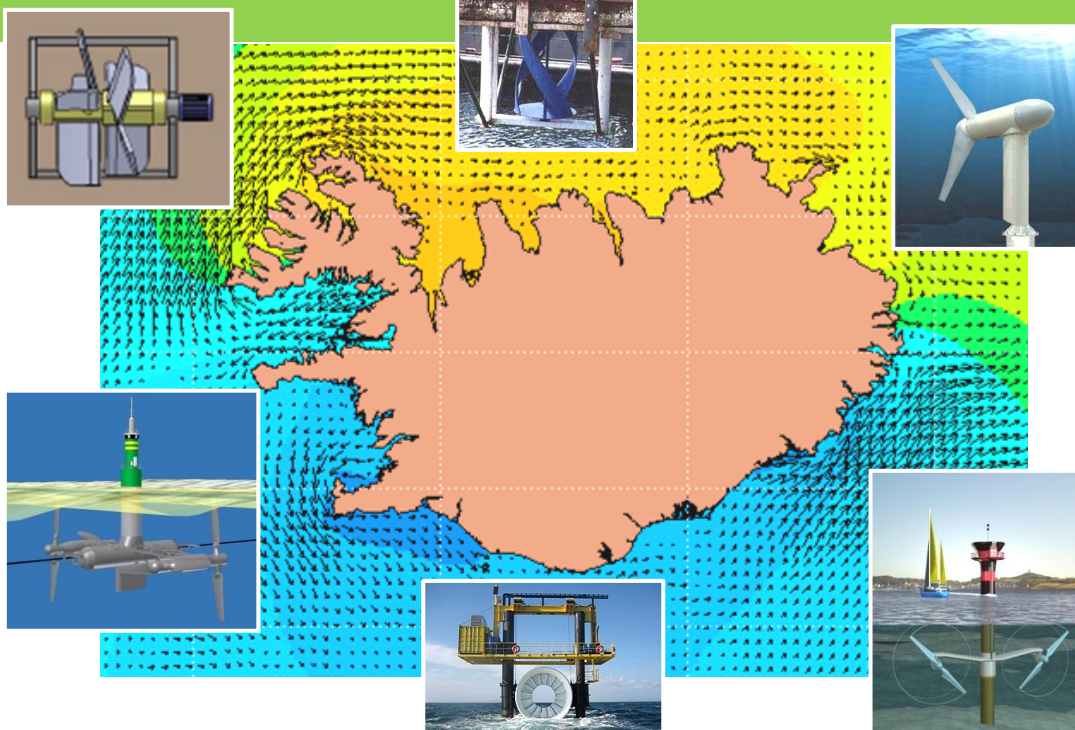




Sjávarfallaorka og hagsmunir Íslendinga



Er sjávarfallaorka stærsta, hreinasta og tryggasta orkulind Íslands ?
Verða Íslendingar í forystu á sviði sjávarvirkjanatækni ?



Efnisyfirlit.

Formáli.....	2
1. Er sjávarfallaorka mesta orkulind Íslands?	
1.1. Rannsóknir skortir á grunnslóð.....	3
1.2. Skýrsla SEAI; sjávarfallaorka við Írland	4
1.3. Skýrsla SDC; sjávarfallaorka við Bretland	10
1.4. Önnur strandríki	13
1.5. Ísland í samanburði	16
1.6. Fyrirhugaðar rannsóknir RMS.....	18
1.7. Stjórnvöld þurfa að móta stefnu	21
2. Forysta Íslendinga í tækniþróun?	
2.1. Staða tækni í sjávarfallavirkjunum	22
2.2. Möguleikar Íslands	28
2.3. Íslenskar uppfinningar í fremstu röð.....	29
2.4. Þjóðhagsleg þýðing og fyrirbyggja stjórnvalda	33
3. Samantekt og niðurstöður	35



Formáli

Innihald

Í þessari samantekt verður leitað svara um hagsmuni Íslendinga varðandi nýtingu sjávarfallaorku, en það svið hefur lítið sem ekkert verið rannsakað hérlendis, og þessum mikla orkuforða höfum við sýnt mikið tómlæti. Mikilvægt er að almenningur og stjórnvöld átti sig á þeirri þjóðarauðlind sem hér um ræðir og möguleikum sem felast í nýtingu hennar, en ekki síður tækifærum sem nú unna að gefast til að komast í fremstu röð tækniþróunar á þessu sviði með tilheyrandi verðmæta- og atvinnusköpun. Margt bendir til þess að nýting sjávarfallaorku verði fljótlega eitt mesta hagsmunamál strandríkja. Viljum við nýta tækifærin? Hér verður velt upp nokkrum staðreyndum og spurningum og leitað svara.

Tilgangur skýrslunnar

Ætlunin með þessari skýrslu er fyrst og fremst að vekja umhugsun um hagsmuni okkar Íslendinga á þessu sviði sem fáir hafa leitt hugann að; finnst varla í málaskrá eða stefnumörkun stjórnvalda; hefur þó alltaf verið fyrir augum okkar; er nú að verða eftirsótt á heimsvísu og verður án efa eitt brýnasta hagsmunamál framtíðarkynslóða. Að sumu leyti má líkja vitund þjóðarinnar gagnvart sjávarorku við viðhorf miðaldakynslóða gagnvart þeim fiskitegundum sem áður voru ekki nýttar; t.d. síld, karfa og skötusel. Lærdómsríkt er að bera þetta saman við orkumálin í dag og tregðu sem þar er til breytinga. Að sönnu hafa enn ekki verið tiltæk öll verkfæri sem þarf til nýtingar; líkt og forfeður okkar skorti síldarnót. En lausnir eru óðum að þokast nær í þeim efnum; okkur ætti ekki að vera neitt að vanbúnaði að hefja undirbúning í formi rannsókna. Nýjar hefðbundnar virkjanir hérlendis valda deilum og ósætti, og erfiðlega gengur að skipuleggja nýtingu hefðbundinna orkulinda til framtíðar. Ljóst má vera að með sama nýtingarhraða og verið hefur verðum við uppiskroppa með virkjanakosti af þessu tagi fyrr en varir, sé tekið tillit til vaxandi vitundar um náttúruvernd og vistvæna nýtingu. Samt sem áður hefur því lítil gaumur verið gefinn hingað til þó reynt sé að vekja athygli á hinum miklu orkulindum sjávar kringum landið. Alþingi hafnaði því t.d. í árslok 2010 að styrkja kaup á straumsjá í þessum tilgangi, svo bestu sérfræðingar landsins gætu hafið rannsóknir í orkuríkum röstum landsins á hagkvæman hátt. Augljóst er að sú synjun byggðist á vanþekkingu á þessu málefni, sem hér er leitast við að bæta úr.

Um skýrsluna.

Hér er lítið á ýmislegt sem snertir sjávarfallaorku með tilliti til íslenskra hagsmuna. Ekki er vitað um neina samantekt af þessu tagi og er það í takt við annað fálæti um þessa miklu orkulind. Byggt er einkum á skýrslum sérfræðinga en einnig 40 ára reynslu undirritaðs á þessu sviði sem áhugamanns og þátttakanda. Fyrir nokkrum árum kom út vönduð skýrsla á vegum Orkumálastofnunar Írlands, SEAI, sem byggir á viðamiklum athugunum á sjávarfallaorku og nýtingu hennar þar við land. Þessi skýrsla ber af öðrum slíkum vegna skýrrar framsetningar, skilmerkilegra niðurstaðna og vandaðra vinnubragða, og ætti að geta orðið okkur góð fyrirmynd. Hér er gluggað í þessa skýrslu ásamt breskri úttekt SDC; lítið á nokkur önnur ríki og skoðað hvernig niðurstöðurnar falla að okkar aðstæðum. Síðari hluti skýrslunnar fjallar um stöðu tækni til nýtingar sjávarfallaorku og þá möguleika sem nú eru að skapast fyrir Íslendinga til að verða framarlega á því sviði. Greint er frá Valorka hverflinum; íslenskri uppfinningu sem getur orðið fyrsti hverfillinn til nýtingar hinna víðáttumiklu hafsvæða sem búa yfir sjávarfallaorku af meðalstyrk. Í þeirri grein liggja gífurleg markaðstækifæri sem Íslendingar gætu orðið fyrstir til að nýta og taka forystu. Hér er fremur um frásögn og hugvekju að ræða en fræðiritgerð, en þó leitað traustra heimilda. Ályktanir höfundar má víða greina í samantektinni, en leitast hefur verið við að greina þær frá heimildum, þannig að lesandi geti lagt eigið mat á efnið.

Valdimar Össurarson



1. Er sjávarfallaorka mesta orkulind Íslands?

1.1. Rannsóknir skortir á grunnslóð

Nánast engar rannsóknir hafa verið gerðar á straumhraða og straumahegðun í straumþyngstu röstum nærri ströndum landsins. Þetta kann að vekja furðu í ljósi þess að héraðendis hafa lengi verið stundaðar hafrannsóknir í fremstu röð á heimsvísu, og við búum á margan hátt vel að tækni og búnaði. Ástæðan fyrir þessu liggur augljóslega í þeim áherslum sem mótast af hagsmunum atvinnugreina og útflutningsverðmæta. Lítil hvati hefur verið til að rannsaka straumasvæði vegna orkuvinnslu þar sem tækni hefur ekki verið talin fyrir hendi. Hér verða nefndir þeir flokkar straumarannsóknna sem helst hafa verið stundaðir hér við land:

- a. Vegna lífríkis, fiskeldis og veðurfars. Hafrannsóknir eru nauðsynlegur grunnur þekkingar varðandi nytjafiska; lífsskilyrði; stofnstærð; o.fl.svo unnt sé að hámarka arðsemi veiða og stýra nýtingu. Hafrannsóknastofnun hefur slíkar rannsóknir með höndum. Einnig hefur stofnunin gert mælingar í tengslum við veðurfarsrannsóknir. Straummælingar Hafrannsóknastofnunar hafa einkum beinst að svæðum sem mikilvæg eru í þessum efnum, þó dæmi séu um annað. Engar straummælingar hafa verið gerðar í stærstu röstum og straumasvæðum landsins.
- b. Vegna hafnagerðar; strandrofsvarna og siglingaöryggis. Siglingastofnun hefur þessháttar rannsóknir með höndum, en þær hafa einkum beinst að næsta nágrenni viðkomandi mannvirkja. Engar straumarannsóknir í þessum tilgangi hafa beinst að straumþungum röstum. Siglingastofnun birtir spálíkan sjávarfalla sem sett var upp og viðhaldið af VST/Verkís og sýnir sjávarfallastrauma í heild kringum landið. Líkanið er ekki nákvæmt fyrir staðbundnar aðstæður nærri ströndum eins og síðar verður rætt.
- c. Vegna vega- og brúargerðar. Nokkrar straummælingar hafa verið gerðar í tengslum við þveranir fjarða til vegalagningar. Þær rannsóknir hafa einkum verið á vegum Vegagerðarinnar og einungis náð til viðkomandi fjarðar og vegstæðis.
- d. Vegna vatnsaflsvirkjana. Við undirbúning Kárahnjúkavirkjunar lét Landsvirkjun kanna strauma í Héraðsflóa. Þær rannsóknir gerði Hafrannsóknastofnun árið 2001.
- e. Vegna möguleika á nýtingu sjávarorku. Í seinni tíð hefur vaknað áhugi hjá einstökum aðilum og byggðarlögum á að kanna möguleika til nýtingar sjávarorku á sínu svæði. Þessar rannsóknir hafa verið mjög staðbundnar og hefur hver þeirra beinst að ákveðnum virkjunarkosti sem þótt hefur álitlegur. Um hvert rannsóknarverkefni hefur verið stofnaður hópur áhuga- og rannsóknaraðila, en ekki hefur verið um formleg tengsl að ræða milli hópanna, enn sem komið er. Nánar um þetta hér á eftir.

Eins og sjá má af þessu yfirliti hafa mjög takmarkaðar rannsóknir verið stundaðar á sjávarstraumum á þeim strandsvæðum utan fjarða sem hentug gætu orðið til virkjunar sjávarfallaorku. Engar straummælingar hafa verið gerðar í hinum orkumiklu annesjaröstum fyrir Vestfjörðum, s.s. Látraröst, Straumneströst o.fl. Ekki heldur á hinu víðáttumikla straumasvæði undan Austfjörðum né í röstum við Langanes; Reykjanes eða Snæfellsnes. Hér skortir því hvorutveggja; rannsóknir til grundvallar heildarmati á umfangi sjávarorku við Ísland og rannsóknir til undirbúnings og mats á nýtingu einstakra orkusvæða. Eins og sjá má af næstu köflum stöndum við langt að baki nágrannaþjóðum okkar í þessum efnum.

1.2. Skýrsla SEAI; sjávarfallaorka við Írland

Írar hafa verið framarlega í flokki þjóða sem á síðustu árum hafa sýnt sjávarorku sívaxandi áhuga. Árið 2005 var mótuð stefna írskra stjórnvalda um nýtingu sjávarorku; „The National Strategy for Ocean Energy“. Stefnan tók annarsvegar til tækniþróunar og framleiðslumöguleika á þessu sviði, og hinsvegar nýtingar sjávarorku við Írland. Árið 2007 var stefnumótunin endurskoðuð með mótun tímasettra markmiða til ársins 2020, en þá á orkuframleiðsla öldu- og sjávarfallavirkjana að verða orðin 500 MW. „Orkustofnun Írlands“; (Sustainable Energy Authority of Ireland; SEAI) fer með yfirumsón þessa málaflokks. Innan SEAI var árið 2008 stofnuð sérstök deild; „Þróunarstofnun sjávarorku“ (Ocean Energy Development Unit; OEDU), til að samræma framkvæmd þessara mála í stjórnkerfinu. Einn þáttur þessarar stefnumörkunar var viðamikil gagnaöflun til undirbúnings heildarmati á sjávarorku við Írland og var unnin í samstarfi OEDU við Írsku sjávarannsóknastofnunina (Marine Institute). Árangur þessa starfs birtist m.a. í tveimur vönduðum skýrslum. Önnur fjallar um ölduorku við Írland; „Wave energy resource Atlas of Ireland“. Hin, sem er jafnvel ítarlegri, nefnist; „Tidal and current energy resources in Ireland“. Hún er nákvæm og yfirgripsmikil úttekt á umfangi og nýtingarmöguleikum sjávarfallaorku við landið.

Hér á eftir verður fjallað um þessa skýrslu SEAI um sjávarfallaorku. Hún ætti að vera áhugaverð fyrir okkur Íslendinga í ýmsu tilliti, og gæti orðið okkur góð fyrirmynd. Má þar nefna annarsvegar að hér er á ferð ein heildstæðasta og skipulegasta úttekt sjávarorku eins ríkis sem birst hefur í einu riti. Hitt er ekki síður áhugavert að aðstæðum svipar um margt saman við Írlands- og Íslandsstrendur, þó vissulega sé annað ólíkt. Bæði eru löndin eyjar sem liggja að norðanverðu Atlantshafi; bæði eru af áþekkri stærð (Írland er um 70% af flatarmáli Íslands); staða þekkingar og rannsóknarstarfs er að mörgu leyti sambærilegt, og fleira mætti nefna. Af því sem ólíkt er í þessu tilliti má nefna að nálægð Bretlands hefur greinileg áhrif á straumafar; Írland hefur e.t.v. notið góðs af Evrópuaðild sinni í rannsóknarstarfi og allmikill munur er á íbúafjölda. Síðast en ekki síst hefur uppruni orku verið mjög ólíkur, þar sem Íslendingar njóta orku vatnsfalla og jarðhita en megnið af orku Íra hefur komið frá jarðefnaeldsneyti. Síðastnefnda atriðið er líklega meginskýring þess áherslumunar sem augljóslega hefur verið í rannsóknum þjóðanna á nýjum endurnýjanlegum orkugjöfum. Klárlega er mjög mikill þrýstingur á að Írar minnki hina mengandi notkun jarðefnaeldsneytis. Hinsvegar er nú óðum að renna upp fyrir Íslendingum að orkulindir vatnsfalla og jarðhita hafa sín nýtingartakmörk og að hver ný stórvirkjun hefur í för með sér umhverfisfórnir sem almenningur er hættur að sætta sig við í sama mæli og áður. Sú „hreina og endurnýjanlega“ orka hefur takmarkanir.

Tidal and Current Energy Resources in Ireland: Meginviðfangsefni skýrslunnar eru;



- Að greina svæði sem væru hagkvæm til nýtingar sjávarfallaorku;
- Að gera sundurliðaða greiningu varðandi vænlegustu virkjanasvæðin;
- Að meta umfang nýtanlegrar sjávarfallaorku nú, og aukningu við frekari tækniþróun;
- Samanburður þessa mats við fyrri áætlanir;
- Að meta straumhörd djúpsvæði (yfir 40m dýpi) með tilliti til síðari virkjanatækni;
- Að bæta aðferðafræði til mats á endurnýjanlegum orkugjöfum Írlands.

