedienu ražo vairāki/ daudz sūkņu, tādējādi plūsmu padarot konstantu [183].

1.85. OceanStar

Iekārta ir nobalansēts uz priekšu noliekts un iegremdēts vairogs, kuru notur līdzsvarā divas stabilizatora caurules. Uz aizmugurējās malas ir vairāki balsti, kuri notur turbīnas, kuras darbina gaisa kompresorus, tādā veidā ģenerē saspiestu gaisu turbīnai, kura darbina elektrisko ģeneratoru (1p.65. att.) [184].



1p.65. att. OceanStar [184]

1.86. Oceanus-2 (Seatricity)

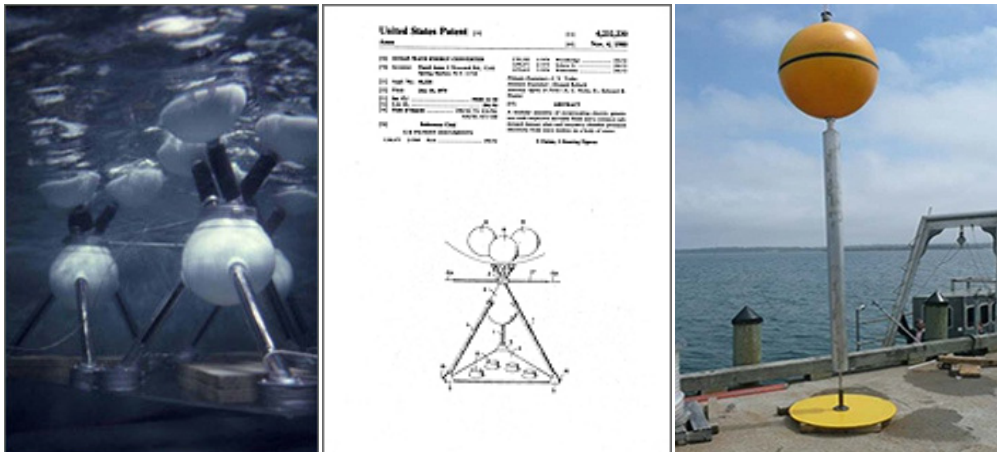
PTO masa – 0,5 t, pilnizmēra iekārtas svars – 1,2 t. Iekārta ir pludiņš, kurš nostiprināts pie jūras gultnes ar sūkņa starpniecību. Viļņi darbina sūkņus, kuri zem spiediena sūknē ūdeni uz koncentratoru krastā, kur turbīna to pārveido elektrībā. Vienmērīga sistēmas darbība tiek regulēta ar speciālu vārstu. Vienas iekārtas jauda ir 162 kW (1p.66. att.) [185].



1p.66. att. Oceanus-2 [185]

1.87. *OWEC* (Ocean Wave Energy Company) 1992. gads, (firma nozarē no 1978. gada)

OWEC ir atenuators, punkta absorbētājs. Visiem trīs *OWEC* modeļiem ir līdzīgs darbības princips. Visa struktūra ir iegremdēta zem ūdens līmeņa, izņemot bojas, kuras ir peldošas. Bojas šūpojas viļņos attiecībā pret iegremdētu reakcijas plāksni, kura kalpo par konstrukcijas pamatu. Boju šūpošanos attiecībā pret plāksni lineārais ģenerators pārvērš elektroenerģijā. Jeb, otrs variants – šo kustību pārveido rotācijas kustībā, un elektrības ražošanai izmanto parastu elektroģenerātoru (1p. 67. att.) [186].

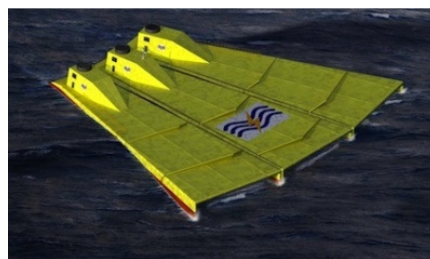


1p. 67. att. OWEC [186]

Sīkāk par šiem projektiem informācija atrodama literatūrā [187, 188, 189].

1.88. OWEL (Ocean Wave Energy Ltd.)

Sistēmai nav kustīgu daļu, kuras būtu kontaktā ar ūdeni. Stabilizētā tunelī uz slīpās plaknes viļņi dzen uz iekārtas izeju gaisa kabatas pakāpeniski gaisu saspiežot. Pēc pirmā pārveidojuma iekārtas izejā tiek atdalīts saspīests gaiss, kurš darbina gaisa turbo-ģeneratoru (1p. 68. att.) [190].



1p. 68. att. OWEL [190]

L Marineta izmēģinājuma UKP0619, detaļas minētas literatūras avotos [191, 192].

1.88. Pelamis, P2 (Pelamis Wave Power) 1998. – 2014. gads

Sistēma sastāv no vairākām apaļām, izolētām, peldošām sekcijām, kuras ir savienotas universāliem savienojumiem, kas ļauj sekcijām vienai attiecībā pret otru liekties divās plaknēs. Sekcijas dabīgi ieņem jūrā stāvokli paralēli viļņu virzienam. Viļņiem izplatoties, konstrukcijas elementi ūdenī tiek savstarpēji locīti (1p. 69. att.) [193]. Šo kustību pārvērš elektrībā iebūvēta hidrauliska pārveidošanas sistēma. Enerģija tiek aizvadīta pa zemūdens

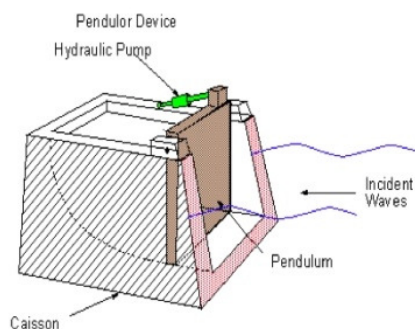
elektriskajiem kabeļiem. Lai elektrības padeve būtu vienmērīga, hidrauliskā sistēma ir papildināta ar augstspiediena akumulatoriem. Visu iekārtas savienojumu *EPS* ir identiskas.



1p.69. att. Pelamis, P2 [193]

1.89. Pendulor (GyroWaveGen and Muroran Institute of Technology) no 1998. gada

Iekārta sastāv no iekārtas lielas lāpstiņas (plāksnes) un hidrauliskā sūkņa, kurš ar šarnīru pievienots lāpstiņai. Sadursmes viļņi nodalījumā pārveidojas par stāvviļņiem. Ūdens no nodalījuma plūst, jo veidojas viļņa (horizontālas daļiņu kustības) mezglu punkts. Straume kustina plāksni, kura darbina eļļas sūkni. Sūknis piedzen 2 hidromotorus, kuri griež elektroģenerātoru (1p. 70. att.) [194, 195].



1p. 70. att. Pendulor [194]

1.90. **Penguin II** (Wello Ltd.)

Wello testē 1: 5 mēroga Penguin iekārtu *PLOCAN* (Oceanic Platform of the Canary Islands) (1p.71. att.) [196]. Šī iekārta ģeogrāfiski paplašina Wello tehnoloģijas pielietojamību. Sākotnējā fāzē tiks analizēta mehāniskās daļas funkcionēšana, atstājot visas *EPS* pārbaudes nākamajiem izmēģinājumu etapiem. Testi tiek veikti saskaņā ar Wello un *PLOCAN 2017*. gadā parakstīto memorandu.

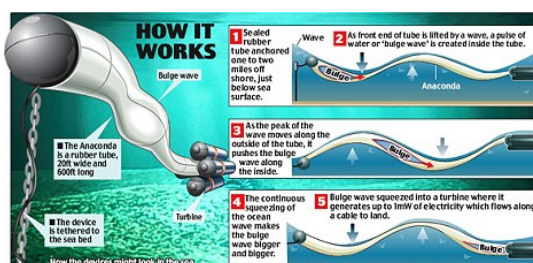


1p.71. att. Penguin II [196]

1.91. Anaconda (Checkmate SeaEnergy Ltd.) no 2006. gada

Anakondā tiek izmantota liela elastīga ar ūdeni pildīta peldoša caurule, kas orientēta paralēli viļņu izplatīšanās virzienam. Vilnim pārvietojoties caurule tiek pacelta un saspiesta ar tajā esošo ūdeni. Zemāk izveidojas pārsninājums, kuri “sērfo” pa vilni. Ja šis ātrums sakrīt ar viļņa rezonanses frekvenci, tad ir iespējams ievērojamas viļņa enerģijas daļas absorbēšana. Šo enerģiju izmanto, lai darbinātu turbīnu un grieztu ģeneratoru.