Skýrsluna má nálgast á vefslóðinni:

http://www.seai.ie/Publications/Renewables_Publications/Tidal_Current_Energy_Resources_in_Ireland_Report.pdf



Skýrslan skiptist í eftirfarandi kafla eftir misjafnlega víðtækum skilgreiningum orkunnar:

- Fræðilegur orkuforði (Theoretical Resource). Heildarumfang orku milli 10 m dýptarlínu og 12 mílna landfirðar.
- Tæknilegur orkuforði (Technical Resource). Fræðilegur orkuforði sem takmarkast við þölmörk tækjabúnaðar og 2 m/sek lágmarksstraumhraða.
- Raunhæfur orkuforði (Practical Resource). Tæknilegur orkuforði sem takmarkast af ölduróti; botnlagi; skipaleiðum; hernaðarsvæðum og losunarsvæðum.
- Aðgengilegur orkuforði (Accessible Resource). Raunhæfur orkuforði sem takmarkast af sérstökum umhverfisaðstæðum hvers staðar.
- Hagkvæmur orkuforði (Viable Resource). Aðgengilegur orkuforði sem takmarkast af markaðslegum þáttum, s.s. þróunarkostnaði og markaðshvata.
- Niðurstöður og tilvísanir

Umfang metinnar orku í hverjum flokki má sjá þegar í upphafi skýrslunnar, í eftirfarandi töflu, en þar sést einnig skilgreining á matsflokkunum og hlutdeild í írskri orkunotkun 2010:

Resource category	Definition of resource category (Abbreviated)	Resource Total (TWh/yr)	% Electrical Consumption (2010)
Theoretical	Gross energy content between 10m depth contour and 12 nautical mile territorial limit	230	500
Technical	Theoretical resource limited by existing turbine support structure technology and to minimum current of 2.0m/sec	10.46	25
Practical	Technical resource limited by wave exposure, sea bed conditions, shipping lanes, military zones and disposal sites	2.63	6.27
Accessible	Practical resource limited by environmental constraints specific to each site. Constraint indeterminate at report stage	2.63	6.27
Viable	Accessible resource limited by commercial constraints including development costs and market reward	0.92	2.18

Flokkunarkerfi sem þetta er í sjálfu sér mjög rökrétt, og þjónar vel þeim tilgangi að auðvelda stefnumótun að hálfu stjórnvalda á vísindalegum grunni. Hinsvegar er það því aðeins nothæft að sátt sé um skilgreiningar. Hér eru strax í upphafi settar tæknilegar skilgreiningar sem hljóta að vera mjög háðar þróunarstigi hverju sinni, og má í því efni benda á eftirfarandi:

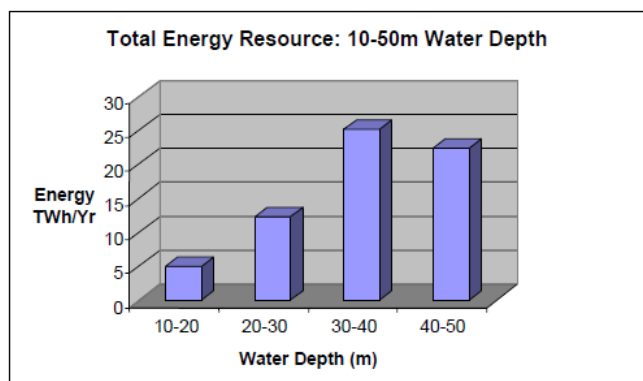
- Minni straumhraði en 2 m/sek er vissulega virkjanlegur þó það sé illa gerlegt með þeirri skrúfuhverfataekni sem hingað til hefur verið reynd. Valorka hverflarnir eru t.d. ætlaðir til virkjunar minni hraða. Þetta er mjög takmarkandi þáttur í niðurstöðum.
- Þölmörk tækjabúnaðar eru háð þróunarstigi og munu líklega taka breytingum.
- 10 m dýptarlína er líklega of grunn fyrir þá tækni sem nú er í þróun, en er e.t.v. of djúp fyrir síðari tækni, þar sem líklega fléttast saman öldu- og straumvirkjanir.
- Fjarlægð frá ströndu er hér að hámarki 12 mílur. Líklegt er að í framtíðinni muni sjávarfallavirkjanir verða óháðar strandfirð, líkt og þegar er með olíuborun á hafsbotni.
- Virkjanasvæði mun alltaf þurfa að skipuleggja út frá staðbundnum aðstæðum og svæðisbundnum hagsmunum. Hér eru nefndir nokkrir þættir, sem þó hljóta að vega misþungt eftir því hvaða þjóð á í hlut. Ísland er t.d. mjög háð fiskveiðum og því þarf hér að ríkja góð sátt milli orkunotkunar og verndar veiðisvæða.



- f) Hagkvæmni sjávarvirkjana á örugglega eftir að aukast. Tækniþróun er enn á byrjunarstigi; fjöldaframleiðsla búnaðar hvergi hafin og stjórnvöld ríkja heims rétt að byrja að átta sig á mikilvægi þessarar tegundar orkuvinnslu.

Hér verður farið í stórum dráttum yfir meginþætti þessarar vönduðu og merku skýrslu:

Fræðilegur orkuforði (Theoretical Resource). Þetta er heildarumfang orku milli 10 m dýptarlínu og 12 m landhelgislínu. Umfangið er metið með því að nota tölvuunnin straumalíkon af strandsvæðum Írlands. Nákvæmni líkananna var staðfest með fjórum mælistöðvum kringum ströndina. Niðurstaðan; 230 TWst/ári, er um 5-föld áætluð orkunotkun Írlands 2010. Vinnsla þessarar orku er þó takmörkuð af þeim þáttum sem lýst er síðar í skýrslunni; tæknilegum; staðfræðilegum; umhverfislegum og markaðslegum.



Skipting heildarorkuforða eftir dýpi (SEAI)

Tæknilegur orkuforði (Technical Resource). Þessi stærð var metin á sama hátt og hin fyrri, en þó með þeim takmörkunum að straumhraði þyrfti að vera yfir 1,5 m/sek og dýpi ekki meira en 40 m, en það eru takmörk þeirra hverfiltegunda sem lengst voru komnar í þróun við gerð skýrslunnar. Hér er því strax kominn mjög takmarkandi þáttur sem gerir þennan matsflokk, jafnt sem þá síðari, mjög háðan tækniþróun hverju sinni. Enda varð það niðurstaða skýrslunnar að með þessum takmörkunum væri orkulind sjávarfalla við Írland „einungis“ 10,46 TWst/ári, sem þó er fjórðungur árlegrar notkunar þar.

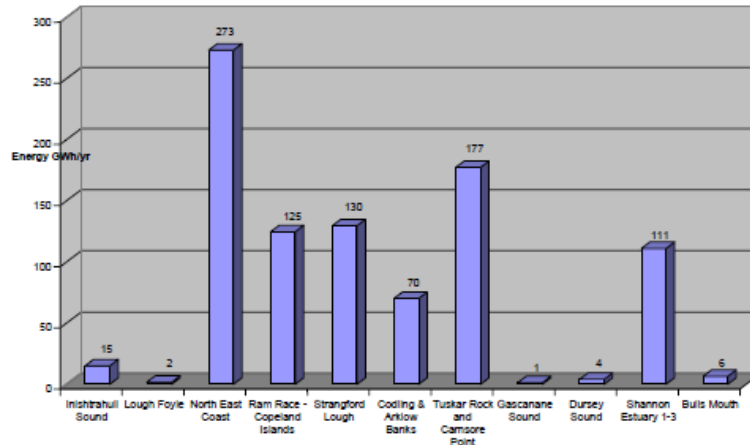
Raunhæfur orkuforði (Practical Resource). Hér voru matsskilyrði enn þrengd, í þeim tilgangi að fá fram mat á þeirri heildarorku sjávarfalla sem raunhæft yrði að nýta. Hér var straumhraði takmarkaður að 1,5 m/sek að hámarki; sjávardýpi takmarkað milli 10 og 40m; einungis voru tekin með svæði utan siglingaleiða, hernaðarsvæða, losunarsvæða og lagnasvæða. Þegar hér var komið sögu urðu rannsóknirnar mun staðbundnari, og beindust einkum að sjö svæðum. Tekið var mið af hentugleika þekktra hverflagerða fyrir hvern stað. Niðurstaðan varð heildarafrakstursgeta uppá 2.633 TWst/ári, eða 6,27% ársnotkunar Íra 2010.

Aðgengilegur orkuforði (Accessible Resource). Þessi flokkur tekur til ýmissa umhverfisþátta, m.a. staðbundins lífríkis; veiðisvæða; sjávarspendýra; sjónrænna áhrifa og áhrifa á útivistarsvæði. Þessi áhrif eru bundin við einstök svæði og erfitt að ákveða almennt meðalgildi. Telja skýrsluhöfundar að gera þurfi umhverfismat á hverjum stað til mælinga á þessum stærðum og því er aðgengilegur orkuforði hér áætlaður óbreyttur frá síðasta flokki.

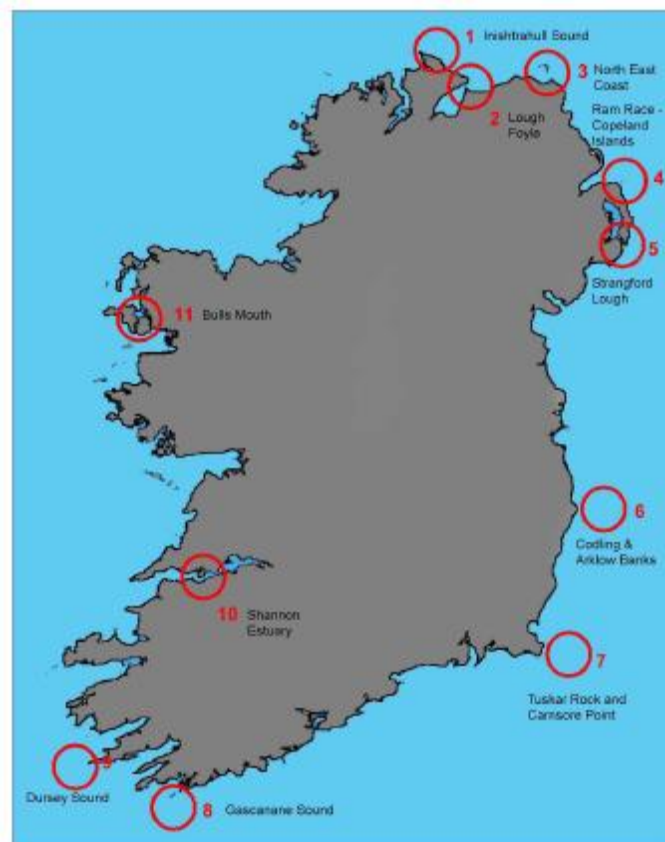
Hagkvæmur orkuforði (Viable Resource). Orkuforðinn var hér takmarkaður af eftirfarandi þáttum; dýpi milli 10 og 40 m; meðal-hámarksstraumhraða í stórstraumi yfir 2,5 m/sek; að þvermál hverfils sé a.m.k. 7 m minna en meðaldýpi á virkjunarstað; og að tekið sé tillit til markaðsþátta virkjana. Í síðastnefnda þættinum felast þróunarkostnaður; umfang; dreifing

virkjanastaða; markaðsleg hvatning; tímasetningar og aðrir þættir sem munu breytast með tíma. Stuðst var við markaðstæknilegt líkan Marine Current Turbines Ltd, t.d. með 8% afskriftum yfir 20 ára líftíma. Veginn framleiðslukostnaður reyndist mjög breytilegur, eða frá 4,5 cent/kwst upp í 19,6 cent/kwst.

Hagkvæmur orkuforði, reiknaður með þessu móti, reyndist vera 0,915 TWst/ári, eða áætluð 2,18% heildarorkunotkunar á Írlandi árið 2010. Tekið er fram í skýrslunni að sú tækni sem notuð var til hliðsjónar sé nánast fullmótuð og prófuð.



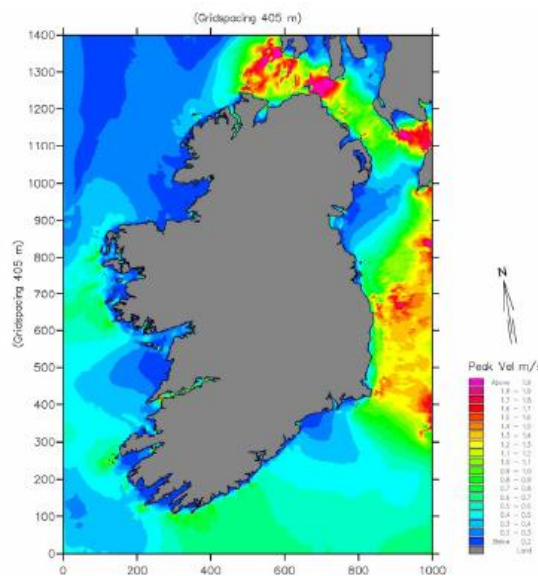
Hagkvæmur orkuforði Írlands eftir svæðum (SEAI)



Öflugustu svæði sjávarfallaorku við Írland (SEAI)

Næst er í skýrslu SEAI vikið að stöðu tækni til nýtingar sjávarorku, og þá einna helst staldrað við hverfla MCT sem áður voru nefndir. Þeir eru vissulega komnir lengst allra í þróun og hefur 1,2 MW tilraunavirkjun af gerðinni Seagen verið að störfum í Strangford Lough í N-Írlandi frá haustinu 2008. Skýrslan beinir sjónum nær eingöngu að skrúfuhverflum, og er það eflaust ástæðan fyrir því að rætt er um takmörk virkjanlegs straumhraða við 2 m/sek; enda vinna slíkir hverflar ekki við minni straumhraða. Tekið er þó fram að tækniþróun sjávarfallavirkjana sé enn á barnsskónum, sé t.d. miðað við vindvirkjun.

Fjallað er um sjávarfallamynstur kringum Írland. Sjávarfallastraumar eru að jafnaði hægir með vestur- og suðurströndinni; eru öflugastir við St George's og North Channels, en meðalsterkir við mestalla austurströndina. Hluti sjávarfallabylgjunnar fer norður með vesturströndinni en hinn hlutinn norður Írska haf og mætir hinum straumnum við St John's Point. Afleiðingin er verulegt fasvik falla (þ.e. mismunandi flóðtími) með ströndinni.



Straumhraði á meðaldýpi í stórstraumsfalli (SEAI)

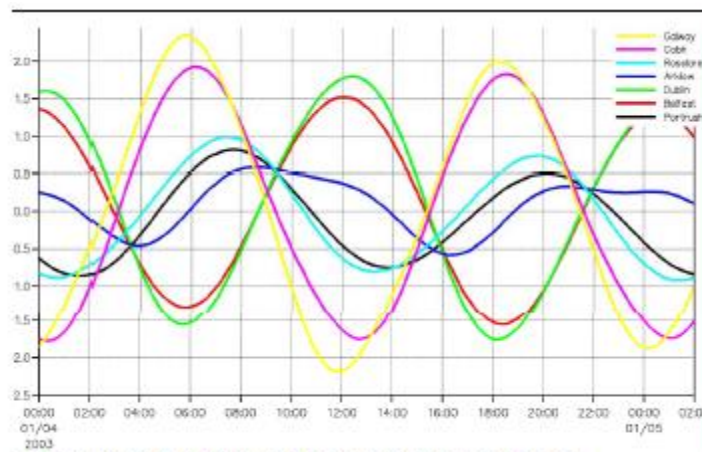


Figure 2.3 Difference in Phasing of the Tide around the Coast of Ireland

Fasvik sjávarfalla við Írlandsstrendur (SEAI)



Fjallað er um mæliaðferðir sem notaðar voru við matið. Sjávarfallalíkan við strendur Írlands er byggt upp með 405m möskvastærð, en stuðst er við net með minni upplausn utar og staðbundnum netum með meiri upplausn kringum nokkra staði. Tölvulíkon sem skýrslan byggir á voru staðreynd með mælingum, þar sem notaðar voru doppler-straumsmjár (ADCP; Acoustic Doppler Current Profilers). Mælt var á fjórum stöðum, í einn mánuð í senn, og reyndist gott samræmi milli mælinganna og líkansins.

Niðurstöður. Heildarniðurstöður skýrslunnar eru dregnar saman í eftirfarandi punkta:

- Tiltölulega mest af sjávarorku Írlands er bundið við austurströndina.
- Tækni til virkjunar sjávarfalla er á byrjunarstigi þróunar og þeir hverflar sem lengst eru komnir þurfa a.m.k. 2 m/sek straumhraða til ranhæfrar orkuvinnslu. Reiknað er með að árið 2015 verði komin fram tækni til nýtingar 1,5 m/sek straumhraða.
- Þegar tekið er tillit til allra takmarkandi þátta sem skilgreindir eru í skýrslunni reynist umfang hagkvæms orkuforða Írlands vera um 0,915 TWst/ári, eða jafngildi 2.18% áætlaðrar orkunotkunar árið 2010. Þetta hlutfall gæti líklega aukist í 6.27% til 2015.
- Framangreindar tölur gætu breyst þegar umhverfisþættir hvers staðar verða metnir.
- Margar aðferðir til virkjunar sjávarfalla eru á algjöru byrjunarstigi og erfitt reyndist að afla gagna um þær til birtingar.
- Mælt er með því að hagkvæmur orkuforði verði endurmetinn fljótlega, í ljósi frekari prófunargagna.

Um írsku skýrsluna.

Hér hafa verið dregin fram nokkur meginatriði úr hinni merku skýrslu SEAI. Frá sjónarhóli okkar Íslendinga má að ýmsu leyti telja þessa skýrslu gagnlegasta af þeim greiningum sem birst hafa á þessu sviði. Írland er eyja, lítið eitt minni en Ísland, með mismunandi fallatíma kringum landið. Vinnubrögð við samantekt skýrslunnar mætti sem best hafa til hliðsjónar þegar sjávarfallaorka Íslands verður metin. Niðurstöður skýrslunnar eru skýrar fyrir hvern matsflokk, og viðmiðin einnig. Skýrslan er unnin af virtum stofnunum og sérfræðingum og því verða niðurstöður hennar ekki dregnar í efa.

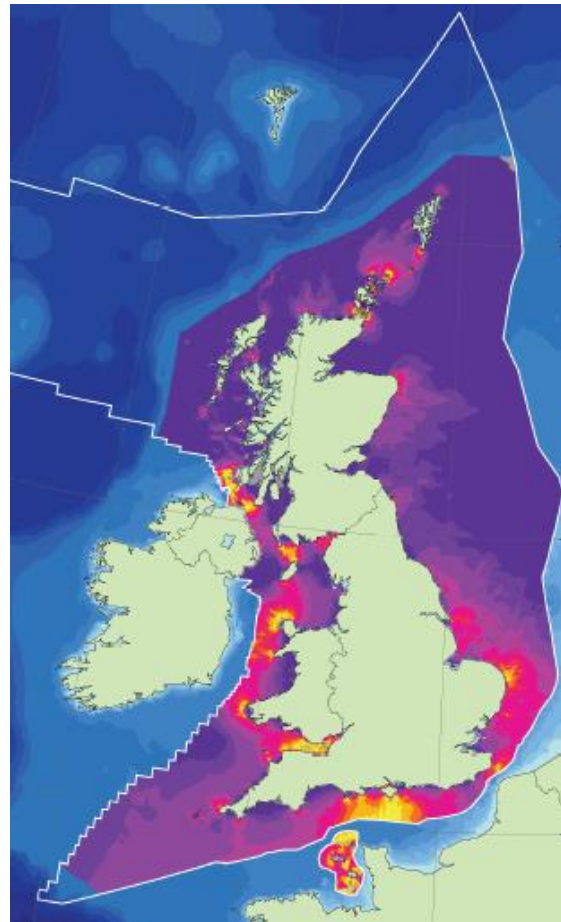
Meginniðurstæða skýrslunnar ætti að vera mjög athyglisverð fyrir Íslendinga:

Heildarumfang sjávarfallaorku við Írland er 230 TWst/ári. Nýtanleg orka ræðst af tæknistigi og öðrum breytum. Athyglisvert er að bera þessa tölu saman við áætlun íslensku Orkustofnunarinnar, en hún metur samanlagt heildarumfang vatnsfalla og jarðhita á Íslandi vera 123 TWst/ári. Sé haft í huga að Írland er einungis 70% af flatarmáli Íslands er rökrétt að álykta að sjávarfallaorka við Ísland sé öflugasta orkulind landsins sem nú er þekkt; jafnvel þó aðstæður séu ekki að fullu sambærilegar milli landanna. Séu jafnframt hafðar í huga þær takmarkanir sem augljósar eru á notkun vatnsfalla- og jarðhitaauðlinda vegna umhverfissjónarmiða verður munurinn enn augljósari. Vissulega hafa verið miklar tæknilegar takmarkanir á notkun sjávarfallaorku en þar eru lausnir nú óðum að þróast og sumar þekktar.

1.3. Skýrsla SDC; sjávarfallaorka við Bretland

Bretland er án efa í forystu þeirra ríkja sem nú leggja áherslu á nýtingu sjávarorku. Þar er tækniþróun komin lengst; flestar hverfilgerðir í þróun og áherslur stjórnkerfisins eru víðtækar og um margt vel útfærðar í þessum efnum. Hvatinn er enda mjög mikill: Bretar nota núna mikið af jarðefnaeldsneyti; eru vel meðvitaðir um umhverfisáhrif þess og kringum landið eru miklar orkuauðlindir í formi sjávarstrauma. Áætlað hefur verið að 25% af sjávarfallaorku Evrópu sé að finna við strendur Skotlands. Einnig er talið að ef öll helstu straumasund Bretlands væru virkjuð mætti afla um 50 TWst/ári, sem samsvarar um 15% orkunotkunar landsins.

Sustainable Development Commission (SDC) nefnist ráð sem hefur það hlutverk að vera breskum stjórnvöldum til ráðgjafar um hvaðeina sem varðar sjálfbæra þróun. SDC starfar í nánnum tengslum við forsætisráðuneytið, en einnig landshlutastjórnvöld í Skotlandi; Wales og N-Írlandi. Árið 2007 lagði SDC fram umfangsmikla skýrslu, unna af ráðgjafafyrirtækinu Metoc, um umfang og nýtingarmöguleika sjávarfallaorku við Bretland. Verður hér stiklað á stóru um efni hennar:



Helstu straumasvæði við Bretland, merkt hér í rauðu og gulu. (BERR)

UK Tidal Resource Review. Skýrslan fjallar einkum um umfang sjávarfallaorku við Bretland; orkuríkustu svæði; flutningskerfi raforku; stjórnvaldsstefnu á þessu sviði; atriði sem varða hækkun sjávarborðs og strandgerðir.

Sjávarföll við Bretland hegða sér í stórum dráttum líkt og við Íslandsstrendur, en líkt og hérlandis er mikill munur á flóðahegðun og straumhraða eftir staðháttum. Mest er orkan á tiltölulega fáum stöðum, þar sem fallabylgjan fer um þröng eyjasund; miklar grynningar eða fyrir annes. Skýrslan byggir að mestu á fyrri rannsóknum og reiknilíkönum („Flux Method“). Sú aðferð var t.d. notuð í fyrri mati sem Carbon Trust gerði árið 2004, en það er veigamikil undirstaða þessarar skýrslu. Tekið er þó fram að aðferðir sem notaðar eru í reiknilíkönunum til umreiknings í orkustærðir séu enn í þróun. Sumir vilja halda því fram að núverandi aðferðir vanmeti mjög afrakstursetu svæða. (Salter 2005 og MacKay 2007).

Orkuframleiðsluáðferðum er skipt hér tvo flokka; annarsvegar „Tidal range“ sem hér hefur verið nefnt stífluvirkjun og byggir á að nýta mun í flóðhæð. Hinsvegar „Tidal stream“, en þar er straumflæðið virkjað með hverflum án stíflumannvirkja. Stöðum sem vænlegir þykja til orkuframleiðslu er skipt eftir þessum flokkum í skýrslunni. Á nokkrum stöðum við Bretland má afla mikillar orku með stífluvirkjunum, s.s. við Bristol-sund; Liverpool og Morecambe-flóa; Solway-fjörð; Wash; Wyre og Conway.

Ýmsar rannsóknir hafa áður farið fram á straumaorku við Bretaland, en mismunandi aðferðafræði veldur erfiðleikum við samanburð þeirra. Mestu straumasvæðin eru við annes og í eyjasundum. Orkuríkustu staðirnir eru Pentlandsfjörður og svæðið kringum Ermarsundseyjar. Hér er mat á vinnslugetu helstu staða straumvirkjana, út frá uppsettu afli:

Region	Site	GWh/y
Channel Islands	Casquets	416
	Guernsey Big Russel	380
	Guernsey NW	492
	NE Jersey	164
	Race of Aldemey	365
Total		1817
Northern Isles	All sites	1045
Total		1045
North West	Mull of Galloway	383
	Rathlin Coast	408
	Other sites	328
Total		1119
Pentland	S Ronaldsay to Swona	1030
	Pentland Inner Sound	151
	Pentland Duncansky Head	1699
	Pentland Hoy	714
	Pentland Skerries South	4526
Total		8120
South West	Bristol Channel Foreland point	548
	Portland Bill	438
	Other sites	243
Total		1229
UK Total		13330

Áætlanir, misjafnlega ítarlegar, hafa verið gerðar um nokkrar stífluvirkjanir: Severn, áætluð vinnslugeta 17 TWst/ári

Mersey	-	1,4	-
Duddon	-	0,212	-
Wyre	-	0,131	-
Conwy	-	0,06	-

Áætlanir um Svevern voru komnar langt en hafa nú verið settar í bið.



Helstu svæði til straumvirkjana (SDC)



Helstu svæði til stífluvirkjana (SDC)



Raforkuflutningskerfi er eitt viðfangsefni skýrslunnar. Þar kemur í ljós að víða skortir mikið á að flutningsgeta kerfisins sé nægileg til að koma hugsanlegri orkuframleiðslu frá öflugustu svæðunum. Sérstaklega á þetta við um Skotland, en þar eru mörg helstu orkusvæðin. Best er kerfið í stakk búið til að flytja orku frá Severn, Wash og Mersey. Í suður og vesturhluta landsins eru stofnlínur öflugar en dreifikerfi víða óburðugt. Nokkrir raforkuframleiðendur eru þegar í „biðröð“ eftir að geta hafið framleiðslu í Skotlandi, og er vilji stjórnvalda til að forgangsraða vænlegum sjávarorkuframleiðendum framarlega í henni.

Strandgerðir og sjávarstaða er metin í skýrslunni. Þar er reynt að meta hugsanleg áhrif virkjana á efnisflutning strandstrauma og breytingar á strandrofi. Niðurstaðan er í heild sú að hugsanlega geti straumvirkjanir haft einhver staðbundin áhrif á öldufar og valdið mjög staðbundnum breytingum á straumum kringum virkjanasvæðin. Þetta gæti hugsanlega haft áhrif á næstu strandsvæði ef virkjunin er nærri landi og ef ströndin er viðkvæm fyrir rofi. Breytingar í sjávarstöðu vegna virkjana eru ekki taldar verða merkjanlegar.

Rammar og langtímastefnumið. Orkustefna breskra stjórnvalda er mörkuð m.a. í „Energy White Paper“ og „Energy Review“, og þar er lögð áhersla á blandaða nýtingu margra endurnýjanlegra orkulinda og samræmingu við markmið Kyoto samkomulagsins. Stjórnarstefnan byggir á fyrri samþykktum s.s. „Renewables obligation“ og innan hennar er unnt að byggja upp frekari áherslur á einstök atriði sem kunna að reynast hagkvæm. Unnið er að stefnumótandi umhverfismati (Strategic environmental assessment) í Skotlandi, en ekki eru áform um slíkt í Englandi; Wales eða N-Írlandi. Jákvætt viðhorf er ríkjandi að hálfu stjórnvalda varðandi þróun og rannsóknir og þar er framgangur leyfaveitinga fremur greiður. Ördú máli kann að gegna um starfsleyfi virkjana en þar gæti þurft að einfalda ferli. Evrópskar tilskipanir um hafsvæði, umhverfismat, lífríki og fugla hafa verið felld að breskri löggjöf og þurfa framkvæmdaaðilar á sviði sjávarorku að taka tillit til þeirra.

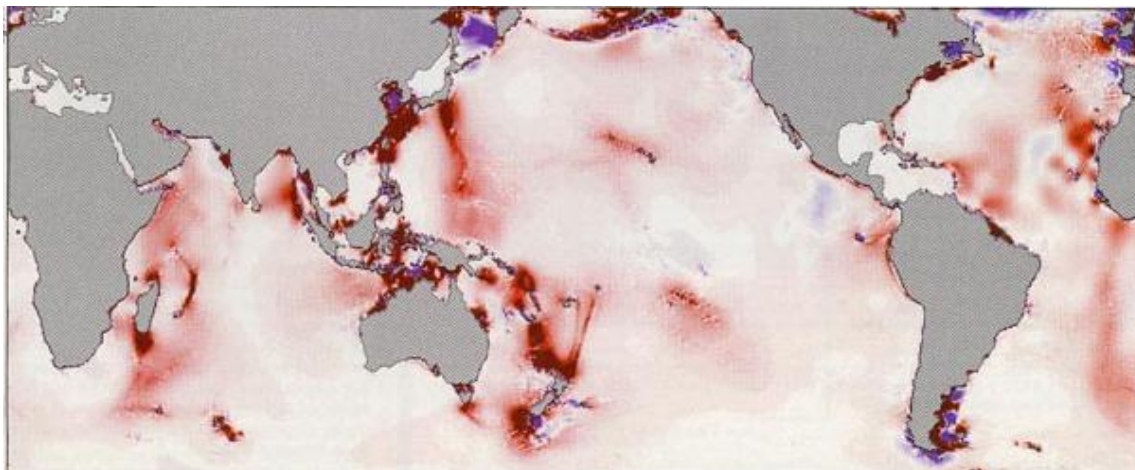
Heildarumfang sjávarfallaorku við Bretland var ekki metið í þessari skýrslu á sama hátt og gert var í skýrslu SEAI, og greint var frá hér á undan. Nokkrar vísbendingar má þó sjá af því mati sem gert var á nokkrum stöðum sem vænlegastir þykja til virkjunar. Hér hefur verið greint frá mati einstakra straumavirkjana og stífluvirkjana, en að auki var skoðað lítilliga hvað unnt væri að fá útúr manngerðum lónum þar sem aðstæður væru heppilegar á grunnsævi.

Straumvirkjanir.....	13,3 TWst/ári
Stífluvirkjanir (5 staðir, þ.a. langmest í Severn)	18,8 TWst/ári
<u>Lónavirkjanir: (1 lón í Severn; lægra mat af tveimur)</u>	<u>4,32 TWst/ári</u>
Samtals (tæknilega nýtanleg sjávarfallaorka)	36,42 TWst/ári

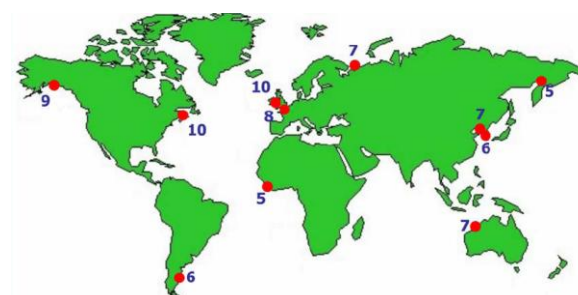
Samanburður við írsku skýrsluna er líklega ekki fullkomlega raunhæfur þar sem hér er beitt nokkuð ólíkri aðferðafræði og niðurstöðurnar settar fram á annan hátt. Engu að síður má velta fyrir sér þessum stærðum: Hér er umfang tæknilega nýtanlegrar orku við Bretland metið 36,42 TWst/ári en Írar meta samskonar orku hjá sér vera rúmar 10,46 TWst/ári. Sé heildarumfang sjávarfallaorku við Bretland reiknað í sama hlutfall tæknil. nýtanl. orku og það var metið við Írland verður niðurstaðan 800,82 TWst/ári. Forvitnilegt er að bera þessar stærðir saman við stærðir landanna. Bretland er 3,48 sinnum stærra en Írland; tæknilega nýtanleg sjávarfallaorka er sömuleiðis 3,48 sinnum meiri. Líklegt má telja að svo nákvæmt samræmi sé tilviljun ef tillit er tekið til ónákvæmni í mælingum og mismunandi matsaðferða. Sé þetta hlutfall heimfært á Ísland útfra flatarmáli lands, má ætla að hér sé heildarumfang sjávarfallaorku 337,11 TWst/ári, en meira um það hér síðar í samantektinni.

1.4. Önnur strandríki

Heildarumfang sjávarfallaorku heimsins er talið vera um 3 TW. Þar af er álitid að um 1 TW sé á „aðgengilegu hafdýpi“, eða nærri 9000 TWst/ári, en einungis brot þess er vinnanlegt með þeim aðferðum sem þekktar eru í dag. Ákjósanleiki staða til virkjana ræðst af ýmsum þáttum, t.d. mun á flóðhæð; straumhraða; hafdýpi; landfræðilegum aðstæðum; byggðarmynstri; flutningsgetu rafkerfa o.fl. Kortið hér að neðan sýnir í grófum dráttum þau svæði heimshafanna sem uppfylla einn þáttinn; verulegan straumhraða. Þau lönd sem búa vel í því efni eru m.a. Bretland; Frakkland; Kanada; Rússland; Argentína; Ástralía; og S-Kórea.



Helstu straumasvæðin. Öflugastir verða straumar á grynningum og við annes.(Science News)



Flóðhæðarmunur á nokkrum stöðum (RTD info)

Einstakir staðir hafa þótt sérlega hentugir til virkjunar sjávarfallaorku með þeim skrifuhverflum sem lengst eru komnir í þróun. Má þar nefna Minas Basin, sem gengur innaf Fundy flóa í Kanada, þar sem flóðhæð verður mest í heiminum, eða 17 metrar. Aðrir staðir eru t.d. víða kringum Bretland og Írland eins og nefnt hefur verið; Messína-sund milli Sikileyjar og meginlands Ítalíu; ýmis sund í Eyjahafi; margir staðir við suðaustanverða Asíu og staðir við Alaskastrendur.