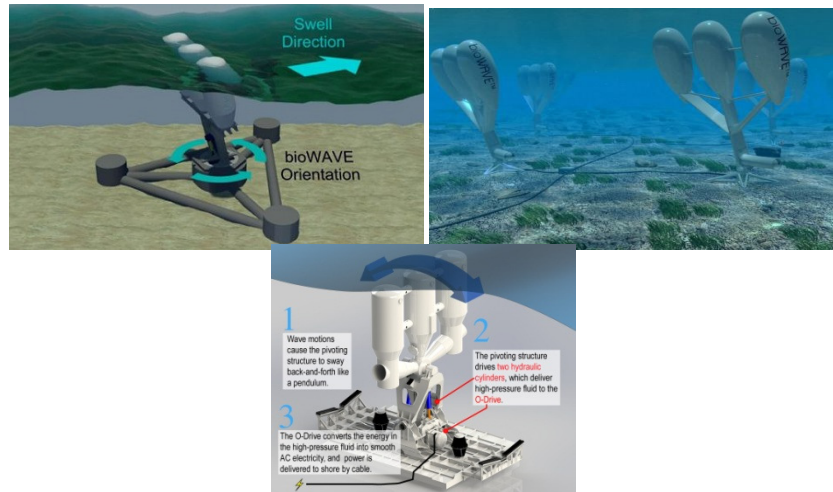
Abi ir izvietoti caurules tālajā gala kopā ar vārstu un enerģijas akumulatoru plūsmas vienmērīguma izlīdzināšanai (1p. 72. att.) [197, 198].



1p. 72. att. Anaconda [197, 198]

1.92. BioWave (BioPower Systems Pty.)

26 m augsta tērauda iekārta, kura, pārsvarā, zem okeāna virsmas šūpojas turp-atpakaļ 40 grādu leņķī. (1p.73. att.) [199, 200].



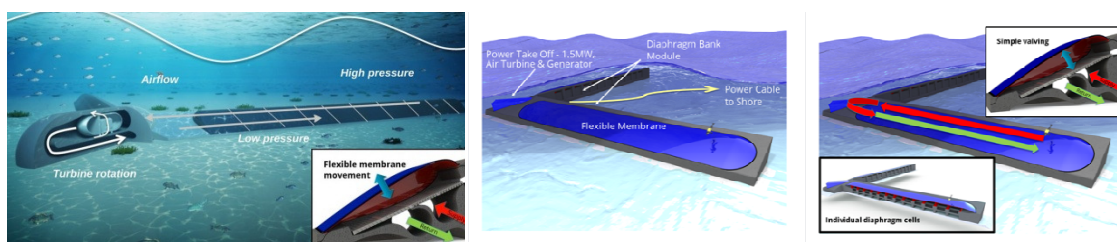
1p. 73. att. *BioWave* [199, 200]

Sākotnējā demo konstrukcijas masa 400 tonnas. Svārstību kustība darbina divus, pretēji vērstus hidrocilindrus, kuru saspieštais hidrauliskais šķidrums griež 250 kW elektroģeneratoru. *BioWAVE* paredzēts uzstādīt jūrā ar pamatni tuvu gruntij. Bojveidīgie pludiņi vai “lāpstīņas” iedarbojas ar ūdens līmeņa svārstībām augšup-lejup (potenciālā enerģija) un horizontālajām viļņa daļiņu straumēm turp-atpakaļ (kinētiskā enerģija). Rezultātā struktūra šūpojas turp-atpakaļ vienā ritmā ar viļņojošos ūdens masu. Uztverto enerģiju elektrībā pārveido iebūvēta iekārta, kura nosaukta par O-Drive. Tā satur hidraulisku iekārtu, kas mehāniskas turp atpakaļ svārstības pārvērš vienmērīgā hidrauliska šķidrums plūsmā, kura piedzen 250 kW elektroģeneratoru. Saražotā elektroenerģija uz krastu tiek nogādāta pa zemūdens kabeli.

Port Fairy pilot-projekts pilna izmēra bioWAVE izstrāde, uzbūvēšana, uzstādīšana un testēšana norisinās saskaņā ar darba grafiku līdz pat šim brīdim.

Timotijs Finigans (Vadošais direktors) deklarē, ka tāpat kā Carnegie Energy, BioPower stratēģisks mērķis ir padarīt viļņu enerģijas izmaksas tuvas vēja enerģijas izmaksām, kas nozīmē – CAPEX 2 000 000 USD/ MW un enerģijas izmaksas 100 USD/ MWh vai zemāk. BioPower ir 4 soļu plāns, kā šo sliekšni sasniegt līdz šīs dekādes beigām [200].

1.93. Wave Bombora (Bombora Wave Power) 2007. gads (1p. 74. att.) [201, 202]



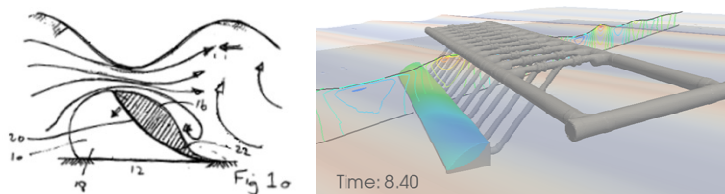
1p. 74. att. Wave Bombora [201, 202]

Bombora ir līdzīga tipiskam zemūdens spiediena starpības *VEP*, kurš sastāv no vairākiem elastīgas membrānas sūkņiem, kuri sūknē gaisu kesona kamerās. Parasti šādas iekārtas uzstāda 5 – 15 m dziļumā un tādejādi tai ir dabīga aizsardzība pret vētrām.

Membrānas sūkņiem darbojoties, pateicoties augsta un zema spiediena vārstiem gaisa kanālos tiek nodrošināta vienvirziena gaisa plūsma, kura darbina zemspiediena gaisa turbīnu.

2014. gadā Bombora Wave Power saņēma licenci izmēģinājumiem Como pietātnē Perth's Swan upes [203].

Plūdlīnijas dizains – viļņa horizontālo garenvirziena un vertikālo svārstību uztveršanai (1p. 75. att.) [203].



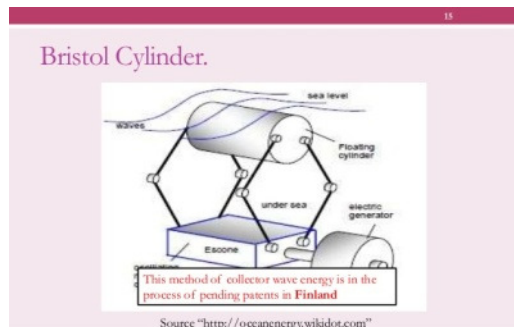
1p. 75. att. Plūdlīnijas dizains [203]

Ja ūdens krasta tuvumā kļūst seklāks par $\frac{1}{2}$ no viļņa garuma (kurš okeānā ir aptuveni 40 m), ūdens daļiņas vilnī tiecas saglabāt tām piemītošo enerģiju un ir spiestas kustēties pa plakanām, elipsveidīgām orbītām. Lai uztvertu šo enerģiju un tajā pašā laikā samazinātu berzi un samazinātu nevajadzīgu slodzi uz konstrukciju, Bomboras konstruktori uztvērēja absorbējošo virsmu ir izveidojuši kā savvērtu rampu ar plūdlīnijas šķērsriezumu. Tiek apgalvots, ka tas ļauj uztvert enerģiju no viļņa daļiņu plūsmas un ūdens līmeņa vertikālām svārstībām vilnī, tādejādi iesaistot enerģijas uztveršanā vairākas brīvības pakāpes. Manuprāt viļņu iedarbības un enerģijas uztveršanas pastiprināšanai tiek izmantotas to hidrodinamiskās īpašības.

1.94. Bristol Cylinder *WEC* [204]

Viļņu enerģijas uztvērēja galvenā sastāvdaļa ir peldošs iegremdēts ciets cilindrs, kurš reaģē uz viļņa straumēm un spiediena izmaiņām vilnī (1p. 76. att.) [204].