Upplýsingar um umfang og rannsókir sjávarorku á einstökum hafsvæðum eru nokkuð brotakenndar og misjafnlega áreiðanlegar. Hér á eftir er farið yfir nokkur atriði.



Kanada býr yfir mjög mikilli orku í formi sjávarstrauma. Fundy flói milli New Brunswick og Nova Scotia er eitt aflmesta straumasvæði heims og hvergi verður meiri mismunur í flóðhæð, eða um 17 m. Þar eru tvö svæði álitlegir virkjanastaðir; Cumberland-sund og Minas-sund. Gerð hefur verið all ítarleg áætlun um síðarnefndari kostinn og



er nú unnið að framkvæmd hennar á vegum rannsóknarverkefnisins FORCE. Heildarorkan í straumum Minas-sunds er um um 1 GW, og talið er vænlegt að virkja þar 300 MW án verulegra umhverfisáhrifa með núverandi tækni, en straumhraði verður allt að 5 m/sek. Annað verkefni sem nú er fyrirhugað er CORE verkefnið, sem miðar að 15 MW virkjun í St. Lawrence-flóa. Alls hafa verið greindir meira en 190 staðir í Kanada sem vænlegir virkjanakostir, og talið er að frá þeim mætti fá um 42 GW af orku. Þessir staðir eru bæði á vestur- og austurströnd Kanada. Unnið er að víðtækri áætlun um sjávarorkunýtingu; „Canadian Marine Renewable Energy Technology Roadmap“ sem væntanleg er árið 2012.

Noregur býr yfir verulegri orku í formi sjávarfallastraums. Víða í skerjagörðum, fjörðum og sundum verður straumhraði mjög mikill. Árið 2003 var sett upp 300 kW skrúfuvirkjun í Kvalsund nálægt Hammerfest í N-Noregi; fyrsta sjávarfallavirkjun heims án stíflu til að tengjast raforkuneti og stóð tilraunin í 4 ár. Um þetta verkefni var stofnað fyrirtækið Hammerfest Ström sem nú vinnur að þróun samnefndra hverfla. Í árslok 2010 var gangsett stærsta fljótandi sjávarfallavirkjun heims; Morild II sem þróuð er af Hydratidal, og mun hún framleiða 1,3 MW inn á landskerfið og verða staðsett við Lófót. Önnur norsk fyrirtæki í þróun hverfla eru Flumill; NOP og Tidal Sails. Sunnantil í Noregi eru fallastraumar fremur hægir, en öðru máli gegnir um ýmsa staði norðar. Fræg er hin mikla hringiða Mælstraumen í Moskenes sundi, en dæmi eru um að hún hafi dregið niður skip. Þar verður hraði yfirborðsstraums meiri en 5 m/sek. Miklir straumar verða við Lofoten; allvíða yfir 2 m/sek. Saltstraumen nær yfir 4 m/sek hraða. Straumarannsóknir í Noregi byggja á góðum grunni. Eins og hérlendis hafa hagsmunir fiskveiða og siglinga verið helsti hvati þeirra, en á síðustu árum hefur sjávarorku verið veitt æ meiri athygli. Unnið hefur verið að því að bera saman fyrri rannsóknir og fá fram heildarmynd, t.d. í skýrslu Grabbe, Lalander, Lundin og Leijon árið 2009. Þar er metin fræðileg heildarorka 104 staða við Noregsstrendur og er niðurstaðan 17 TWst/ári. Í því ljósi má ætla að heildarumfang sjávarfallaorku við norðanverðan Noreg sé sambærilegt við niðurstöðu hinnar írsku úttektar, en um það verður ekki fullyrt fyrir en heildarúttekt liggur fyrir. Áhugi er mikill í Noregi, bæði á tækniþróun og nýtingu orkulindarinnar, ekki síður í stjórnkerfinu en hjá einkaaðilum. Varðandi framleiðslujöfnun sjávarvirkjana eru norskar aðstæður um margt sambærilegar við aðstæður á Íslandi. Unnt er að nýta mismunandi fasvik fallatíma eftir staðsetningu virkjana, en einnig er unnt að keyra sjávarfallavirkjanir á móti vatnsaflsvirkjunum eins og hérlendis.

Bandaríkin hafa ekki lagt verulega áherslu á sjávarorkulindir til skamms tíma, þó þar hafi komið fram ýmsar hugmyndir í því efni. Nú hefur þar orðið stefnubreyting eins og víðar. Núverandi forseti, Barack Obama, lagði mikla áherslu á rannsóknir og nýtingu „hreinna“ orkulinda í framboði sínu. Strax eftir kjörið sáust merki um þetta, þegar orkuráðuneytið setti af stað rannsóknarvinnu, m.a. um mat á umfangi sjávarfallaorku og fjárveitingar voru auknar til þróunarstarfs. Stjórnarstofnunin sem fer með reglusetningu og stjórnun varðandi sjávarorku nefnist nú Bureau of Ocean Energy Management, Regulation and Enforcement (BOEMRE). Sjávarorkurannsóknir voru settar undir NAVFAC sem lýtur stjórn sjóhersins, en auk þess stunda nokkur ríki sjálfstæðar rannsóknir. NREL; National Renewable Energy Laboratory sem starfar á vegum orkumálaráðuneytisins, heldur utanum tölfraði um þetta og gaf út skýrslu árið 2008; „Status of Wave and Tidal Power Technologies for the United States“. Þar er fjallað um tæknilegar aðferðir en einnig orkulindina sjálfa. Umfang heildarorku sjávarfalla í Bandaríkjunum er þar metið um 115 TWst/ári. Af því er langmest í Alaska eða 109 TWst/ári, en 6 TWst/ári annarsstaðar. Mælingar ná ekki til svæða meginstrauma; s.s. Golfstraumsins. NREL álítur nauðsynlegt að nýta þessa orkulind og hraða tækniþróun í því efni, og vekur athygli á að 78% orkunotenda í USA sé við strendur. Í skýrslunni er að finna greinargóða röksemdafærslu fyrir nauðsyn skipulegrar vinnu að hálfu



stjórnvalda um leið og stutt er við framtak einkaaðila. Nýlega veitti orkumálaráðuneytið DOE 27 styrki til þróunaraðila búnaðar.

Kína býr að verulegum auðlindum í formi sjávarfallaorku og tiltölulega langri hefð í nýtingu hennar. Suðaustlægu héruðin Zhejiang, Fujian og Guandong liggja best að straumasvæðum. Þegar árið 1956 voru settar upp fjölmargar litlar sjávarfallamyllur til dælingar á áveituvatni. Uppúr 1958 voru settar upp nokkrar litlar rafstöðvar, en eftir 1980 voru byggðar mun öflugri virkjanir. Stærst þeirra eru stífluvirkjanirnar í Jiangxia sem er 3.2 MW og Xingfuyang; 1,3 MW. Íbúatala Kína er um 1,2 milljarðar, þar af búa 900 milljónir í dreifbýli. Stjórnvöld hafa leitast við að minnka hina miklu notkun á lífrænu eldsneyti og þar er m.a. litið til nýtingar sjávarfallaorku. Áætlað er að heildarumfang sjávarfallaorku við Kínastrendur sé a.m.k. 190 TWst/ári (skýrsla Zhou Jia Ping; „China’s New and Renewable Energy Situation“). Áherslur stjórnvalda varðandi endurnýjanlega orku eru einkum þær að hraða sem mest virkjunum endurnýjanlegra orkulinda; greiða fyrir þróun og framleiðslu nýrrar tækni; aðlaga regluverk og stefnumótun og að fyrir 2015 verði notkun endurnýjanlegrar orku a.m.k. 2% af heildarorkunotkun Kínverja.

Indland. Víða við strendur Indlands eru miklir sjávarfallastraumar. Orkuríkustu svæðin eru Kutch-flói og Khambhat-flói í Gujarat héraði á V-Indlandi, ásamt Gangessvæðinu við A-Indland. Hæðarmunur flóðs og fjöru á fyrrnefndu flóunum verður allt að 6m. Áætlað er að þau tvö svæði gætu skilað um 15 GW af orku. Indversk stjórnvöld vinna að stefnumótun og er m.a. áformað að setja upp „grænan banka“, byggðan m.a. á kolefnisskatti, til að stuðla að verkefnum á sviði endurnýjanlegrar orku. Í janúar 2011 voru kynntar áætlanir um 50 MW sjávarfallaorkuver í Kutch-flóa sem nýta mun Atlantis-hverfla.

S-Kórea. Mikil straumasvæði eru kringum S-Kóreu og eru uppi miklar áætlanir um nýtingu þeirrar orku. Tvær stífluvirkjanir hafa verið byggðar; önnur í hinu manngerða Shiwa-vatni, sem verður tekin í notkun í árslok 2010 og verður þá stærsta sjávarfallavirkjun heims, og hin í Uldolmok-sundi í Jindo-héraði í SV-hluta landsins, sem skilar um 2 GWst/ári. Straumar í sundinu geta orðið um 6,5 m/sek. Stjórnvöld vilja stuðla að nýtingu sjávarorku og hafa verið verulegum fjárhæðum í undirbúning verkefna.

Japan vill nú rannsaka og nýta sínar sjávarorkuauðlindir. Árið 2010 kom út skýrslan „Roadmap for Ocean Energy“ á vegum samtaka hagsmunaaðila í sjávarorku þar í landi, en þar eru sett markmið um nýtingu þessara auðlida. Einnig gaf iðnaðarrannsóknarstofnunin NEDO út hvítbók um sama leyti og hrundið var úr höfn rannsóknarátaki varðandi sjávarorku.

Nýja Sjáland. Stjórnvöld undirbúa nýtingu sjávarorku á nokkrum sviðum. Stutt er við ný þróunarverkefni og landið er þátttakandi í alþjóðlegum samtökum, s.s. IEA-OES.

Indónesía. Stjórnvöld stefna að því að auka vægi sjávarorku í orkuöflun á næstu áratugum. Rannsóknir í þessu efni heyra undir ráðuneyti rannsókna og tækni en verið er að setja á stofn sérstaka stofnun sem einbeitt sér að rannsóknum sjávarorku. Sjávarfallaorka er umfangsmikil í Indónesíu. Búið er að greina a.m.k. 15 sund sem vænlega virkjanastaði í byrjun og tvö verkefni eru þegar í undirbúningi á sviði nýtingar sjávarfalla.

Hér hefur verið minnst á örfá lönd sem hyggja verulega að nýtingu sjávarfallaorku. Þessi umfjöllun er mjög takmörkuð, auk þess sem hér er ekki fjallað um þau fjölmörgu ríki sem leggja áherslu á önnur form sjávarorkunýtingar, s.s. ölduorku.

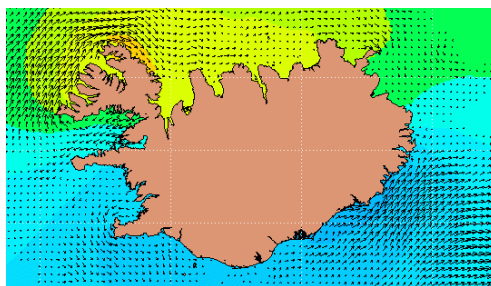
1.5. Ísland í samanburði

Hérlendis hefur sjávarfallaorka nánast ekkert verið rannsökuð. Allar líkur benda þó til að hún sé hér veruleg og vel vinnanleg ekki síður en í öðrum löndum sem hér hafa verið til umræðu. Hér á eftir verður reynt að leiða líkum að stærð orkulindarinnar hér, í ljósi þess mats sem aðrar þjóðir hafa gert á sínum orkuförða. Helst er þá litið til skýrslu Íra, og ræður því einkum tvennt. Annarsvegar er Írland eyja, lítið eitt minni en Ísland, og margt er sambærilegt í aðstæðum þó þar sé vissulega einnig margt ólíkt. Hinsvegar er hin írsku úttekt sem hér hefur verið lýst mjög skýr og víðtæk í niðurstöðum og margt í aðferðafræðinni til fyrirmyndar. Reyndar er mjög gott samræmi milli mats Íra og Breta á umfangi sjávarfallaorku, eins og rakið var hér að framan. Það styrkir nokkuð þá aðferðafræði að nýta flatarmál landa til samanburðar sjávarfallaorku kringum eylönd, þó vissulega sé hún varasöm. Nauðsynlegt er að áréttu að í þessum samanburði er ekki lagt mat á staðfræðilegar aðstæður sem augljóslega eru nokkuð mismunandi. Nálægð Írlands við Bretland veldur því líklega að straumar við norðausturodda landsins eru nokkuð harðir. Hérlendis veldur lögun lands og hafsbotns líklega því að annesjastraumar við Vestfirði og Austfirði eru tiltölulega hraðir. Þessar breytur eru hér ekki metnar. Eina breytan sem hér er lögð til grundvallar er mismunandi flatarmál landanna. Sú aðferð ein gefur örugglega ekki nákvæman samanburð, enda er samanburðinum fremur ætlað að vekja umhugsun en að hann sé grundvöllur að endanlegu mati.

Fræðilegur heildarforði sjávarfallaorku. Þessi stærð var metin 230 TWst/ári við Írland. Sú niðurstaða var einkum fengin frá nákvæmu reiknilíkani sem staðreynt var með mælingum. Stærð Írlands er 70.273 km², en Íslands 103.000 km² eða 1,4657 sinnum stærra. Umreiknað í því hlutfalli er heildarumfang sjávarorku við Ísland 337,11 TWst/ári, með þeim fyrirvörum sem áður er getið. Þetta má svo bera saman við þá heildarorku sem Orkustofnun metur vera í vatnsföllum og jarðhita, sem er alls 123 TWst/ári. Sjávarfallaorka er því 2,74 sinnum meiri að heildarumfangi. Í báðum tilvikum er um heildarorku að ræða. Ýmsir þættir valda því að einungis verður unnt að nýta hluta hennar, s.s. tæknileg geta; tillit til umhverfis o.fl.



Umfang „virkjanlegrar“ vatns- og jarðhitaorku Íslands; alls 123 TWst/ári (Orkustofnun)



Heildarumfang sjávarfallaorku við Íslandsstrendur gæti reynst 337 TWst/ári.



Tæknilegur orkuforði sjávarfalla. Í þessum flokki er reynt að takmarka heildarorkuna við það svið sem nýtanlegt er, eða verður nýtanlegt með þeim aðferðum sem fyrir liggja í formi frumgerða og vænlegra hugmynda. Þessi mörk eru mjög óljós, enda er tæknin í mjög hraðri þróun. Írar völdu þá leið að miða annarsvegar við lágmarksstraumhraðann 2 m/sek og hinsvegar við þölmörk virkjunarinnar. Hvottveggja er vægast sagt umdeilanlegt. Almennt er nú viðurkennt að ekkert sé því til fyrirstöðu að virkja straumhraða allt niður í 1 m/sek og jafnvel minna. Þar er einungis spurning um jafnvægi kostnaðar og tæknigetu. Sama gildir um efri þölmörkin. Augljóslega hafa Írar haft hér í huga hverfil MCT og aðra skrúfuhverfla sem lengst eru komnir í þróun. Niðurstaða Írska matsins með þessum miklu takmörkunum er sú að tæknilega nýtanleg sjávarfallaorka við Írland sé 10,46 TWst/ári. Sé það yfirfært á Ísland með flatarmálsreglunni sem áður er getið er tæknilega nýtanleg orka við Ísland 59,9 TWst/ári, eða 3,6 föld raforkunotkun á Íslandi árið 2008 sem var 16,478 TWst/ári, en margt bendir þó til þess að með því sé sjávarfallaorka við Ísland fremur vanmetin en ofmetin.

Raunhæfur orkuforði. Við samanburð þessa matsflokks og þeirra síðari þarf að hafa í huga að mismunandi aðstæður skipta verulegu máli. Í mati Íra eru t.d. tekin inn takmarkandi viðmið s.s. hernaðarsvæði, skipaleiðir o.fl. Hér þurfum við ekki að horfa til hernaðarsvæða og skipaleiðir skipta hverfandi litlu máli ef virkjanir eru að öllu leyti neðansjavar. Hinsvegar þarf á báðum stöðum að taka tillit til veiðisvæða og má búast við að það verði takmarkandi þáttur hér. Raunhæfur orkuforði Íslands með fyrri aðferðum yfirfærslu er 3,85 TWst/ári.

Aðgengilegur orkuforði er óskilgreindur sem heild hjá Írum, enda þarf þar að taka tillits til umhverfismats hvers virkjunarstaðar. Niðurstaðan því óbreytt frá síðasta flokki.