EPS veido “Eskone” pārveidošanas iekārta, kura šarnīru “roku” kustību no uztvērēja cilindra pārveido vārpstas rotācijā. Vārpsta piedzen elektroģeneratoru. Ģenerators apgriezīgu skaits laika vienībā ir neliels.

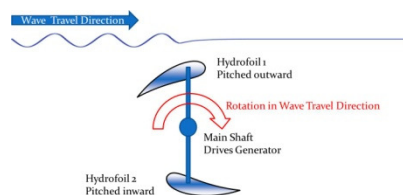


1p. 76. att. Bristol Cylinder WEC [204]

Eksistē klasiskā Bristoles cilindra modifikācijas ar cita tipa EPS [205].

1.95. CycWEC (Atargis Energy Corporation)

Hidrokinētiska rotējoša spārna cēlējspēka radīta griezes momenta, pilnībā iegremdēta viļņu slāpēšanas iekārta ar mehānisku pieslēgumu elektroģenerators vārpstai (1p. 77. att.) [206]. Uztvērējs ir rotors, kuru veido 2 zemūdens spārni ar vadāmu uzplūdes leņķi. EPS masa 45 t, visa konstrukcija 75 t, uzstādīšanas dziļums 25 m – 100m, paredzētā jauda – 5 MW.



1p. 77. att. CycWEC [206]

Ir ziņas, ka pateicoties atgriezeniskajai saitei – sinhronizācijai ar ienākošiem viļņiem, iekārta var pilnībā absorbēt (vairāk kā 95%) ienākošo vilni [207].

Sīkāk 1/10 mēroga prototipa modeļa Ražības novērtējuma beigu atskaitē 2010. – 2012. DE-EE0003635

Izdevumi 40 CycWEC klastera būvniecībai ir starp 2058 USD/kW un 3206 USD/kW. Salīdzinot šos skaitļus ar sauszemes vēja ģeneratoriem, CycWEC var uzskatīt par konkurētspējīgu, LCoE izteiksmē (5 – 10 miljoni EUR par 5 MW vienību, atkarībā no akvatorija īpatnībām) [208].

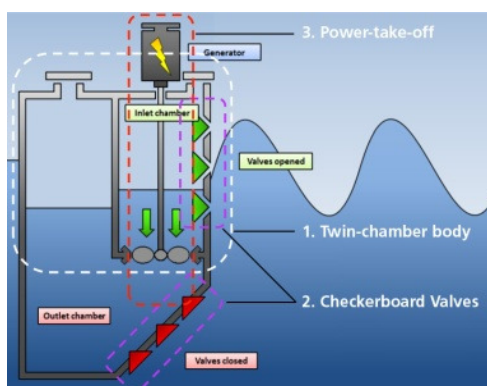
Iekārtas parametri MokapuPoint demonstrācijā [209]:

- viļņu klimats (10,8 kW/m),
- ūdens dziļums 60m,
- iekārtas projektētā jauda – 1 MW,
- rotora rādiuss – 5 m, spārna horda – 5 m,
- spārna izpletums – 40 m,

- pamats kesona piesūceknis,
- reāli iegūstams enerģijas daudzums 1,32 miljoni kWh/gadā,
- cena (*ICC*) – 2 900 000 EUR,
- *LCOE* 0,29 USD/kWh.

1.96. Drakoo (Hann Ocean)

Iekārta ir divkameru oscilējošu ūdens kolonnu sistēma, kura pārveido viļņus nepārtrauktā ūdens plūsmā (1.p. 78. att.) [210]. Sākumā (1. solis) ienākošais vilnis palielina ūdens līmeni ieejas kamerā. Starp kamerām, virzienā no ieejas uz izeju parādās ūdens plūsma. pēc tam (2. solis), kad viļņa ūdens līmenis ieejā kritās, abu kameru ūdens līmenis krītas, jo ūdens turpina aizplūst uz izejas kameru. Kamēr viļņi ir ieejā, šī divu soļu darbība atkārtojas, un nodalījumu vārsti nodrošina vienmērīgu ūdens plūsmu, kura darbina hidroturbīnas ģeneratoru.



1p. 78. att. Drakoo [210]

2012. gadā Drakoo-III prototips (Drakoo-B0004 mērogā 1: 2) *NAREC* (Lielbritānijas Nacionālajā Atjaunojamās Enerģijas centrā) tika izmēģināta iekārtas viļņu enerģijas uztveršanas spēja un pārveidošanas efektivitāte.

1.97. Robotic Juggler (Enorasy)

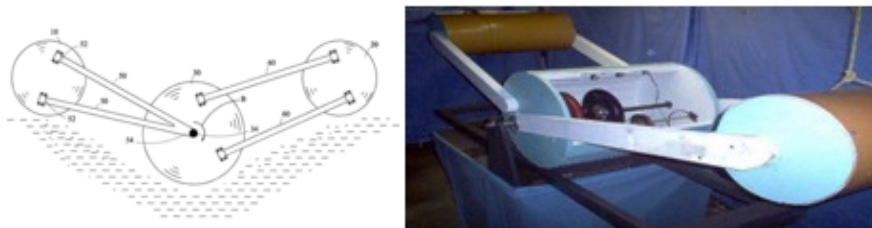
Robotic Juggler ir punkta absorbētājs, kuram ir rotējošas masas *EPS* (1p. 79. att.) [211]. Iekārtas izstrādātājs ir Vassos Vamvas. Resursi demonstrāciju sesijai *DOE WEP* izrādījušies par vājiem. Tāpēc izstrādātāji atteikušies no dalības konkursā.



1p. 79. att. Robotic Juggler [211]

1.98. Floating Wave Generator vai *FWG* (Glenn Edward Cook of Simpson, Pennsylvania), no 2008. gada

Iekārta sastāv no vairākiem peldošiem pludiņiem, kuri peld ūdens masā, kura pakļauta brīvas virsmas gravitācijas viļņu iedarbībai. Pludiņi ir savstarpēji savienoti tā, ka to savstarpējā novietojuma izmaiņa viļņos tiek transformēta rotācijas kustībā. Vienā no pludiņiem ir izvietota transmisija un elektriskais ģenerators elektriskās strāvas ražošanai (1p. 80. att.) [212].

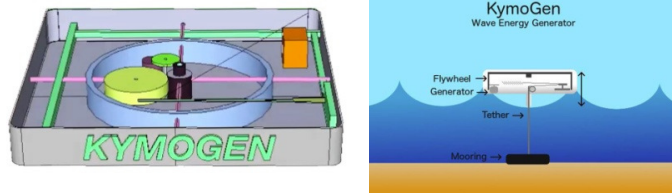


1p. 80. att. Floating Wave Generator vai *FWG* [212]

Līdzīga nosaukuma kanādieša Per Andersen izstrādāta iekārta “Wave making machines” *US Patent No. 4201496 A*.

1.99. KymoGen (KymoGen) 2014. gads

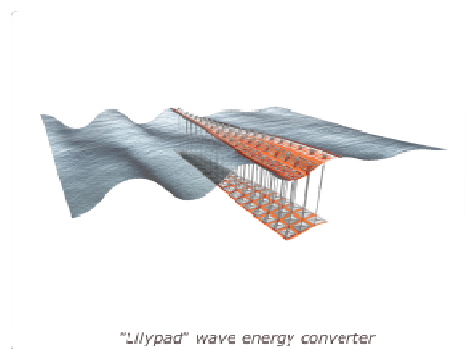
Platforma ir noenkurota pie jūras dibena. Tās iekšienē saite ir pievienota sistēmai, kura viļņiem cilājot iekārtu iegriež spararatu, nodrošinot konstantu enerģiju starp viļņiem. Iekārta, kura sver 800 lbs 30,5 cm viļņos spēj ģenerēt 2 hp un 1,22 m viļņos – 8 hp (1p. 81. att.) [213]. Eksponētajā piemērā nav novērojama bojas rotāciju ierobežojoša konstrukcija.



1p. 82. att. KymoGen [213]

1.100. Lilypad WEC (Island Energy Ltd.)

Iekārtas uztverošais elements ir peldoša lokana membrāna, kura seko virsmas kustībai. Tā ir ar saitēm piestiprināta iegremdētai membrānai, kura satur atveres ar vārstiem. Vilnim pārvietojoties augšējā membrāna nospriego saites, jo apakšējā membrāna augšup vērstajiem spēkiem rada pretestību, kādēļ izstiepjami cilindri/sūkņi ģenerē hidraulisku spiedienu, kurš aktivē Peltona turbo-ģenerātoru. Tas notiek slēgtā, hermētiskā peldošā nodalījumā (1p. 83. att.) [214].