Hagkvæmur orkuforði var skilgreindur mjög þröngt í írsku skýrslunni. Landfræðilega takmarkaðist hann af sjávardýpi milli 10 g 40 m; straumhraði skyldi vera yfir 2,5 m/sek og tekið var tillit til ýmissa markaðslegra þátta og aðstæðna virkjanastaða. Þessi skilgreining er líkleg til að verða mun rýmri þegar nýting sjávarfallaorku hefst að einhverju marki, og er nú þegar alltof þröng í ljósi tæknigetu. En mat Íra er að með þessu sé umfang sjávarfallaorku 0,92 TWst/ári, og sé það heimfært við Ísland m.v. flatarmál lands verður talan hér 1,35 TWst/ári, sem svarar til 8,2% raforkunotkunar á Íslandi árið 2008.

Um samanburðinn. Samanburður á grundvelli þeirrar reiknireglu sem hér var notuð er augljóslega mjög umdeilanleg, jafnvel þó samanburður írsku og bresku úttektaflokks renni nokkrum stöðum undir hann. Því verður þó tæpast á móti mælt að grófustu niðurstöðurnar, þ.e. fræðilegur heildarforði sjávarfallaorku, ríma sæmilega við niðurstöður annarra landa sem hér hafa verið nefnd. Heildarforði orkunnar er enda sá grunnur sem byggja þarf á. Aðrir matsflokkar eru háðir skilgreiningum og viðmiðum sem sífellt taka breytingum, t.d. með aukinni tæknipróun o.fl. Ýmislegt bendir t.d. til þess að hinn íslenski Valorka hverfill muni breyta ýmsu í þeim skilgreiningum þegar hann kemst í notkun.

Reynist það staðreynd að fræðilegur heildarforði sjávarfallaorku við Ísland sé um 337 TWst/ári er augljóst að þessi orkulind er mun stærri en sá heildarforði vatnsfalla- og jarðvarmaorku sem Orkustofnun telur unnt að ná til, sem er 123 TWst/ári. Aðgengi þeirra síðarnefndu hefur hingaðtil verið betra; tæknin vel þekkt og hagkvæmni því mun meiri. Hinsvegar gengur öll þróun núna í þá átt að jafna þennan mun: Tækni til nýtingar sjávarfallaorku er í hraðri þróun og um leið þær aðferðir sem notaðar eru á virkjunarstað; sífellt fækkar virkjanakostum á landi vegna vaxandi umhverfisvitundar og að síðustu má augljóst vera að samkeppnishæfni sjávarfallavirkjana mun stórukast þegar hafin verður framleiðsla og notkun tækninnar í einhverjum mæli. Í því efni má líta til vindvirkjana.



1.6. Fyrirhugaðar rannsóknir RMS

Eins og sjá má af framansögðu er gríðarleg orka í sjávarfallastraumum víða um heim. Þessi orka hefur ýmsa kosti umfram aðra orku; t.d. er hún stöðugri og fyrirsjáanlegri en flest önnur orkuform og hana má víða nýta án þekktra umhverfisáhrifa. Hinsvegar er tækniþróun enn á mótunarstigi, sem og skilningur á mikilvægi umhverfisvænnar orkuöflunar.

Hér hefur líkum verið leitt að því að Ísland búi vel að orku í þessu formi. Enn sem komið er hafa engar rannsóknir verið gerðar á sjávarfallaorku við landið og engar vísindalegar mælingar liggja fyrir á straumhraða í orkumestu röstunum. Varla verður við það unað mikið lengur að ekkert mat liggi fyrir á þeirri orkulind landsins sem að líkindum er umfangsmest og verður án mikils vafa ein grundvallarforsenda byggðar í landinu í mjög náninni framtíð.

Rannsóknir í þessu efni eru ekki einungis mikilvægar til að meta heildarumfang orkunnar, heldur ekki síður til að leggja grunn að haldbæru straumakorti sem sýnir aðstæður sem gleggst á hverjum stað við ströndina. Slíkt straumakort er gagnlegt í mörgu tilliti, ekki síður en landakort á landi. Með því má áætla orku á hverjum stað og nýtanleika hennar í ljósi virkjanatækni á hverjum tíma; unnt er að velja hentuga staði til prófunar og þróunar nýrrar tækni á þessu sviði; straumakortið mun nýtast við þá hafrannsóknastarfsemi sem nú þegar er stunduð með tilliti til fiskistofna, seiðadreifingar, átuflutnings o.fl.; straumakortið ætti að verða mikilvægt til skipaleiðsögu og siglinga og það mun einnig nýtast til að áætla dreifingu spilliefna; aðskotadýra; hafíss eða annars reks.

Ein mikilvægustu not þessara straumarannsóknna, og hvati þeirra, er þó að afla vitneskju um straumstyrk og –hegðun á hverjum stað við ströndina þannig að unnt sé að áætla orku sjávarfalla í straumþungum röstum og leggja mat á nýtanleika hennar.

Rannsóknamiðstöð sjávarorku. Valorka ehf, Hafrannsóknastofnun Íslands og verkfræðifyrirtækið Verkís hafa nú gert með sér samkomulag um verkefni undir heitinu „Rannsóknamiðstöð sjávarorku“; eða RMS. Það miðar að því að hefja mælingar á vísindalegum grunni í þeim tilgangi sem hér hefur verið lýst. Engar skuldbindandi samþykktir hafa þó enn verið gerðar um þetta samstarf, og er beðið viðbragaða stjórnvalda. Enginn aðili hefur núna skyldur í þessu efni og enn hafa stjórnvöld ekki markað sér neina stefnu um slíkar rannsóknir. Samstarfsaðilar um RMS koma að rannsóknunum á misjöfnum forsendum, þó megintilgangurinn sé hinn sami:



Valorka ehf vinnur nú að þróun sjávarfallahverfils; íslenskrar uppfinningar sem nú hefur fengist einkaleyfi á og verður nánar lýst hér síðar. Hverfillinn er talinn hafa möguleika umfram fyrri hverfiltegundir til orkuvinnslu úr þeim straumhraða sem algengur er í röstum kringum Ísland. Valorka ehf telur nauðsynlegt að rannsaka hvaða orku er að finna og hvernig heppilegast væri að standa að nýtingu hverfilsins. Valorka mun hafa umsjón með framgangi verkefnisins.



Hafrannsóknarstofnunin hefur lagaskyldu til að rannsaka hafið kringum landið. Starfsemin hefur hingað til einkum beinst að rannsóknum vegna fiskstofna, veðurfars o.þ.h. Stofnunin telur mikilvægt að bæta úr skorti á rannsóknum sjávarstrauma á grunnsævi. Hún mun sjá um lagningu mæla; endurheimtu þeirra og vistun, ásamt því að vinna úr niðurstöðum mælinga. Umsjónarmaður straummælinga verður Héðinn Valdimarsson, hafræðingur hjá Hafrannsóknastofnun.



Verkís kemur að verkefninu með mikla sérfræðipækkingu á sviði verkfræði og orkutækni. Verkís og HR hafa umsjón með þróun og notkun sjávarfallalíkans SÍ, og vinna ásamt samstarfsaðilum sínum að rannsóknarverkefnum tengdum



kortlagningu sjávarfallaorku og staðbundnum athugunum á straumum og mögulegum virkjunarkostum. Mögulegar straumamælingar myndu nýtast fyrirtækinu til frekara mats á hagkvæmni sjávarfallavirkjana og endurbóta á sjávarfallalíkaninu. Hjá Verkís starfar fólk með góða þekkingu á sjávarföllum og fulltrúi fyrirtækisins hjá RMS er Ólöf Rós Káradóttir verkfræðingur.

Fyrirhugað rannsóknarstarf RMS mun í upphafi einkum felast í mælingum strauma á völdum stöðum kringum landið. Mælt verður í helstu röstum landsins og niðurstöðurnar nýttar til uppfærslu á sjávarfallalíkani. Um leið verður safnað gögnum um hvaðeina sem lýtur að sjávarfallaorku og nýtingu hennar og þannig komið á fót gagnagrunni á þessu sviði. Til mælinga verða notaðar straumsjár (ADCP) sem lagt verður á hafsbotn í tiltekinn tíma; a.m.k. yfir einn straum (stórstraum og smástraum). Straumsjáinni er lagt á botninn; hún mælir síðan straumhraðann í sniði sjávar frá botni til yfirborðs og skráir mælingarnar í minni. Að mælitíma loknum er hún kölluð upp á yfirborðið með hljóðmerki. Sleppibúnaður losar hana þá frá sökku og hún flýtur upp. Síðan er lesið úr minninu með sérstökum hugbúnaði og niðurstöðurnar túlkaðar af sérfræðingi. Ætlunin er að nota straumsjár af gerðinni „Teledyne“ (mynd), en samskonar sjár hefur Hafró notað til sinna rannsókna áður. Straumsjár af þessari gerð kosta yfir 5 milljónir króna (2010) hver.



Fjármögnun. Samstarfsvilji aðilanna þriggja lá fyrir haustið 2009 og var þá þegar sótt um framlag af fjárlögum 2010; 10 milljónir króna. Þar sem RMS var ekki sjálfstæður aðili var sótt um í nafni Valorku ehf, sem átti frumkvæði að samstarfinu. Umsókninni fylgdi greinargóð áætlun. Alþingi veitti 2,9 millj.króna á fjárlögum 2010. Þar sem sú fjárhæð dugði ekki fyrir einum mæli var leitað til samkeppnissjóða og fjárveitingin boðin sem mótramlag. Sótt var um til Tækjasjóðs Rannís; Orkusjóðs og Impru. Allir sjóðirnir synjuðu um stuðning, án þess þó að útskýra synjunina fyllilega. Þegar knúið var á um skýringar virtust þær helstar að opinbera stefnu skorti á þessu sviði, og því hefðu umsóknirnar orðið undir í hinu mikla flóði umsókna. Þetta varð til þess að ekki var unnt að festa kaup á einum mæli, og frestaðist því framkvæmd verkefnisins. Aftur var sótt um framlag á fjárlögum 2011 haustið 2010, og var verkefnið lagt upp með nokkuð öðrum hætti. Sótt var um 20 milljónir kr til kaupa á tveimur botnlægum mælum; einum dopplermæli í bát; vinnu við verkefnið og leigu á bát. Talið er hentugt að geta framkvæmt mælingar með straumsjá í báti; bæði til þess að ákvarða heppilegan lagningarstað fyrir botnlægu mælana og til að víkka svið hvernar mælingar með því að skoða straumahegðun í grennd við mælistað. Alþingi sýndi núna engan skilning, og það skilningsleysi er m.a. hvati að þessari greinargerð. Áfram verður leitað fjármögnunar.

Víðtækara samstarf. Áætlað er að samstarfið um þessar rannsóknir verði víðtækara. Nokkrir hópar vinna að rannsóknum sem beinast að nýtingu sjávarfallaorku á tilteknum stöðum; Sjávarorka í Stykkishólmi rannsakar nýtingu Rastar í Hvammsfirði; annar hópur rannsakar virkjanir sjávarfalla í Þorskafirði og nærliggjandi fjörðum og þriðji hópurinn skoðar kosti sjávarfallavirkjana í Hornafirði. Auk þess er vitað um fleiri áhugaaðila á þessu sviði. Þörf væri á að sameina krafta þessara aðila og fá aðkomu stjórnvalda að markvissu starfi.

Reiknilíkan fyrir sjávarföll umhverfis Ísland var þróað 1993 hjá Verkfræðistofnun HÍ undir stjórn dr. Gunnars Guðna Tómassonar og síðan hjá VST (nú Verkís) í samstarfi við Siglingastofnun. Á síðustu árum hefur líkanið verið endurbætt. Með líkaninu má spá fyrir um sjávarhæðir og sjávarfallastrauma á öllu líkansvæðinu, á hvaða tíma sem er, þar sem bæði er tekið tillit til stjarnfræðilegra og veðurfarslegra áhrifa. Upplausn þess er 2x2 km², en á



sumum stöðum meiri, m.a. í Hvammsfirði 50x50 m². Þetta er svipuð upplausn og í líkönum Íra og Breta. Með líkaninu má kortleggja strauma og orku í sjávarföllum umhverfis landið, en þar sem það hermir ekki staðbundna strengi eða lagskiptingu strauma, þarf straummælingar til að gefa fyllri mynd af straumafari.

Rekstrarform. Margt mælir með því að um þessar rannsóknir verði stofnuð sjálfseignarstofnun. Hingað til hafa allar stærstu rannsóknastofnanir landsins verið stofnaðar og reknar að hálfu hins opinbera. Í þessu tilfalli þarf að hafa í huga að engin merki hafa sést um að stjórnvöld ætli að gefa þessari orkulind nokkurn gaum. T.d. er hún vart nefnd á nafn í drögum nefndar sem fjallar nú um nýja orkustefnu. Fleira styður þetta fyrirkomulag; t.d. það að sjálfseignarstofnun á auðveldara með það í byrjun að sækja um styrki til samkeppnissjóða, en búast má við að þess þurfi meðan skilningur stjórnvalda er að aukast, til að koma verkefninu af stað. Þá er einnig mikilvægt að nýta áhuga og getu þeirra aðila sem nú hafa verulegan áhuga á rannsóknum sjávarorku, og eru jafnvel þegar komnir af stað. Það verður best gert með því að þeir geti komið sem beinast að stjórnun heildarrannsókna. Spyrja má hvort ekki væri réttast að fela núverandi rannsóknastofnunum þetta verkefni. Í því tilliti er rétt að benda á að ríkisstofnunin Ísor hefur með höndum mestallar rannsóknir varðandi jarðhita og Landsvirkjun, fyrirtæki í eigu ríkisins, hefur með höndum langmesta virkjanastarfsemi landsins og rannsóknir vegna vatnsafls. Stefna hefur verið mótuð um nýtingu orkukosta á landi og þessar stofnanir hafa verulega hagsmuni að því að henni sé framfylgt. Því væri ekki ráðlegt að fela þessum stofnunum rannsóknir á orkuformi sem er allt annars eðlis og gæti í sumu tilliti keppt um fjármagn við hefðbundnar virkjanarannsóknir. Ný stofnun gæfi kost á mun gegnsærra og eðlilegra ferli fjármögnunar; rekstrar og afraksturs. Þó hér sé ekki mælt með því að rannsóknir á sjávarorku séu á vegum starfandi ríkisstofnana er hinsvegar alveg augljóst að stjórnvöld verða að hafa yfirumsjón með rannsóknum á þessari þjóðarauðlind sem öðrum; mati á umfangi hennar og stýringu á nýtingu hennar. Því væri e.t.v. æskilegasta fyrirkomulagið það að sú sjálfseignarstofnun sem stofnuð verður til sjávaorkurannsókna (Rannsóknamiðstöð sjávarorku?) lyti sérstakri löggjöf og að stjórnvöld hefðu góð ítök í stjórnun hennar, um leið og tryggð yrði aðild annarra áhuga- og hagsmunaaðila. Þá aðild mætti t.d. tryggja með reglum um stjórnarkjör. T.d. væri hugsanlegt að ráðherra orkumála (iðnaðarráðherra) skipaði meirihluta stjórnar en aðrir stjórnarmenn væru kjörnir af árlegum fundi aðila í greininni; hagsmuna- og áhugaaðila. Eflaust er unnt að fara fleiri leiðir, en með þessari væri tryggð hin nauðsynlega aðkoma ríkisvalds og einkaaðila.

Til bráðabirgða, og meðan mál þessi eru ófrágengin varðandi opinbera stefnumótun og stjórnun, mun framangreint þríhliða samkomulag verða viðhaft um þetta verkefni.





1.7. Stjórnvöld þurfa að móta stefnu

Engin stefna liggur fyrir hjá íslenskum stjórnvöldum varðandi sjávarorku. Enginn hvati eða fyrirætlun er um rannsóknir eða mat á umfangi orkunnar, jafnvel þó ljóst sé að hér er um eina umfangsmestu orkulind landsins að ræða. Enginn aðili hefur neinar skyldur til gagnasöfnunar á sviði sjávarorku, ef frá er talið hið almenna orðalag í reglum Orkustofnunar, enda liggur hvergi fyrir á einum almennum stað sérþekking eða gagnasafn á þessu sviði. Hér að framan hefur verið farið lítillega yfir ástæður þessa skorts á stefnumörkun. Leiða má að því líkum að rannsóknir okkar hafi einungis mótast af viðhorfi hvers tíma til mikilvægis atvinnugreina og útflutningsverðmæta, enda er slíkt eðlilegt að vissu marki. Út frá því sjónarmiði hefur lítil hvati verið til þess að rannsaka strandsvæði vegna orkuvinnslu þar sem tækni hefur ekki verið talin fyrir hendi. Hinsvegar hlýtur stefna í vísindarannsóknum á hverjum tíma að taka mið af sjónarmiðum til lengri tíma; þannig að skortur á rannsóknum hamli ekki auðlindanýtingu næstu kynslóða eða hagnýtum tækniframförum.

Hér að framan hefur verið leitt verulegum líkum að því að sjávarfallaorka sé ein stærsta orkulind Íslands, ef ekki sú langumfangsmesta. Einnig hefur verið sýnt fram á líkur þess að sjávarfallaorka sé ein stöðugasta og fyrirsjáanlegasta orkuöflunarleið sem völ er á og líkur á að unnt sé að virkja sjávarfallaorku án nokkurra þekktra umhverfisáhrifa.