1p. 83. att. Lilypad WEC [214]

1.101. *LOPF* wave energy buoys (RESEN ENERGY tagad Resen Waves) 2010. gads

Lever Operated Pivoting Float system (*LOPF*) ir ļoti vienkārša iekārta – pakavveidīgs pludiņš ar sviras roku centrālajā daļā ir noenkurots pie okeāna gultnes. Tas nostrādā tiklīdz vilnis paceļ vai pagrūž boju. Noenkurotais sviras gals nevar kustēties augšup, liekot zobratu pārnēsimumam un ģeneratoram rotēt, par cik tā novietojums ir fiksēts pie gultnes. Pārnēsimums un ģenerators ir integrēti bojas enģē. Sviras dzeltenā daļa darbojas kā atsvars un varētu būt vienkāršākais veids, kā darbināt ģeneratoru, ražojot 65elektrību, un reizē atgriezt sviru sākuma stāvoklī (1p. 84. att.) [215].

Lielākai daļai konvencionālo punkta absorbētāju eksistē punkts, pie kura vilnis ir pārāk augsts, kas noved pie pacelšanās kustības straujas pārtraukšanas, kas parasti sabojā boju vai

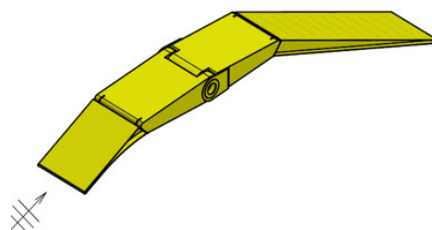
enkurošanas savienojumu. Šī iekārta kompensē pārslodzi sagriežot boju sānis un izstiepjot abas tās daļas vertikālā stāvoklī. Nākošais vilnis pārvieto boju pāri enkuram un atgriež to pareizā stāvoklī.



1p. 84. att. *LOPF* wave energy buoys [215]

1.102. Mocean wave energy converter – *MOE* (Mocean Energy *LTD.*)

Atenuators ar kombinētu reakciju klanīšanas (garenvirzienā), cilāšanas un liekšanas (1p. 85. att.) [216]. Iekārta ir plostis ar eņģēm. Spēki, kuri darbojas vilnī un iekārtas korpusa sastāvdaļu dinamiskā reakcija noved pie kustības ap eņģi (liekšanās), kas darbina *EP* mehānismu, pārvēršot kinētisko enerģiju elektrībā. Iekārta no citām atšķiras ar korpusa formas dizainu, kurš ievērojami uzlabojot tā dinamiku un enerģijas uztveršanu/absorbēšanu. Konfigurācijas ir balstītas uz mainīgu ūdens virsmas izvietojuma proporciju attiecībā pret iekārtas iegremdēto daļu, kur ūdens virsma ietekmē hidrostatisko atjaunošanas spēku (restoring force) un tilpums – masu un pievienoto masu. Mainot šos lielumus, iespējams atrast sakarības starp dažādiem režīmiem un pieskaņot rezonansi viļņu garumiem, kuri ievērojami pārsniedz iekārtas izmērus. Iekārta ar šādu konstrukciju vairāk slāpējot ienākošo vilni un izceļas ar plašāku reakcijas frekvenču diapazonu



1p. 85. att. Mocean wave energy converter – *MOE* [216]

Viens no komandas (**Chris Retzler**) ir *Pelamis* projekta līdzdibinātājs [217].

1.103. Órgano (Abegona Seapover now Abengoa-Instalaciones Inabensa) 2014. – 2015. gads

Iekārtas pamatideja ir punkta absorbētājs, kura *EPS* pamatā ir rotējoša svārsts. Tā bija paredzēta kā inovatīva iekārta okeanogrāfiskā bojā iebūvētu vides parametru mēraparatūras un signālierīču barošanai atklātā jūrā. Projekta ilgums 16 mēneši, un tas ietver:

- 1 – Analīzi, nepieciešamas enerģijas daudzuma noteikšanu, un viļņu enerģijas novērtēšanu potenciālajās uzstādīšanas vietās;
- 2 – Detalizētu viļņu bojās prototipa izstrādi;
- 3 – Prototipa būvniecību un izmēģināšanu viļņu baseinā;
- 4 – Izmaiņu/ uzlabojumu ieviešana jūras izmēģinājumiem;
- 5 – Prototipa jūras izmēģinājumi, rezultātu analīze iekārtas dizaina un ražīguma noteikšanai.
- 6 – Perspektīvā tehniskā un ekonomiskā izpēte tās ražošanai [218].

Sākotnējās projekta izmaksas – 645,675 EUR, Projekta status – terminēts [219].

Partneri:

1. ENVIRONMENTAL HYDRAULIC FOUNDATION INSTITUTE
UNIVERSITY OF CANTABRIA (*IHC*);
2. FUGRO OCEANOR AS (Norway).

1.104. Rotary (Rotary Wave SL)

Rotary ir konstruēts jūrām un okeānam ar augstu viļņu enerģijas līmeni. Tas var uztvert viļņus ar augstumu, kurš lielāks par 8 m. Izgatavots no tērauda ass, kura balsta vienu vai vairākas notektā attālumā izvietotas spirālveida plastmasas caurules (1p. 86. att.) [20].

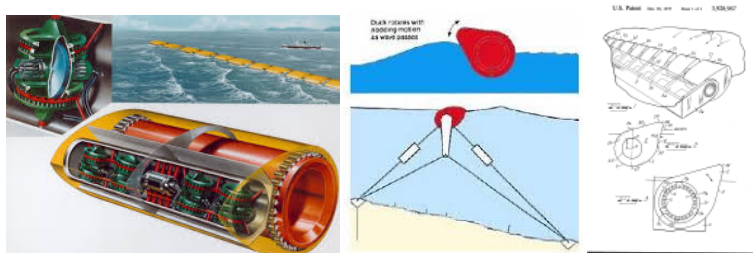


1p. 86. att. Rotary [220]

1.105. Salter's Duck (Edenburg Univesity) 1973. gads

Viļņi izplatoties ierosina īpašas formas pludiņa “Pīles” rotāciju klanoties. Šī kustība var tikt izmantota enerģijas nesēja sūkņēšanai. Tas var būt gan hidraulisks šķidrums, gan gaiss. Ja

tas ir hidraulisks šķidrums, tad tas darbina hidraulisku motoru, kurš griež ģeneratoru. Ir risinājums, ka hidrauliskais sūknis ir integrēts uztvērēja korpusā (1p. 87. att.) [221, 222].



1p. 87. att. Salter's Duck [222]

1.106. Vigor WEC (Vigor Wave Energy AB)

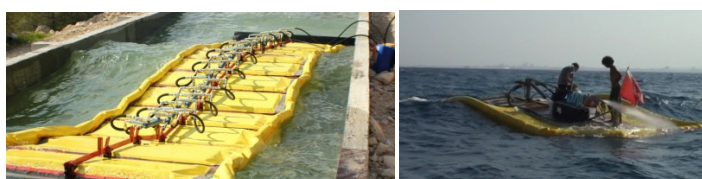
Uztvērējs (attenuator), tehnoloģija – "Bulge Wave". Galvenā komponente peldoša lokana caurule, kura izliecas līdz ar viļņu virsmu. Gaiss un ūdens caurulē veido kustīgas kabatas, kuras caurules galā rada spiedienu, kurš dzen ūdeni cauri turbīnai, kura griež elektroģeneratoru, kurš ražo elektroenerģiju. Iekārta aprīkota ar attālinātas vadības glābšanas sistēmu (1p. 88. att.) [223].



1p. 88. att. Vigor WEC [223]

1.107. WaveLine Magnet (Sea Wave Energy Limited – SWEL) 2006. gads

Koncepcija atenuators, kurš sastāv no ar šarnīriem savienotiem peldošiem pludiņiem, kuri turas pie ūdens virsmas pateicoties virsmas spraigumam. EPS pamatā ir hidrocilindri, kuri sūknē sālsūdeni un pārvērš to elektriskajā enerģijā. Patlaban (2016. gads) komanda strādā pie sava pēdējā WM 9.1 prototipa, kura nominālā jauda ir 500 kW. Tas tika noenkurots 1 km no krasta Larnakas līcī Kiprā un baroja akumulatora lādētāju un apgaismojumu. 50 cm viļņos tas ražo 4 kW elektroenerģijas (1p. 89. att.) [224].



1p. 89. att. WaveLine Magnet [224]

1.108. Wave Tube WEC, formerly Wavebox (Vavetube) 2011. gads

Šis ir patentēts veids enerģijas iegūšanai no okeāna viļņiem. Konceptuālais risinājums ir izolēta sistēma, kura sastāv no 3 paralēliem savstarpēji savienotiem cisternveida nodalījumiem, kuros elektrību ģenerē iekšējā saldūdens plūsma. To izraisa konstrukcijas svārstīšanās vertikālā plaknē, kura paralēla viļņa izplatīšanās virzienam, kurš notiek atšķirīgo ūdens līmeņu iespaidā dažādās viļņa fāzēs. Ūdens no centrālā nodalījuma apakšējās daļas var aiztecēt uz zemāko blakus nodalījumu. Kad struktūra aizsvārstās pretējā virzienā, vārsts bloķē plūsmu uz centrālo-apakšējo nodalījumu. Ūdens var ieplūst tikai centrālajā augšējā nodalījumā, kurš ar apakšējo ir savienota ar zemspiediena turbīnu caurulēm. Rotācija, ko no ūdens plūsmas ģenerē turbīna griež vārpstu, kura ir savienota ar elektroģeneratoru. Tādejādi tiek ģenerēts pulsējošas amplitūdas un mainīgas frekvences maiņspriegums, kurš tiek iztaisnots, stabilizēts un pārraidīts uz krastu tālākai pārveidošanai (1p. 90. att.) [225, 226]. 2013. gadā modelis mērogā 1/25 tika pētīts Marinet izmēģinājumos. Atskaite sniegta 2014. gadā.



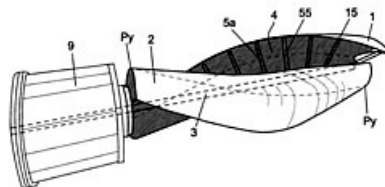
1p. 90. att. Vavetube [225]

V-veida konstrukcijas leņķis un izpletums ir maināms atkarībā no viļņu apstākļiem. *EPS* ir mehāniska un darbojas rotoram tikai rotējot vienā virzienā, kas ļauj ietaupīt uz plūdiņu masu. Mehānisms darbojas pēc sprūdrata (“sunīšu”) principa un bez papildus vadības izslēdz mehānismu pretēji vārstu spēku iedarbes gadījumā. *WEPTOS VEP* konstrukcija ļauj to adaptēt noteiktai reakcijas intensitātei uz viļņu iedarbību. Apstākļos, kad viļņu augstums ir neliels un viļņiem ir maz enerģijas, Enerģijas ieguvei jābūt no pēc iespējas plašākas viļņu fronte, kas prasa iespējami lielāku atpletumu. Apstākļos, kad viļņu augstums ir liels un to enerģija ir ievērojama vai pārmērīga, lai nodrošinātu optimālu enerģijas uztveršanas līmeni un novērstu ģeneratoru pārslodzi, ir nepieciešamas sašaurināt to uztveršanas platumu. *WEPTOS* tehnoloģija automātiski pielāgo konstrukcijas atvērsuma leņķi mainīgiem viļņu apstākļiem,

tādējādi nodrošinot optimālu ģeneratora izmantošanu. Vētras padara pārslodzes novēršanu kritiski svarīgu, bet samazināma atvērsuma leņķa dēļ *WEPTOS WEC* konstrukcija neparedz citus līdzekļus izturības palielināšanai. *WEPTOS WEC* ir vienkārša un noturīga trīsstūrveida struktūra, kuras priekšējā daļa ir kustīga. Leņķis tiek noregulēts, ar savilcēm, kuras virzās uz priekšu un atpakaļ. Konstrukcija ir izveidota tā, lai noenkurota, tā pati pozicionētos pret viļņiem. Ziemeļjūrā pie Dānijas (~ 16 kW/ m) uzstādīts *WEPTOS* prototips ar atpļētumu 185 m. Gadā saražotās enerģijas apjoms sasniegs aptuveni 8,1 GWh, un *PTO* jauda ir 1650 kW. Tas atbilst kopējam lietderības koeficientam $\eta = 0,17$ un $P_{\text{meh.}} 677 \text{ kW}$, un tādējādi ļoti augsts noslodzes (load) faktors (*LF*) ir 0,39. Salīdzināšanai, caurmēra daņu vēja turbīnai *LF* ir aptuveni 0,2 – 0,25. Uzstādītā prototipa mērogs ietekmē gadā saražoto enerģijas apjomu (*AEP* – annual energy production), jo palielinājums ir 28% (mēroga koeficients ir 1:30 pret 1: 23,4), dubulto *AEP* [226, 227, 228, 229, 230].

1.109. Ecowave patent (Ecowave Oy) 2006. gads

Ecowave patent izgudrotāji ir Seppo un Mikko Rynänen. Uztvērēju veido spirāles formas uztvērējs, kuru griež viļņi un stāvokli fiksējošs stabilizators. Uztvērējs atgādina pārveidotu Savonija rotoru (1p. 91. att.) [231]. Funkcija tiks apstiprināta Helsinku Tehnoloģiju universitātē, un pirmās praktiskās pārbaudes tiks veiktas 2009. gada vidū. Septembrī kompānija saņēma Kimenlaakso Somijas reģiona reģionālās padomes grantu 45 000 EUR apmērā. To izmanto, lai veiktu sākotnējos testus un datormodelēšanu. Lai izveidotu vairāku metru augstās turbīnas prototipu, kurā izmantoti peldoši pontoni, komerciālā mērogā mēģina iegūt finansējumu no privātiem avotiem, bet līdz šim acīmredzami bez panākumiem.



1p. 91. att. Ecowave patent [232]

Bez darbā aprakstītajiem prototipiem tika apskatīti vēl 97 citi.

Literatūras saraksts

- [1] "First Electricity Generation in Portugal".
- [2] <http://www.kemplon.com/man-diesel-turbos-alpha-kappel-fixed-pitch-propeller/>
- [3] "Pelamis Sinks Portugal Wave Power". Cleantech. Archived from the original on March 21, 2009. Retrieved September 15, 2016.
- [4] Fyall, Jenny (May 19, 2010). "600ft 'sea snake' to harness power of Scotland". The Scotsman. Edinburgh. pp. 10–11. Retrieved 2010-05-19.
- [5] James Sturcke (April 26, 2007). "Wave farm wins £21.5m grant". The Guardian. London. Retrieved 2009-04-08.
- [6] Tender problems delaying Wave Hub". BBC News. April 2, 2008. Retrieved 2009-04-08.
- [7] "Go-ahead for £28m Cornish wave farm". The Guardian. London. September 17, 2007. Retrieved 2008-10-12
- [8] Scott Macnab (November 2, 2017). "Government's £200m wave energy plan undermined by failures". The Scotsman. Retrieved 2017-12-05.
- [9] Bombora Wave Power (Bombora Wave Power Pty Ltd)
- [10] mWave
- [11] "Renewable Power from the Ocean's Waves". CETO Wave Power. Retrieved November 9, 2010. Keith Orchison (October 7, 2010). "Wave of the future needs investment". The Australian. Retrieved November 9, 2010.
- [12] "WA wave energy project turned on to power naval base at Garden Island". ABC News Online. Australian Broadcasting Corporation. 18 February 2015. Retrieved 20 February 2015.] [Downing, Louise (February 19, 2015). "Carnegie Connects First Wave Power Machine to Grid in Australia".
- [13] Lockheed Martin, Woodside, Ocean Power Technologies in wave power project, Portland Victoria Wave Farm
- [14] "Oceanlinx 1MW Commercial Wave Energy Demonstrator". ARENA. Retrieved 27 November 2013.
- [15] America's Premiere Wave Power Farm Sets Sail, Reedsport Wave Farm US catching up with Europe - Forbes October 3, 2012
- [16] Reedsport project delayed due to early onset of winter weather - OregonLive Oct 2012
- [17] oregonlive.com Oregon wave energy stalls off the coast of Reedsport, 30 August 2013
- [18] Prototype Testing Could Help Prove a Promising Source
- [19] Graham, Karen." First wave-produced power in U.S. goes online in Hawaii" Digital Journal. 19 September 2016. Web Accessed 22 September 2016.