Í ljósi þessa, og þess að orkunotkun hefur stóraukist á Íslandi og enn sér ekki fyrir endan á þeirri þróun, ásamt þeirri staðreynd að hver ný virkjun með hefðbundnum aðferðum veldur miklum deilum vegna umhverfisáhrifa, ætti þörfin að vera augljós á að rannsaka umfang og nýtingarmöguleika sjávarfallaorku við landið.

Stjórnvöld hverju sinni hljóta að axla þá ábyrgð að búa í haginn fyrir komandi kynslóðir eins og best verður gert, að því er varðar grundvallartilveruskilyrði samfélagsins. Það gildir jafnt um skilyrði til öflunar fæðu sem orku. Heildstæð og rökrétt orkustefna verður að byggja á raunhæfum rannsóknum; raunhæfu mati og raunhæfum spám. Ekki gengur t.d. til lengdar að ganga útfrá því að hér sé gnægð virkjanakosta í formi vatnsfallaorku eftir að ljóst er orðið að nýting þeirra gengur nær umhverfisverndarsjónarmiðum en samfélagið umber. Ekki gengur heldur að byggja upp óraunhæfar væntingar meðal þjóðarinnar um að Íslendingar eigi gnægð olíu í sinni efnahagslögsögu þegar ekki liggur fyrir að þar finnist nokkur dropi; ekki eru kunnar neinar aðferðir til að ná henni svo öruggt sé við þær aðstæður sem þar ríkja og fyrir liggur að ríki heims eru að snúa baki við olíunotkun séu aðrir betri kostir í boði. Umræða og væntingar varðandi olíuleit við Ísland eru í litlum tengslum við veruleikann; það gildir jafnt um fjölmiðla sem stjórnkerfið, en eftir þessu mótast almenningsálitið.

Drög að nýrri orkustefnu liggja nú fyrir (janúar 2011). Í þeim endurspeglast hin gamalgrónu og stöðnuðu viðhorf sem hér hafa verið nefnd. Lítið sem ekkert horft til annarra orkulinda en vatnsafls, jarðhita og olíu. Er slíkt boðlegt í ljósi þeirra staðreynda og rannsókna sem hér hafa verið tilgreindar? Hvar er ábyrgð núverandi stjórnvalda gagnvart síðari kynslóðum? Framkvæmdastjóri Valorku ehf skilaði inn ítarlegri greinargerð við fyrri drög orkustefnunnar 7. júní 2010 ásamt skýrslu SEAI og fleiri gögnum og fylgdi erindinum eftir með viðtali við stefnumótunarhópinn. Þrátt fyrir þetta koma drögin nú fram á ný án nokkurs tillits til þessara staðreynda. Sjávarfallaorka er varla nefnd á nafn; engar tillögur eru um rannsóknir á henni og engin hvatning er til nýtingar hennar eða tækniþróunar á því sviði. Þjóðin þarfnast ekki orkustefnu sem byggir á stöðnun og fortíðarhyggju.

Vilji íslensk stjórnvöld sýna ábyrgð í stefnumótun sinni varðandi orkumál er nauðsynlegt að nú þegar verði hafist handa við mótun skýrrar stefnu um rannsóknir á sjávarfallaorku og mat á nýtingu hennar. Einnig þurfa stjórnvöld að vera vakandi fyrir þeim tækifærum sem nú gefast til að vera í fremstu röð tækniþróunar varðandi sjávarorkunýringu, eins og vikið verður að í síðari hluta þessarar samantektar.

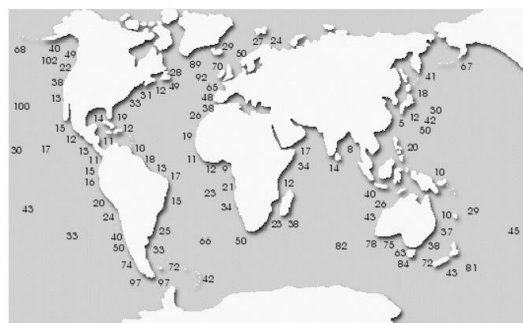
2. Forysta Íslendinga í tækniþróun?

Í síðari hluta þessarar samantektar er ætlunin að skoða þau tækifæri sem umbreytingar í orkumálum heimsins geta fært okkur Íslendingum og renna stoðum undir þá staðreynd að við höfum núna eitt besta tækifæri sem boðist hefur til að vera í fremstu röð ríkja varðandi þróun eftirsóttar tækni.

2.1. Staða tækni í sjávarfallavirkjunum

Sjávarorka birtist í nokkrum myndum:

- ❖ **Ölduorka** er talin ein mesta orkuauðlind heims. Lengi hefur verið leitað leiða til að ná tökum á virkjun ölduorku; fjöldi hugmynda hefur komið fram og margar frumgerðir eru í prófun. Vandamálin við virkjun þessarar miklu, hreinu og endurnýjanlegu auðlindar eru þó ærin. Það sem reynst hefur örðugast er að finna efni og hönnun sem stenst hin gríðarlegu átök sem verða í ofviðri og stórsjó. Jafnvel sú frumgerð sem komin er lengst í þróun;



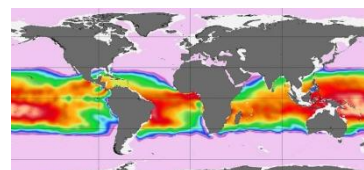
Meðaltals ölduorka í lengdarmetra báru (KW/m)

- skoski „Pelamis-ormurinn“, hefur orðið að lúta í lægra haldi, þó tekist hafi að halda uppi orkuvinnslu með honum um skamman tíma. Annar ókostur við nýtingu ölduorku er óstöðugleiki, en flökt í orkuframleiðslu er nær jafnmikið og í vindvirkjunum. Ísland býr vel að orku í þessu formi. Talið er að í hverjum lengdarmetra öldu við suðurströnd landsins séu að jafnaði 65 kW eða meira, en sama gildir um þetta orkuform og önnur að tæknin ræður nýtingarhlutfalli. Íslensk hugmynd um ölduvirkjun hefur komið fram; byggð á langri reynslu af sjómennsku, en hvorki hefur enn verið sótt um einkaleyfi á henni, né fengið fé til að þróa hana.

- ❖ **Seltuorka** (osmosis). Hér er átt við þá orku sem unnt er að framkalla með því að nýta mismunandi seltuþrýsting þar sem sjór og ferskvatn mætast í árósum. Þessar virkjanir byggja á ísogi (osmósu) á sama hátt og ýmsar lífverur. Ferskvatn getur smogið í gegnum himnur úr vissum efnum, en saltur sjórinn kemst ekki til baka. Með þessu er unnt að byggja upp þrýsting sem fræðilega er unnt að virkja. Tilraunir standa yfir og hafa gefist vel, en ennþá bendir ekkert til að svona virkjanir verði raunhæfar á næstu árum.

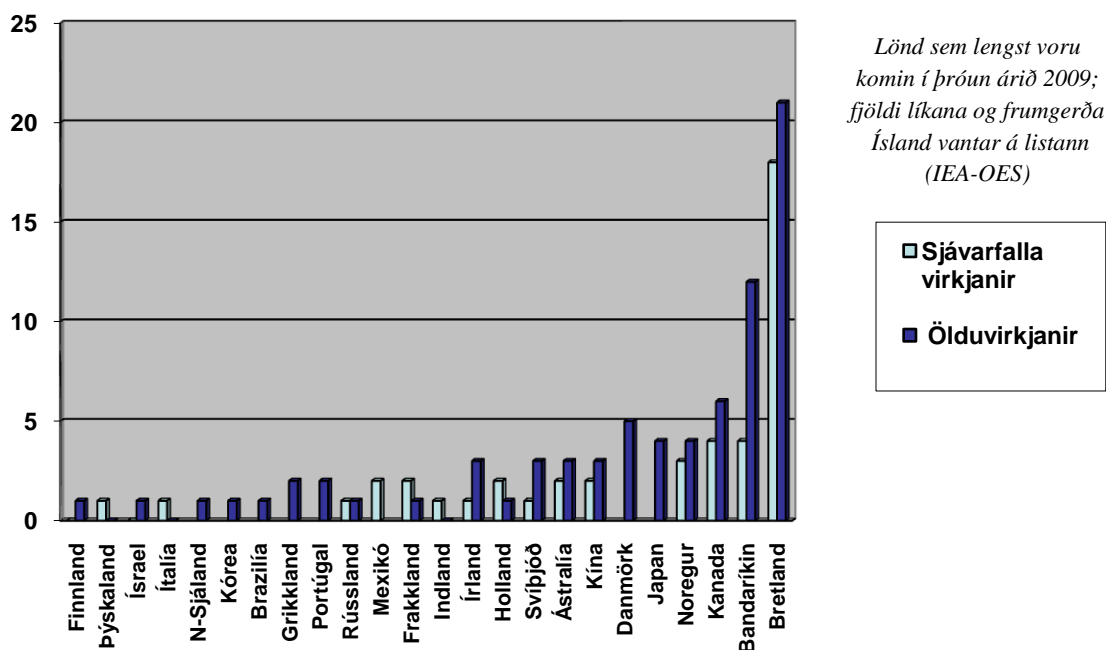


- ❖ **Hitastigulsorka** (OTEC; Ocean Thermal Energy Conversion). Víða hagar svo til í höfum við miðbaug jarðar að tiltölulega grunnt er frá hlýjum yfirborðssjó niður á kaldan djúpsjó. Um nokkurn tíma hefur verið unnið að tilraunum til að virkja þennan hitamun. Fræðilega er unnt að ná með þessu gríðarlega mikilli orku, en tilraunir til þessa hafa ekki skilað hagkvæmni.





- ❖ **Sjávarfallaorka.** Þetta er það svið sjávarorku sem líklega verður fyrst nýtt að einhverju ráði, enda mæla mörg rök með því. Af endurnýjanlegum orkulindum er sjávarfallaorka sú stöðugasta og fyrirsjáanlegasta sem þekktist. Hér stafar hreyfiorkan hvorki frá óstöðugum veðurfyribærum né óstöðugum og takmörkuðum jarðhita, heldur af reglubundnum gangi tungls um jörðu og áhrifum hans á hafflötinn. Því er unnt að spá fyrir um sjávarfallaorku tiltekinna hafsvæða árhundruð, jafnvel árbúsund fram í tímann. Fleiri ástæður liggja til þess að nýta þetta orkuform fremur en önnur. Þar sem orkan er svo stöðug er álag á tæki mun minna neðan sjávarborðs en í hinu veðurháða yfirborði. Hér er því unnt að nýta tækni og efni sem þekkt eru til annarra nota, en þó með nokkrum aðlögunum. Enda er það svo að tækni til virkjunar sjávarfallaorku hefur fleygt mjög fram síðustu ár. Nú þegar eru fyrstu virkjanirnar farnar að vinna orku inn á neyslunet í tilraunaskyni, og fjöldi frumgerða í prófun eykst með hverju ári. Hagkvæmnin er einnig í hraðri þróun í átt til samkeppnishæfni. Sumir spá því að sjávarfallavirkjanir verði orðnar samkeppnisfærar í verðum um leið og unnt verður að hefja fjöldaframleiðslu hverfla og fyrstu stóru orkuverin taka til starfa.



Sjávarfallavirkjunum má skipta í þrjá meginflokka eftir virkjanaaðstæðum:

- **Stífluvirkjanir** (Barrage) byggjast á því að stífla árósa eða grunna flóa og nýta síðan hæðarmun flóðs og fjöru til að knýja hverfla. Elsta og stærsta sjávarfallavirkjun heims er af þessu tagi; La Rance í Frakklandi, sem er 240 MW, byggð árið 1968. Þessi tegund virkjana krefst nokkurra umhverfisfórna og er því almennt ekki talinn fýsilegur kostur nema þar sem þvera þarf vegna annarra þarfa, s.s. vegna samgangna. Hérlandis er t.d. unnið að athugunum stífluvirkjunar í Þorskafirði samhliða vegalagningu. Til þessa flokks teljast einnig „lónavirkjanir“, þar sem gerð eru lón í grunnum flóum með gördum.
- **Sundavirkjanir** nefnast þær gerðir sjávarfallavirkjana sem verið hafa í örustu þróun síðustu ár. Þessar gerðir þurfa ekki stíflumannvirki, en notkunarsviðið takmarkast við mjög straumhörð sund og þrönga firði, þar sem straumhraði verður yfir 2,5 m/sek. Umhverfisáhrif eru þessvegna umtalsvert minni en



stífluvirkjana, en notkunarviðið er takmarkað þar sem straumhraði af þessum styrk er ekki mjög algengur. Engu að síður er gífurlegum fjárhæðum varið til þróunarstarfsemi og stórar virkjanir eru nú þegar í hönnun af þessu tagi.

Virkjanir í þessum flokki geta verið af mörgum gerðum eins og síðar er rakið.

- **Strandvirkjanir.** Í þessum flokki eru sjávarfallavirkjanir sem þurfa minni straumhraða en sundavirkjanir og geta því verið staðsettar á straumasvæðum utan fjarða, t.d. í víðáttumiklum annesjaröstum. Með þeim er vonast til að unnt reynist að virkja straumhraða milli 1,0 og 2,5 m/sek, en með því yrði notkunarviðið mjög mikið og markaðsmöguleikar nær óendanlegir. Virkjanir af þessu tagi þurfa þó að vera mun ódýrari í uppsetningu þar sem orkuþéttni í sjó vex í þriðja veldi við straumhraðann. Fáar strandvirkjanir hafa enn komist á þróunarstig, en ein þeirra er hinn íslenski Valorka hverfill.

Á síðustu árum má segja að sprenging hafi orðið varðandi áhuga á sjávarorkunýtingu og viðleitni í að finna nothæfar aðferðir. Alþjóða orkustofnunin IEA heldur saman upplýsingum á þessu sviði, og segir að fjöldi fyrirtækja í þróun sjávarorku hafi vaxið úr 35 árið 2003 í 81 ári 2006. Þau voru komin vel á annað hundrað í ársbyrjun 2010.

Hér verður getið nokkurra gerða hverfla til sjávarfallavirkjana sem lengst eru komnir í þróun.

Dæmigerður þróunarferill sjávarfallahverfils:

Hugmyndastig: Oft verk eins eða fárra; tekur oftast mörg ár; kostnaður lítill; innif. ýmsar kannanir; nýnæmisathuganir; frumhönnun; einkaleyfi o.fl. Oft einnig líkön til kynninga og frumkannana. Ekki er vitað um tölu sjávarfallahverfla á þessu stigi.

Kerprófunarstig líkana: Prófuð líkön í straumkeri; margar gerðir og útgáfur; leitað eftir hámerkun eiginleika og staðreynt raunhæfi; aðkoma sérfræðinga og fagmanna; töluverð fjárför; getur tekið 1-3 ár. Um 80 sjávarf.hverflar á þessu stigi í heiminum.

Sjóprófunarstig líkana: Hér eru prófuð stærri líkön, t.d. 1:10, við raunverulegri aðstæður; seltu, sjógang, straumhnúta o.fl.; prófaðar aðferðir við festingar, lagningu, þjónustu og umhverfispættir. Um 20 hverflar voru á þessu stigi árið 2010

Sjóprófunarstig frumgerðar: Hverfill í fullri stærð prófaður yfir nokkurn tíma með takmarkaðri tengingu við neysluveitu; ýmsir þættir rannsakaðir; kostnaður verulegur; mannaflspörf veruleg; sérhæfðar prófunarstöðvar. 7 hverflar eru á þessu stigi.

Tenging við landsnet eða önnur notkun. 2 gerðir hverfla eru á þessu stigi.

Nokkrar gerðir. Hér verður litið á nokkra þeirra sjávarstraumhverfla sem lengst eru komnir í þróun. Allir tilheyra þeim flokki sundavirkjana; þ.e. þeir þurfa meira en 2 m/sek straum til vinnslu, sem yfirleitt er ekki að finna utan fjarða og sunda. Flestir þeirra eru skrúfuhverflar eða gegnumstremymishverlar. Vísað er á vefsíður til frekari upplýsinga.



Skrúfuhverfill Marine Current Turbines (MCT) í Bretlandi (marineturbines.com) nefndur "SeaGen". Byggist á tveimur skrúfuhverflum sem festar eru á láréttan ramma, hvor 650 KW. Rammanum er fest á turn sem stendur frá sjávarbotni uppúr haffletinum, og getur færst eftir honum upp úr sjónum til viðhalds. Framleiðendur segja nýtni vera 40%. Búnaðurinn er all flókinn. Fyrsta tilraunavirkjunin var sett upp við Devon árið 2003. 1,2 MW SeaGen virkjun við Strangford Narrows í N-Írlandi hóf tilraunakeyslu í des. 2008. Fyrirhugað er 10,5 MW orkuver við velsku eyjuna Anglesey og 3x1,2 MW virkjun við Fundy-flóa í Nova Scotia. Virkjanir MCT þurfa 30 m dýpi og straumhraða yfir 2,5 m/sek.