- [20] Eugen Rusu. Evolution of the Wave Energy Conversion Efficiency in Various Coastal Environments, *Energies* 2014, 7.
- [21] V. Jayashankar, K. Mala, S. Kedarnath, J. Jayaraj, U. Omezhilan, V. Krishna. Design of a 100 GWh Wave Energy Plant. World Renewable Energy Congress 2011.
- [22] ITTC. Wave Energy Converter Model test experiments. 04. 2014.
- [23] IRENA. Wave Energy technology Brief. June 2014.
- [24] http://www.aeea.us/AEEASite/Electricity_Option.html (13.12.2017)
- [25] <http://www.boltwavepower.com/?nid=349850&lcid=1033> (26.12.2017)
- [26] <http://www.seewec.org/results/Publishable%20final%20activity%20report.pdf> (26.12.2017)
- [27] <http://www.ecomerittech.com/centipod.php> (02.1.2018)
- [28] <https://www.oceannews.com/news/milestones/aquamarine-power-announces-plans-to-downsize-business> (19.01.2018.)
- [29] https://books.google.lv/books?id=NMW6BQAAQBAJ&pg=PA95&lpg=PA95&dq=OEBuoy&source=bl&ots=77NpCEyJNM&sig=bIX8sg-mnuzk8DCihWKkyl1kjrA&hl=lv&sa=X&ei=_WUeVZ2RBMHiaJ-FgcAN&ved=0CEUQ6AEwBTgK#v=onepage&q=OEBuoy&f=false (01.01.2018.)
- [30] <http://www.weptos.com/wp-content/uploads/2012/07/OMAE2012-83751-WEPTOS-Paper.pdf> (08.01.2018.)
- [31] https://www.nsf.gov/awardsearch/showAward?AWD_ID=1648834&HistoricalAwards=false (02.1.2018)
- [32] <https://waveenergyprize.org/teams/> (02.1.2018)
- [33] <http://www.awsocan.com/flexible-wave-power.html> (10.01.2018.)
- [34] <https://wello.eu/the-penguin/technology/>
- [35] <https://www.oist.jp/news-center/news/2017/9/20/sustainable-future-powered-sea> (01.01.2018)
- [36] <http://www.ihctidalenergy.com/projects/> (08.01.2016)
- [50] <http://www.resolutemarine.com/news/2010/02> (25.12.2017)
- [51] <https://www.osti.gov/scitech/servlets/purl/1079615> (25.12.2017)
- [52] <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/370/1959/481> (25.12.2017)
- [53] <https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc828012/> (25.12.2017)
- [54] <https://www.theengineer.co.uk/issues/11-january-2010/swell-development/> (25.12.2017)
- [55] <https://waveenergyprize.org/teams/aimmer-marine-energy> (25.12.2017)
- [56] http://en.openei.org/wiki/MHK_Technologies/AirWEC (25.12.2017)

- [57] http://www.marinet2.eu/wp-content/uploads/2017/04/WEC_PTO_modeltest_UNI-STRATH-1.pdf (25.12.2017)
- [58] http://www.piposystems.com/sistemaapspisys_en.html (26.12.2017)
- [59] http://en.openei.org/wiki/MHK_Projects/Makah_Bay_Offshore_Wave_Pilot_Project (26.12.2017)
- [60] http://www.theregister.co.uk/2007/11/09/aquabuoy_wave_power_renewable_sinks/ (26.12.2017)
- [61] <http://www.newswire.ca/news-releases/finavera-renewables-announces-sale-of-ocean-energy-division-and-aquabuoytechnology-544571122.html> (26.12.2017)
- [62] <https://waveenergyprize.org/teams/aquaharmonics> (29.12.2017)
- [63] <https://waveenergyprize.org/teams/aqua-shift>
- [64] <https://tidalenergytoday.com/2016/03/01/video-awecs-wave-energy-converter/> (29.12.2017)
- [65] <http://www.4cengineering.co.uk/case-studies/aws-ocean-energy-technology-demonstrator/> (29.12.2017)
- [66] <http://subseaworldnews.com/2014/07/22/aws-iii-wave-power-generator-successfully-tested/> (29.12.2017)
- [67] http://www.crses.sun.ac.za/files/technologies/ocean/WECs_2013_list.pdf (26.12.2017)
- [68] <http://www.seewec.org/> (26.12.2017)
- [69] <http://docplayer.net/61682775-Wavegen-publishable-final-activity-report.html> (26.12.2017)
- [70] <http://www.boltwavepower.com/?nid=349863&lcid=1033> (26.12.2017)
- [71] <http://www.mdpi.com/2076-3417/3/2/420/htm> (27.12.2017)
- [72] http://en.openei.org/wiki/MHK_Technologies/Under_Bottom_Wave_Generator (27.12.2017)
- [73] http://brandlmotor.de/brandlgenerator_eng.htm (27.12.2017)
- [74] http://en.openei.org/wiki/MHK_Technologies/Brandl_Generator (27.12.2017)
- [75] <http://www.seewec.org/pictures.html> (08.01.2016)
- [76] <http://www.proteanenergy.com/Technology/Wave-Energy-Converter> (02.01.2018.)
- [77] <http://www.powerengineeringint.com/articles/2015/03/world-s-first-grid-connected-wave-power-station-activated-in-australia.html> (02.01.2018)
- [78] http://www.marinet2.eu/wp-content/uploads/2017/04/CETO_Hydrodynamics_UEDIN.pdf (08.01.2018)
- [79] http://www.grandesconstrucoes.com.br/br/index.php?option=com_contenido&task=viewNoticia&id=14727 (04.1.2018)
- [80] http://www.fp7-marinet.eu/access_completed-projects_costas_wave.html (08.01.2016)

- [81] http://www.fp7-marinet.eu/public/docs/Infrastructure_Access_Report_COSTAS_WAVE.pdf (08.01.2016)
- [82] http://www.fp7-marinet.eu/public/docs/HiWave_ECN_infrastructure_access_report.pdf (08.01.2016)
- [83] http://www.marinet2.eu/wp-content/uploads/2017/04/HiWave_ECN_infrastructure_access_report.pdf (08.01.2016)
- [84] <http://www.corpowerocean.com/corpower-technology/corpower-wave-energy-converter/> (08.01.2016)
- [85] http://en.openei.org/wiki/MHK_Technologies/The_Crestwing_Wave_Energy_Converter (04.1.2018)
- [86] http://www.marinet2.eu/wp-content/uploads/2017/04/CyanWave4_QUB_Infrastructure_Access_Report-1.pdf (14.01.2018)
- [87] <http://www.google.com/patents/US7686583> (09.01.2018)
- [88] <http://www.docstoc.com/docs/118669262/Cyclical-Wave-Energy-Converter---Patent-8100650> (09.01.2018)
- [89] <http://www.dexawave.com/philosophy.html> (08.01.2018.)
- [90] <http://www.offshorewind.biz/2012/03/20/denmark-dexawave-receives-usd-178-million-grant/> (08.01.2018.)
- [91] <http://www.tvmidtvest.dk/indhold/boelgeenergi-forsoeget-fortsætter/>
- [92] <http://nnmrec.oregonstate.edu/announcement/m3-wave-announces-successful-deployment-submerged-wave-energy-device-oregon-coast> (08.01.2018.)
- [93] <https://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/46964/CollinsErinM2014.pdf?sequence=1> (08.01.2018.)
- [94] http://english.giec.cas.cn/rh/rp/201304/t20130428_101448.html (08.01.2018.)
- [95] <http://www.puremarinengen.com/technology-r-d-2.html> (08.01.2018.)
- [96] <http://www.amioceanpower.com/systemconfigurations.html> (08.01.2018.)
- [97] http://www.avinc.com/engineering/marine_energy (09.01.2018.)
- [98] <https://www.google.com/patents/US6756695> (11.01.2018.)
- [99] <http://www.abletechnologiesllc.com/egwap.htm> (09.01.2018.)
- [100] <http://www.techconnectworld.com/World2014/participate/innovation/pop.html?id=109> (09.01.2018.)
- [101] http://centercut.blogspot.com/2009_06_01_archive.html (09.01.2018.)
- [102] Http://www.crses.sun.ac.za/files/technologies/ocean/WECs_2013_list.pdf (09.01.2018.)
- [103] https://www.revolvy.com/main/index.php?s=Energen_Wave_Power&stype=videos (09.01.2018.)
- [104] http://www.etymol.com/downloads/etymol_brochure_english.pdf (10.01.2018.)

- [105] http://www.buch-der-synergie.de/c_neu_html/c_06_08_wasser_wellenenergie_d_bis_norwegen.htm
- [106] <https://sea-technology.com/features/2014/0514/7.php> (10.01.2018.)
- [107] <http://proceedings.asmedigitalcollection.asme.org/proceeding.aspx?articleid=2656029>
- [108] Leirbukt, A. and Tubaas, P., 2006. A wave of renewable energy. *ABB Review*. **3**, 29-31.
- [109] http://www.google.lv/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=11&ved=0CB0QFjAAOAqFQoTCJmwmvnmI MYCFWrhcgodkBAJBg&url=http%3A%2F%2Fwww.vliz.be%2Fimisdocs%2Fpublications%2F220173.pdf&ei=p2WAVdnAPOrCywOQoaQw&usg=AFQjCNHhx9rn-7yb_0ejFA6KG64zw8XSsA&sig2=g_fmGY_bXEGxvs6Z-X--2Q&bvm=bv.96041959,d.bGQ
- [110] http://www.vegvesen.no/_attachment/328174/binary/575806?fast_title=Technology+survey+for+renewable+energy+integrated+to+bridge+constructions%3A+Wave+and+tidal+energy.pdf
- [111] http://en.openei.org/wiki/MHK_Technologies/Gentec_WATS_System
- [112] <http://www.cleantechinvestor.com/portal/greenheat-systems-ltd.html>
- [113] <https://waveenergyprize.org/teams/greenfield-technologies-llc>
- [114] <http://www.illawarramercury.com.au/story/1628263/ocean-erodes-ports-abandoned-wave-generator/#slide=2>
- [115] <http://www.adelaidenow.com.au/business/a-wave-generator-sunk-off-carrickalinga-beach-will-cost-3-million-to-clean-up/story-fni6uma6-1227166451746>
- [116] <http://www.austrade.gov.au/MultiMediaFiles/Clean-Energy-and-Environment-Directory/files/assets/seo/page173.html>
- [117] http://en.openei.org/wiki/MHK_Projects/Port_Kembla
- [118] <https://waveenergyprize.org/teams/gyrogen-tm>
- [119] <http://paradymeusa.com/>
- [120] https://openei.org/wiki/MHK_Technologies/GyroWaveGen
- [121] <http://iea-ret.d.org/wp-content/uploads/2011/09/ADORET-Final-Report-2011-2-Main.pdf>
- [122] <http://www.theengineer.co.uk/news/live-marine-muscle/309316.article#ixzz3WbxQIIRG>
- [123] <http://www.aws ocean.com/active-mooring.html> (13.01.2018.)
- [124] <https://tidalenergytoday.com/2015/02/10/fishing-boat-turned-into-wave-energy-plant/>
- [125] Study of the Intentionum wave energy converter, PhD Jørgen Hals, Sintef MARINTEK, 2011. Report for Intentionum.
- [126] <http://openwaveenergy.org/all-owep-news/431-marinet-test-of-iowep-at-aau-denmark.html> (14.01.2018.)

- [127] <https://waveenergyprize.org/teams/iowec> (14.01.2018.)
- [128] <https://www.linkedin.com/pulse/wave-energy-prize-stefano-brizzolara> (14.01.2018.)
- [129] Study of the Intention wave energy converter, PhD Jørgen Hals, Sintef MARINTEK, 2011. Report for Intention.
- [130] <http://openwaveenergy.org/all-owep-news/431-marinet-test-of-iowep-at-aau-denmark.html> (14.01.2018.)
- [131] <http://web.b.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=20763417&AN=120994833&h=4OvuquF7uwCXdLsEECPUPveTpbXMzDOrEk8Jzvfhp5n9DVXeQ7MdJfqGskxjggusJWmC9nlxQlt7Q4QBDPx55g%3d%3d&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&resultLocal=ErrCrlNotAuth&crlhashurl=login.aspx%3fdirect%3dtrue%26profile%3dehost%26scope%3dsite%26authtype%3dcrawler%26jrnl%3d20763417%26AN%3d120994833> (14.01.2018.)
- [132] <http://www.ips-ab.com/Working%20principle.htm> (14.01.2018.)
- [133] <http://www.jospa.ie/the-concept.html> (14.01.2018.)
- [134] http://www.marinet2.eu/wp-content/uploads/2017/04/ISWEC_HMRC.pdf (14.01.2018.)
- [135] http://www.marinet2.eu/wp-content/uploads/2017/04/Wavetrain_HMRC_Infrastructure_Access_Report-1.pdf (05.01.2018)
- [136] http://www.marinet2.eu/wp-content/uploads/2017/04/KNSWING_HMRC_Infrastructure_Access_Report-1.pdf (06.01.2018.)
- [137] <https://link.springer.com/article/10.1007/s40722-015-0032-4> (06.01.2018.)
- [138] <https://www.peacelink.it/ecologia/docs/4942.pdf> (06.01.2018.)
- [139] http://orbit.dtu.dk/files/119986039/Linearized_potential_flow_analysis_of_a_40_chamber_oscillating_water_column_wave_energy_device.pdf (06.01.2018.)
- [140] http://www.buch-der-synergie.de/c_neu_html/c_06_09_wasser_wellenenergie_port_bis_grenzen.htm
- [141] <https://tidalenergytoday.com/2017/02/07/interview-laminaria-gears-up-to-take-wave-sector-by-storm/> (13.01.2018.)
- [142] <http://leviathanenergy.com/technology/wave-energy/> (13.01.2018.)
- [143] <http://www.reuk.co.uk/wordpress/wave/manchester-bobber-wave-power/>
- [144] <http://www.ccell.co.uk/technology.html>
- [145] <https://www.tecnalia.com/en/energy-and-environment/news/oceantec-deployed-at-bimep-its-first-wave-energy-converter.htm> (15.01.2018.)
- [146] <https://waveenergyprize.org/teams/maruthi-power> (15.01.2018.)

- [147] <https://baonguyen1994.wordpress.com/introduction-to-wave-energy/ocean-wave-technologies/attenuators/mccabe-wave-pump/> (15.01.2018.)
- [148] <http://oceanenergysys.com/index.cfm?ref=30150> (15.01.2018.)
- [149] <http://www.sigma-energy.si/technology-2/> (15.01.2018.)
- [150] http://www.marinet2.eu/wp-content/uploads/2017/04/SigMAR_IFREMER_Infrastructure_Access_Report-1.pdf (15.01.2018.)
- [151] <https://vtnews.vt.edu/articles/2016/03/032316-me-waveharvest.html>
- [152] https://openei.org/wiki/MHK_Technologies/Magnetohydrodynamic_MHD_Wave_Energy_Converter_MWEC (15.01.2018.)
- [153] http://www.buch-der-synergie.de/c_neu_html/c_06_09_wasser_wellenenergie_port_bis_grenzen.htm (15.01.2018.)
- [154] <https://www.google.com/patents/US7821150> (15.01.2018.)
- [155] <http://www.motorwavegroup.com/motorwavegroupwebsite/powergenproject.pdf>
- [156] http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/england/cornwall/8408984.stm (15.01.2018.)
- [157] <https://waveenergyprize.wordpress.com/2015/10/22/team-technical-summaries/>
- [158] <http://www.power-technology.com/projects/mutriku-wave/>
- [159] <http://www.renewable-technology.com/projects/mutriku-wave-energy-plant/>
- [160] <http://www.ft.com/cms/s/0/240b274c-6e89-11e1-a82d-00144feab49a.html#axzz3X4ypKhcs>
- [161] <http://www.renewable-technology.com/projects/mutriku-wave-energy-plant/>
- [162] http://www.marinet2.eu/wp-content/uploads/2017/04/NEMOS_AAU_Infrastructure_Access_Report-1.pdf (06.01.2018.)
- [163] <http://www.neptunerenewableenergy.com/wave-technology-the-neptune-triton-device/> (31.12.17)
- [164] <http://www.innoenergy.com/neptune-project-tests-its-buoy-at-sea/> (17.01.2018)
- [165] <http://www.mermaidpower.com/present> (17.01.2018)
- [166] <http://www.neptunewavepower.com/index.php/technology/index.html> (01.01.2018)
- [167] http://www.neptunewavepower.com/index.php/technology/page/model_3.1/index.html (17.01.2018)
- [168] <http://www.re-vision.net/projects.shtml> (01.01.2018)
- [169] <https://waveenergyprize.org/teams/next-gen.php> (01.01.2018)
- [170] <https://waveenergyprize.org/teams/nm-aggie-waves> (17.01.2018)
- [171] <http://www.noddingbeam.com/wave-power-technology>
- [172] http://www.buch-der-synergie.de/c_neu_html/c_06_09_wasser_wellenenergie_port_bis_grenzen.htm (17.01.2018)