Kanadíska fyrirtækið Verdant Power (verdantpower.com) hefur þróað skrúfuhverfla, og tekið í notkun hverflasamstæðu í East River í New York. Vandamál með blöð í byrjun, en stefnt er að stækkun hennar upp í 10 MW. Stefnt er að annarri 15 MW í St. Lawrence fljóti. Hverflarnir eru þriggja blaða, 5m í þvermál með föstum skurði, nota blaðstýri til að haldast upp í strauminn, og hver framleiðir 35 kW.



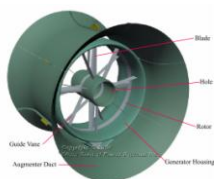
Skrúfuhverfill Lunar Energy (lunarenergy.co.uk) í Bretlandi hefur verið í þróun frá árinu 1999. Byggir á margblaða skrúfuhverfli sem komið er fyrir inni í þrengdri skermingu. 1MW eining er 15m í þvermál og lengd trektar er 19m. Hægt að lyfta hverflinum úr trektinni til viðhalds. 3 þyngdarklossar halda honum við botn. Fyrirtækið hyggst setja upp 1 MW virkjun við Orkneyjar og síðan 4 til 8 x1 MW orkuver undan Pembrokeshire, Wales. Þá er hverfillinn einn þriggja gerða sem ætlunin er að nota í Fundy flóa í Kanada. Einnig er stefnt að virkjun með hverflinum í S-Kóreu.



Skrúfuhverfill Hammerfest Ström (hammerfeststrom.com) í Noregi er um margt svipaður hverfli Verdant Power og búnaðurinn er að öllu leyti neðansjávar. Fyrirtækið hefur gert tilraunir frá 2003 með 300 KW virkjun við Hammerfest, en áformar uppsetningu 1 MW virkjunar við Skotland 2010. Hverfillinn er þriggja blaða og snýr sér upp í straum.



Morild II er nýjasta frumgerð sjávarfallavirkjana og stærsta sjávarfallavirkjun heims. Hverfillinn er framleiddur af Hydra-Tidal í Noregi og frumgerð hóf tilraunakeyslu 23. nóv 2010 við Lófóten í Noregi. Hverfillinn er með 4 skrúfur úr viði með stillanlegum skurði, sem hver er 23 m í þvermál og uppsett afl 1,5 MW. Turn stendur uppúr haffleti. Smíði frumgerðar tók 2 ár og er búist við að tilraunakeysla inn á landsnet hefjist í ársbyrjun 2011.



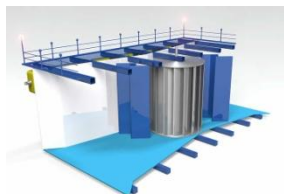
Skrúfuhverfill kanadíska fyrirtækisins Clean Current Power Systems Inc. (cleancurrent.com) er margblaða, með 65 kW fastseguls rafal í útjaðri hverfilhjólans. Þróunarstarf hefur staðið yfir frá 2002; frumgerð var prófuð við Race Rocks BC og stefnt er að virkjun í Fundy flóa 2009-10.



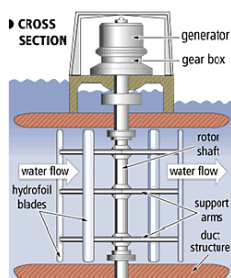
Skrúfuhverfill írskra fyrirtækisins Open Hydro Company (openhydro.com) er margblaða; 6m í þvermál; opinn í miðju; að fullu neðansjávar, og aflið tekið út af rim hjólans. Festur á tvo stólpa sem standa uppúr yfirborði, og hægt að lyfta hverflinum til viðhalds. Þróun hefur staðið yfir og í maí 2008 var tilraunavirkjun í EMEC í Orkneyjum tengd neysluneti. Fyrirhuguð er virkjun í Fundy flóa og við Channel Islands í Kanada.



Atlantis Resources Corporation Pte Ltd (atlantisresourcescorporation.com) í Singapore hefur hannað nokkra hverfla, þ.á.m. þessa skrúfuhverfla, en einnig seglvirkjanir með stórum seglum sem ganga eftir löngum „færíböndum“. Fyrirtækið stefnir á virkjanir í Bretlandi, Kína, og S-Kóreu, og nýlega var samið um byggingu 50 MW orkuvers í Kutch-flóa í Indlandi.



Neptune Renewable Energy Ltd (neptunerenewableenergy.com) prófar nú frumgerð af gegnumstreymishverflinum „Proteus“. Hann byggir á vatnshjóli með stýringum sem framkalla þrýstingsmun. Hverfillinn er 6m að lengd og verður festur neðan í fleka.



Darrieus hverfill kanadíska fyrirtækisins Blue Energy Ocean Turbine (bluenergy.com). Gegnumstreymishverfill, nefndur “Davis hydro-turbine”. 20 KW tilraunavirkjun var gerð 1983 í Ottawa. Er með lóðréttum öxli, og er orkunýtingin um 25%. Ári síðar var önnur 70 KW virkjun reynd í Nova Scotia. Tæknin er hin sama og í Darrieus vindmyllum. Snúðurinn er með fjögur bein, vænglaga, lóðrétt blöð, og hefur því sömu snúningsstefnu þó fallstefna breytist. Nokkrar gerðir eru fyrirhugaðar, en allar byggja þær á að rafallinn sé ofansjávar, ýmist í fljótandi umgjörð eða á stíflu. Virkjanirnar hafa glímt við nokkur vandamál, s.s. titring og efnispreytu.



Gorlov hverflar eru önnur útfærsla af Darrieus hverflum, endurbætt af Alexander M. Gorlov. Með sérstökum snúningi á vængjunum fæst mun betri nýting, eða nær 35%, auk þess sem virkjunin á að fara sjálf af stað við tiltölulega lítinn straumhraða og þolir vel mikinn hraða. Tæknin er enn í þróun hjá fyrirtækinu GCK Technology Inc. (gcktechnology.com) og enn er hvergi hafin orkuvinnsla með því. Prófanir hafa m.a. verið í Amesbury, Mass. 2004, þar sem lítill hverfill framleiddi 0,8 kW við 1,5 m/sek straumhraða. Eftir prófanir í S-Kóreu var hafin vinna við 1 MW orkuver þar. Virkjun í Maine skilar 5 kW og er nettengd.



Ítalski Kobold hverfillinn er gegnumstreymishverfill í fljótandi fleka. Frumgerð í Messínasundi er þríblaða; með 6m hverfli og framleiðir allt að 25 kW í 2 m/sek straumi. Hann hefur verið í gangi frá 2001 og framleitt inn á net frá 2005. Frekari þróun er fyrirhuguð, ásamt nýtingu fyrir afskekktar byggðir.



Wanxiang-1 gegnumstreymishverfillinn er annar tveggja kínverskra sjávarhverfla. Virkjunin er í fleka með tveimur hverflum og skilaði milli 5 og 20 kW í 2-2,5 m/sek straumi. Wanxiang-2 getur skilað 40 kW.



Seglvirkjun norska fyrirtækisins Tidal Sails AS (tidalsails.com) hefur verið í þróun frá árinu 2004. Byggir á seglum sem ganga eftir vírum milli tveggja endastöðva, en í annarri þeirra er hreyfingin virkjuð. Kerprófanir hafa farið fram, og fyrirhuguð er 25 m löng frumgerð.



Breska Hydroventuri þróar virkjun sem byggir á þrýstingsmun: Straumnum er hraðað með þrengingu þannig að þrýstifall verður í hólfi. Þannig fæst virkjanlegur straumur í lögn, sem knýr hverfla uppi á landi. Með því að útiloka þannig hreyfanlega hluti neðansjávar er viðhald auðveldara. 150 kW frumgerð hefur verið sett upp í Grimsby og áætlanir eru um stærra orkuver í San Francisco.



2.2. Möguleikar Íslands

Hér að framan er getið þeirra hverfla sem lengst eru komnir í þróun, og ætlaðir eru til virkjunar sjávarfalla. Augljóst er að tæknin er tiltölulega skammt á veg komin miðað við þær auðlindir sem til staðar eru. Ástæða þess er líklega jafn augljós; lítill hvati var til orkuöflunar á nýjum sviðum meðan ríki heims leyfðu sér óhefta notkun jarðefnaeldsneyta sem talin var gnægð af. Nú, eftir að skaðsemi þeirrar notkunar er orðin ljós og ríki og ríkjasambönd hafa sett sér stefnu um nýtingu endurnýjanlegrar orku, hefur þróun þessara hverfla tekið mikinn kipp. Enn er tæknin þó á barnsskónum. Flestir hverflarnir eru skrófuhverflar, og margir þeirra lítt breyttar vindmyllur; aðlagðar neðansjávarnotkun. Skrófuhverflar nýtast illa til virkjunar minni straumhraða en 2,5 m/sek. Sá straumhraði finnst ekki nema í tiltölulega fáum sundum. Hinsvegar hafa mjög fáar gerðir hverfla komið fram til nýtingar á þeim minni straumhraða sem algengastur er við strendur. Þrátt fyrir að í honum sé orkuþéttni mun minni þá er hann vel virkjanlegur á hagkvæman hátt með réttum aðferðum og ódýrum búnaði. Þeim sem fyrstur framleiðir raunhæfan hverfil af þessu tagi bjóðast gríðarleg markaðstækifæri.

Við Íslendingar eigum núna mjög góða möguleika á að verða fremstir í þessari þróun. Við eigum nú þegar öflugt vopn í þeirri viðureign; Valorka hverfilinn sem lýst er hér í næsta kafla og er uppfinning Valdimars Össurarsonar (skýrsluhöfundar). Fyrstu prófanir gefa góðar vonir um að hann geti orðið raunhæf lausn til virkjunar straumhraða undir 2 m/sek og geti orðið tiltölulega ódýr í framleiðslu. Nú þegar hafa tvær gerðir hverfilsins hlotið einkaleyfi. Sú þriðja hefur staðist nýnæmisrannsókn og er einkaleyfishæf. Hverfillinn er einföld og ný nálgun til lausnar á stóru viðfangsefni. Verði niðurstöður sjóprófana í samræmi við niðurstöður kerprófana væri unnt að hefja fljótlega framleiðslu á hverflunum; bæði til útflutnings og til virkjunar hinna miklu orkuauðlinda Íslands í þessu formi.

Fullyrða má að aldrei áður hafi Íslendingar haft jafn góð tækifæri til að komast í fremstu röð tækniþróunar og tækniútflutnings á nokkru sviði. Hingað til höfum við lítt getað skapað okkur sérstöðu í tækni framleiðslu til útflutnings, en helst hefur það líklega verið á sviði sjávarútvegs og gervilima. Hér væri um algjörlega nýtt svið að ræða, þar sem engin samkeppni er fyrir og því unnt að ná strax verulegri markaðshlutdeild. Hér á eftir (bls 33) verður sýnt fram á að tækifæri okkar á þessu eftirsóttu sviði orkutækni eru um margt svipuð þeim tækifærum sem blöstu við hinu finnska Nokia í upphafi gsm-væðingar. Velgengnin sem af því leiddi átti mikinn þátt í að koma Finnum útúr kreppunni.

Við hljótum að sýna komandi kynslóðum þá ábyrgð að skoða vandlega þessi tækifæri; móta stefnu í orkumálum og nýsköpun af skynsemi og víðsýni og stuðla að framgangi hugmynda sem efla þjóðarhag, hversu óhefðbundnar sem þær virðast.



2.3. Íslenskar uppfinningar í fremstu röð

Íslendingar hafa nú einstakt tækifæri til að komast í fremstu röð tækniþróunar á sviði sjávarfallaorku; hreinustu og stöðugustu orku heims, og eiga með því betri möguleika en nokkru sinni áður að verða í forystu á framleiðslumarkaði sem mun fara ört vaxandi á næstu árum og áratugum. Tækifærin liggja einkum í því annarsvegar að héraendis er þegar góður almennur grunnur tækniþekkingar og fagfólks og hinsvegar að héraendis er nú unnið að þróun einstæðrar tækni til nýtingar hægari strauma en fyrri hverflar geta nýtt. Þar sem það nýtingarsvið er margfalt umfangsmeira en fyrri hverfla má ljóst vera að hér er um mjög mikil markaðstækifæri að ræða. Líkur eru einnig á að þessir íslensku hverflar; Valorka-hverflarnir, geti orðið mun ódýrari í framleiðslu en þeir hverflar sem nú eru í þróun. Fullyrða má að aldrei fyrr hafi Íslendingar staðið frammi fyrir jafngóðum tækifærum til að taka forystu á eftirsóttu tæknisviði. En tækifærið stendur ekki lengi; þróunin er hröð og **við munum nær örugglega missa af lestinni á næstu árum ef hikað er núna.**

Hér á eftir verður Valorka hverflinum lýst í stuttu máli. Eins og rakið var í síðasta kafla, og sjá má af umfjöllun um hverfla hér framar í skýrslunni, er þessi hverfill um margt einstakur. Hann byggir sumpart á hugmyndinni um vatnshjólíð sem er einfaldasta virkjanatækni sem fyrirfinnst og yfir tvöþúsund ára gömul uppfinning. Hér er í fyrsta sinn leyst vandamálið við að fá vatnshjólíð til að vinna á kafi í straumvatni með góðum afköstum. Ekki er minnsti vafi á því, fari svo að niðurstöður kerprófana verði staðfestar í fyrirhuguðum sjóprófunum, að með þessum hverfli eru Íslendingar komnir í fremstu röð í þessum tæknigeira hreinnar og endurnýjanlegrar orku. Reyndar höfum við alla möguleika á því, jafnvel þó svo ólíklega fari að eitthvað í niðurstöðum Valorka hverflanna reynist ekki jafn vel og nú horfir. Við Íslendingar stöndum jafnfætis öðrum þjóðum í flestum þáttum tækni og þekkingar, en eigum hér einstæða möguleika til að komast framúr tæknivæddustu þjóðum í markaðssetningu iðnaðarvöru.

Þróun Valorka hverfilsins hófst með efnahagskreppunni í árslok 2008. Aðdragandinn var þó miklu lengri; margra áratuga hugleiðingar um aðferð til að ná tökum á þessari orku, og m.a. setti undirritaður fram nýja hugmynd um virkjun ölduorku, eins og áður var greint. Þeirri hugmynd var fálega tekið af stjórnvöldum nýsköpunarmála, en slík er reyndar sorgarsaga flestra hugvitsmanna á Íslandi varðandi nýjar og framsæknar hugmyndir sem ekki koma beint úr ranni háskólaumhverfisins. Tjón þjóðarinnar er mikið vegna þess hugsanaháttar.

Flestar aðferðir til virkunar sjávarfalla sem lengst hafa verið þróaðar byggja á skrúfuvirkni, en þeir hverflar geta einungis nýst til virkunar straumhörðustu ála í sundum. Hér hefur hinsvegar leitað aðferða til að nýta hina víðáttumiklu hafstrauma utan fjarða, t.d. í röstum við annes. Til þess þarf aðrar nálganir; s.s. stóra átaksfleti og söfnun orku með einhverjum hætti. Fáar hverflategundir eru í þróun sem beinast að þessu notkunarsviði, en það gæti gefið Valorka hverflunum mikið forskot á markaði. Valorka hverflarnir sem hér verður lýst byggja allir á sömu grundvallaraðferðinni; þverstæðum ási með breytilegu áfallshorni blaða.



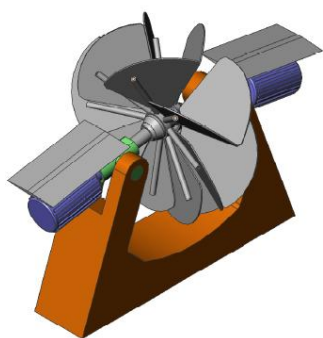
Hér verður Valorka hverflunum lýst í stuttu máli:

Valorka hverflarnir teljast til þess flokks sem nefndur er þverstöðuhverflar hér að framan í kafla 1.1.3. Einkenni hverfla í þessum flokki er að meginás er hornréttur miðað við straumstefnu og breytt er áfallshorni blaða á hverjum snúningi þeirra um ásinn. Í grunninn má segja að hverflar af þessum flokki séu fjarskyldir ættingjar hinna einföldu vatnshjóla sem notuð hafa verið í meira en 2000 ár. Grunnbreytingin felst í aðlögun til að vatnshjólíð virki á kafi í straumvatni. Til þess þarf að minnka viðnám öðrumegin við ásinn samanborið við hina hliðina. Í tilviki Valorka hverflanna sem hér verður lýst er þetta gert með breytingum á hliðum vatnshjólsins og blöðum. Hver gerð hefur þó sína nálgun, og má greina þróunina í hverjum hverfli fyrir sig. Hér er gerðunum gefin heitin V-1, V-2, V-3 og V-4 er þá V stytting á “Valorka hverfill”. Hliðar hverfilhjólans sýna að nokkru þróunarstigin. Í gerð V-1 hefur hliðunum verið breytt frá hefðbundnu yfirborðsvatnshjólí; í V-2 koma teinar í stað hliða; í V-3 er einungis ein hlið í stað tveggja; og í V-4 eru engar hliðar, en búið að leysa hlutverk þeirra með öðrum hætti. Að öðru leyti verður hverflunum lýst nánar hér á eftir.