- [173] <http://www.freshwatercleveland.com/innovationnews/tremontelectric102011.aspx> (17.01.2018)
- [174] <http://www.oceanharvesting.com> (under construction) (17.01.2018)
- [175]. http://www.crses.sun.ac.za/files/technologies/ocean/WECs_2013_list.pdf (17.01.2018)
- [176] www.kineticsocean.com
- [177] <https://waveenergyprize.org/teams/ocean-lab> (17.01.2018)
- [178] <https://www.google.com/patents/US6756695> (17.01.2018)
- [179] <https://www.google.com/patents/US20130147199> (17.01.2018)
- [180] Yeung, R. W. & Ananthakrishnan, P. A. (1997), "Viscosity and Surface-Tension Effects on Wave Generation by a Translating Body", *Journal of Engineering Mathematics*, 32 (2-3): 257–280
- [181] Fernandez, D.; Moreu, J.; Guzman, J.; Yeung, R. W. & Moreu, M. (2014), "Numerical Simulations in the Design of a New Tension-Tethered Marine Current Turbine", *Proceedings, ASME 33rd International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering (OMAE2014)*, Paper Number OMAE2014-24382, San Francisco, CA
- [182] <http://oceanmotionintl.com/> (17.01.2018)
- [183] https://openei.org/wiki/MHK_Technologies/OMI_Combined_Energy_System (17.01.2018)
- [184] <http://www.google.mg/patents/US7525212> (17.01.2018)
- [185] <http://seatricity.com/technology/> (18.01.2018.)
- [186] http://www.crses.sun.ac.za/files/technologies/ocean/WECs_2013_list.pdf (19.01.2018., skatīt OWEC)
- [187] <http://www.owec.com/inception.html#development> (19.01.2018.)
- [188] <http://www.owec.com/Patent-8810056.pdf> (19.01.2018.)
- [189] <http://www.owec.com/Patent-4232230.pdf> (19.01.2018.)
- [190] <http://personal.maths.surrey.ac.uk/st/T.Bridges/OWEL/> (19.01.2018.)
- [191] http://www.marinet2.eu/wp-content/uploads/2017/04/OWEL_MARINET_Infrastructure_Access_Report-1.pdf (19.01.2018.)
- [192] <http://personal.maths.surrey.ac.uk/st/T.Bridges/OWEL/> (19.01.2018.)
- [193] <https://www.pelamiswave.com/pelamis-technology/> (19.01.2018.)
- [194] http://www.crses.sun.ac.za/files/technologies/ocean/WECs_2013_list.pdf (20.01.2018. 62.lpp.)
- [195] <https://icce-ojs-tamu.tdl.org/icce/index.php/icce/article/viewFile/5573/5247> (19.01.2018.)
- [196] <https://www.wavehub.co.uk/latest-news/wello-testing-15-scale-penguin-device-at-plocan> (19.01.2018.)

- [197] <http://coastalenergyandenvironment.web.unc.edu/ocean-energy-generating-technologies/wave-energy/anaconda-wave-converter-device-research/> (29.12.2017)
- [198] <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/roypta/370/1959/403.full.pdf> (29.12.2017)
- [199] <http://www.biopowersystems.com> (26.12.2017)
- [200] <http://www.biopowersystems.com/port-fairy.html> (26.12.2017)
- [201] <http://www.bomborawavepower.com.au> (27.12.2017)
- [202] <http://bomborawavepower.com.au/technical/overall-features/> (27.12.2017)
- [203] <http://www.theswitchreport.com.au/business/bombora-wave-power/>
- [204] <https://www.slideshare.net/ireyzer/wave-energy-31936954> (31.12.17)
- [205] https://www.researchgate.net/publication/275345702_The_New_Bristol_Cylinder_A_su_b
- [206] <http://oregonwave.org/oceanic/wp-content/uploads/2014/10/Oregon-Incubator-Stefan-Seigel.pdf> (08.01.2018.)
- [207] http://www.crses.sun.ac.za/files/technologies/ocean/WECs_2013_list.pdf (10.01.2018.)
- [208] <https://www.etde.org/etdeweb/servlets/purl/1061484/1061484.pdf> (08.01.2018.)
- [209] <http://oregonwave.org/oceanic/wp-content/uploads/2014/10/Oregon-Incubator-Stefan-Seigel.pdf> (08.01.2018.)
- [210] <http://www.renewablesinternational.net/new-type-of-wave-energy-device-prepares-for-launch/150/407/30058> (08.01.2018.)
- [211] <https://marineenergy.biz/2018/05/02/carnegie-wraps-up-ceto-6-wave-tank-testing/> (02.05.2018.)
- [212] <http://www.google.com/gi/patents/US7315092>
- [213] <http://www.alternative-energy-news.info/kymogen-wave-energy/> (13.01.2018.)
- [214] <http://www.energyisland.com/projects/lilypad/lilypad.html> (13.01.2018.)
- [215] <http://www.resenwaves.com/default.asp?Action=Menu&Item=82>
- [216] <http://www.moceanenergy.com/technology.html> (15.01.2018.)
- [217] <http://www.moceanenergy.com/team.html> (15.01.2018.)
- [218] <http://www.inabensa.com/web/en/innovacion/innovacion/proyectos/ProyectoWavebuoy.html> (01.01.2018.)
- [219] <https://eeagrants.org/project-portal/project/ES02-0169> (01.01.2018.)
- [220] <http://www.rotarywave.com/en/projects/> (24.01.2018.)
- [221] https://www.researchgate.net/publication/279806325_Conceptual_study_of_a_drag_type_water_turbine_for_electricity_generation_from_wave_power?_sg=xqv5XcMO7oBIDVXiEGaTvNnvU3jY1-VyvkS3IGRRy9MhONHvTM8nc99oFkyLTjr2X5S99rzL0A

- [222] https://ipfs.io/ipfs/QmXoyvizjW3WknFiJnKLwHCnL72vedxjQkDDP1mXWo6uco/wiki/Salter's_duck.html (24.01.2018.)
- [223] http://www.marinet2.eu/wp-content/uploads/2017/04/RI-Access-Report-W2P-Performance-Test_submitted-1.pdf (06.01.2018.)
- [224] <http://swel.eu/technology/> (12.02.2018.)
- [225] http://www.marinet2.eu/wp-content/uploads/2017/04/WaveTube-WEC_AAU_Infrastructure_Access_Report-1.pdf (07.01.2018.)
- [226] <http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:552195/FULLTEXT01.pdf> (07.01.2018.)
- [227] Arthur Pecher, Jens Peter Kofojed and Tommy Larsen. "Design specifications for Hanstholm VEPTOS Wave Energy Converter", *Energies*, 2012.5., pp. 1001-1017.
- [228] http://www.google.lv/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0CDUQFjAD&url=http%3A%2F%2Fwww.mdpi.com%2F1996-1073%2F5%2F4%2F1001%2Fpdf&ei=uRRBVfCaKoWvsQG1iIHodw&usg=AFQjCNHSSlHvfPAteZ5hkutbKQmes7UiDQ&sig2=LQZX5N-QK-ZCMTIFh0_dGQ&bvm=bv.91665533,d.bGg (08.01.2018.)
- [229] <http://www.weptos.com/wp-content/uploads/2012/07/OMAE2012-83751-WEPTOS-Paper.pdf> (08.01.2018.)
- [230] http://www.marinet2.eu/wp-content/uploads/2017/04/AAU_WEC_UEDIN.pdf (08.01.2018.)
- [231] http://www.marinet2.eu/wp-content/uploads/2017/04/AAU_WEC_UEDIN.pdf (09.01.2018.)
- [232] <http://www.rotarywave.com/en/projects/> (19.02.2018.)