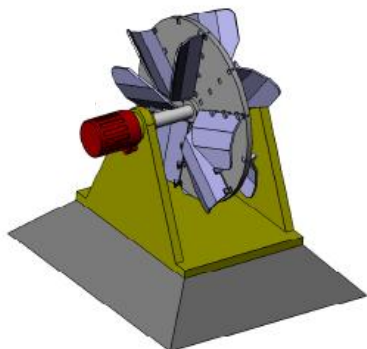
Gerð V-1 var fyrsta gerð hverfilsins sem formuð var sem líkan. Líkanið á meðfylgjandi mynd var prófað án mælibúnaðar og virtist virka eins og til var ætlast í straumvatni og vindi. Ekki voru gerðar á því mælingar í straumkeri, þar sem fljótlega þróaðist gerð V-2 sem hafði augljósa yfirburði í afköstum og einfaldleika. Einkaleyfi sem tekið var náði yfir báðar gerðirnar. Hverflinum má lýsa þannig: Hliðarnar eru keilulaga og eru keilurnar hallandi og gagnstæðar.

Blöðin eru milli keiluhliðanna og fest við þau með lið. Hvert blað er í tvennu lagi, með lið til hvorrar keiluhliðar og lið í miðju, og geta blaðhellingarnir því lagst saman þegar keilurnar eru samsíða. Þegar blaðpar er í alveg opinni stöðu er um 100° horn milli blaða þess. Þegar straupunginn lendir á opnum blöðum hjólsins, snýst það. Blöðin byrja að lokast hlémegin við hjólíð og eru að fullu lokuð þar sem keiluhliðarnar eru samsíða. Þau opnast síðan aftur straummegin við hjólíð og hringurinn endurtekur sig. Viðnámið er því mikið minna öðrumegin hjólsins en hinumegin og virkjanlegt snúðvægi myndast á öxlunum. Rafala má festa á annan ásenda eða báða. Nokkrar aðferðir eru hugsanlegar til að tengja marga hverfla svo samnýta megi búnað. Með sérstökum einkaleyfisvernduðum búnaði sem lýst er í næstu málsgrein getur hverfillinn unnið við straum úr báðum áttum án þess að snúningsáttin breytist.



Gerð V-2 byggir á sömu grunnhugmynd og fyrri gerð. Munurinn felst fyrst og fremst í því að hér er búið að skipta út heilu keiluhliðunum fyrir pinna sem veita blaðinu bakstuðning; loka þeim og opna. Með þessu vinnst ýmislegt; unnt er að láta blaðendana ganga inn í „keilufötinn“ og hafa því blöðin stærri; blaðparið stýrir sér betur í straumnum sem leiðir til jafnara álags; efniskostnaður er minni og heildarviðnám minna. Sama meginlögmál gildir um vinnsluna; Hjólíð snýst vegna strauprýstings, þar sem blöðin eru opin öðrumegin við ásmiðju en samanlögð hinumegin. Afl hjólsins má taka út af ásunum með rafal. Eins og áður sagði var fengið sameiginlegt

einkaleyfi fyrir V-1 og V-2. Það nær einnig yfir sérstakan búnað til að breyta afstöðu keilanna og nýta þannig straum úr báðum áttum; fallskiptan straum. Á endum hvors áss, fjær hjólmiðju og nokkuð frá hallamiðju áslegu, er stýriuggi sem festur er við ásleguna og fylgir því halla ássins. Stýriuggarnir eru einnig hallandi miðað við straumstefnuna. Straupunginn á stýriuggunum, ýmist ofan eða neðan á þá, veldur því að ásendarnir lyftast eða hníga eftir straumstefnunni, og blöð hjólsins eru því ýmist opin ofan eða neðan hjólmiðju. Þannig getur hjólíð nýtt straum úr báðum áttum, án þess að breyta snúningsátt sinni. Gerðar hafa verið prófanir á V-2 í straumkeri og er árangur þeirra góður.



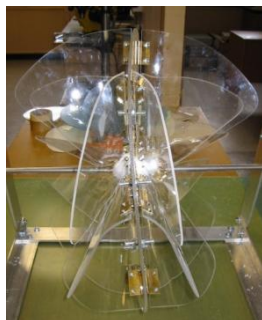
Gerð V-3. Hugmynd að þessari gerð Valorka hverfilsins er eldri en fyrri gerða, en var samt ekki fullmótuð jafn fljótt þó hún sé einfaldari en þær. Lítið líkan af V-3 var fyrst gert 8. apríl 2009. Segja má að um aðra uppfinningu sé að ræða, því þó henni svipi til fyrri gerða byggir hún á annarri nálgun. Tvennt verður að teljast framför frá hinum gerðunum; Annarsvegar er hér um einfaldari smíði að ræða, með færri hreyfanlegum liðum. Hinsvegar er hverfillinn á heilum ási en ekki tvískiptum, sem gefur möguleika á að raða mörgum hverflum á sama ás og safna þannig afli í sameiginlegan rafal og annan búnað. Í meginatriðum er þessi hverfill einföld skífa; hjólhlið, þverstæð á ásnum sem, líkt og aðrir Valorka hverflar, er þverstæður miðað

við straumstefnuna. Hverju blaði er fest með lið á hliðar blaðhjólins, og geta blöðin verið mörg hvoru megin. Hvert blað er sveigt, þannig að straumop myndast milli þess og hjólins andstreymismegin. Þar kemst straumpunginn inn og nær að opna blaðið þar til það stöðvast við stoppara áður en opnun verður 90°. Hverfillinn vinnur þannig að þegar blöðin eru samanlögð, andstreymismegin við ásinn, mynda þau litla mótstöðu. Þegar þau nálgast þá stöðu að straumop lendir uppí strauminn, kemst straumurinn þar inn og opnar þau. Þegar nú hjólið snýst áfram er opið blaðið orðið mikil fyrirstaða í straumnum í hlutfalli við lokuð blöðin á gagnstæðum hjólhelmingi. Þar með er komið það afl sem snýr hjóðinu áfram, og hægt er að virkja með rafal á ásnum. Blöðin lokast svo þegar straumurinn þrýstir á „bak“ þeirra hinumegin ásmiðju. Einn munur þessarar gerðar frá þeirri fyrri er sú að hér er það straumurinn sjálfur sem opnar blöðin og lokar þeim, en ekki vélrænn (þvingaður) aflflutningur í hverflinum. Hverfillinn er líka einfaldari að gerð og gæti því e.t.v. orðið sterkbygðari. Auðvelt er að raða mörgum hverflum í samstæðu, jafnt til hliðar á sama ás sem hverjum uppaf öðrum. Aukið afl má fá með skermingum og gáttum. Lögð var inn einkaleyfisumsókn, en við nýnæmiskönnun dönsku einkaleyfastofunnar komu í ljós a.m.k. tvö eldri einkaleyfi vindhverfla sem líkjast þessari hugmynd að verulegu leyti, þó þar sé munur á. Þar sem þá var að fæðast hugmynd að gerð V4 var ákveðið að reyna ekki frekar að fá einkaleyfi á V3 að sinni, en þó mætti eflaust þróa hann í algjöra sérstöðu.

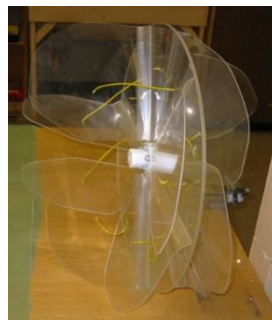
Gerð V-3 var prófuð í straumkeri í nokkrum útfærslum árið 2010. Góður árangur náðist á öllum gerðum, en mismunur þeirra lá einkum í lögum blaða; fjölda blaða; röðun blaða og lamabúnaði.



Prófunarlíkan V-2 í grind



Líkan V-3A

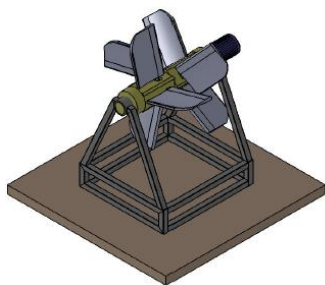


Líkan V-3C



Líkan V-4D

Gerð V-4. Fyrstu hugmyndir að gerð V-4 fæddust vorið 2010, og af henni hafa verið gerðar nokkrar útgáfur prófunarlíkana. Þessi gerð er svo frábrugðin fyrrnefndum gerðum að nauðsynlegt þótti að

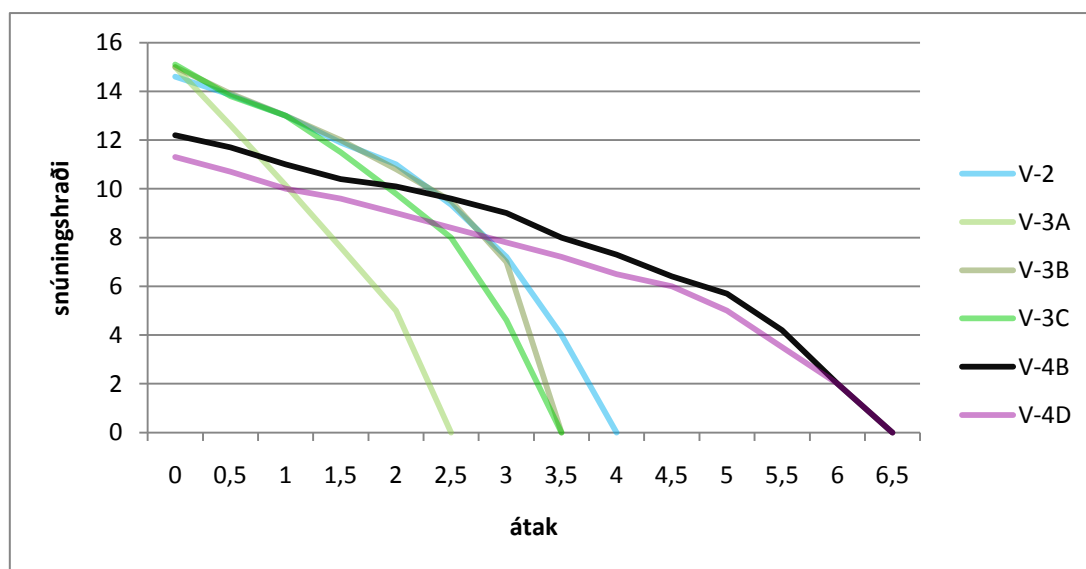


sækja um sérstakt einkaleyfi vegna hennar. Einkaleyfisumsókn var lögð inn í september 2010. V-4 er þverstöðuhverfill eins og þeir sem fyrr var lýst. Meginöxull er þvert á straumstefnu og blöðin snúa annarri hlið í straumáttina í vinnslustöðu. Blöðin eru í þörum þannig að hverju blaði er fest við blaðás sem gengur gegnum meginöxulinn og getur snúist í sæti sínu um allt að 90°, eða þangað til það stöðvast af stoppara. Hverju blaði er fest á straumjaðri sínum og er innbyrðis afstaða hvers blaðpars þannig að þegar annað snýr straumhlið sinni móti straumi, snýr gagnstætt blað straumjaðri móti straumi. Hver

blaðás er sveigður til endanna; þannig að straumjaðar blaðs myndar allt að 15° horn við blaðásinn. Blaðpörin geta verið mörg, en eru aldrei færri en 4. Vinnsla hverfilsins er þannig að straumur skellur á straumhlið blaðs. Þar sem gagnstætt blað snýr straumjaðri uppí straum verður viðnám ójafnt og hverfillinn snýst. Við það skellur straumurinn á enda síðarnefnda blaðsins, og vegna áðurnefndrar sveigju blaðásins lendir hann meira á annarri hliðinni en hinni og blaðparið leitast við að snúast um blaðásinn. Um leið fær gagnstætt blað strauminn á skjólhlið sína sem einnig verður til þess að blaðparið snýst um blaðásinn, allt til þess að snúningurinn stöðvast vegna stopparans. Þá hafa blöðin skipt um stöðu, þannig að það sem áður sneri straumhlið uppí straum snýr nú straumjaðri uppí straum og öfugt fyrir gagnstætt blað. Þetta ferli endurtekur sig fyrir þetta blaðpar og fyrir önnur blaðpör hverfilsins. Aflið er leitt gegnum meginöxulinn til gírs og rafals.

Þessi gerð var prófuð í straumkeri í nokkrum útgáfum árið 2010 og er skemmst frá því að segja að hún reyndist langsamlega best af öllum Valorka hverflunum. Aflnýtingin er mjög góð, en mesti munurinn liggur þó í seiglu hverfilsins við aukið álag. Þegar aðrir þættir eru teknir með í heildarmatið, s.s. einfaldleiki, auðveld fjölgun blaðpara á ásnum; jöfn álagsdreifing sem býður uppá fjölbreytt efnisval; fáir slitfletir og önnur atriði, þá er ekki vafi á að þessi hverfill er sá sem vænlegastur er til áframhaldandi þróunar eins og mál nú horfa.

Á grafinu hér að neðan sést samanburður líkana í kerprófunum árið 2010 við 0,5 m/sek straum. Greinilegt er að gerð 4 hefur langmest úthald við aukið álag. Það, ásamt einfaldri og sterkbyggðri hönnun, gefur þessum hverfli góðar væntingar um raunhæfi í notkun og markaðssetningu.





2.4. Þjóðhagsleg þýðing og fyrirhyggja stjórnvalda

Í kölfar bankahrunsins í árslok 2008 upphófst nýstárleg og gagnmerk umræða um undirstöður samfélagsins, jafnt stjórnskipulegar sem efnahagslegar. Sumt sem þá var sagt hefði gjarnan mátt vera lengur í umræðunni og nýttast í uppbyggingarstarfinu sem við tók. Þar á meðal var umræða sem margir stjórnáamenn tóku upp varðandi mikilvægi þess að nýta krafta hugvitsfólks; hlú betur að nýsköpun og efla framleiðslu á nýrri tækniframleiðslu.

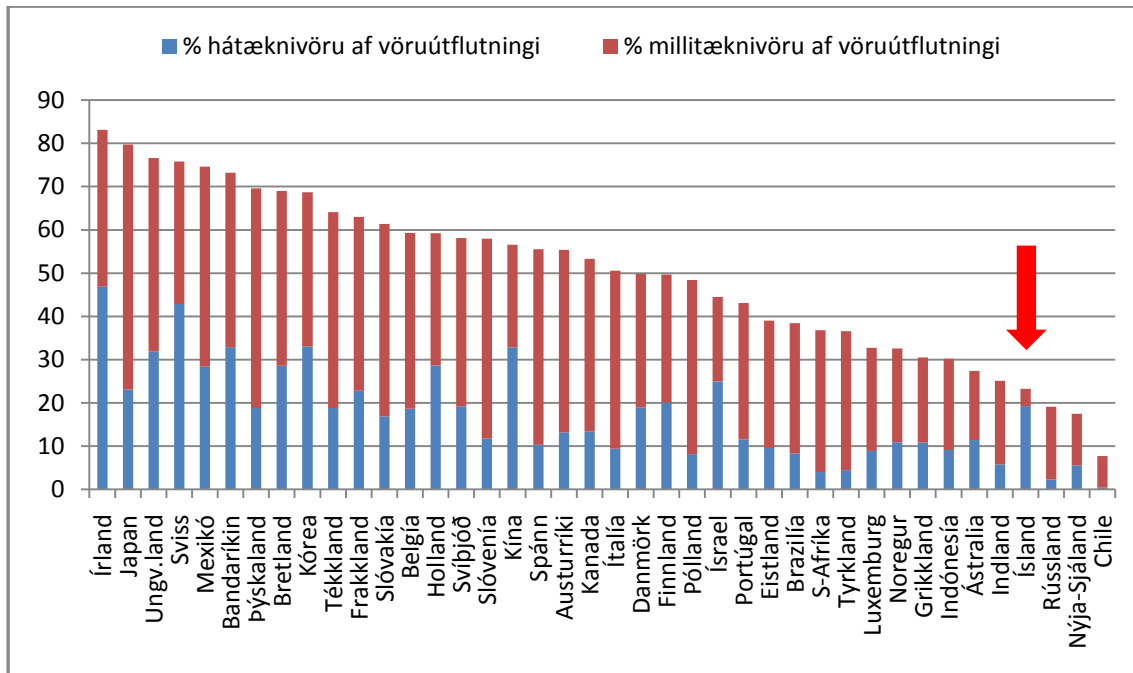
Velgengi Nokia. Mikið var þá rætt um „Finnsku leiðina“ svokölluðu; hvernig Finnum tókst að komast upp úr mikilli efnahagslægd sem þeir lentu í eftir 1990. Þrátt fyrir að þar legðist fjármálakerfi nánast á hliðina og atvinnuleysi færi í 18% þá tókst Finnum að rífa sig upp með markvissri stefnu. Stefnan samanstóð af mörgum þáttum; uppstokkun í velferðarkerfinu; áherslubreytingum í menntamálum; aðild að Evrópusambandi; gjaldmiðlaskiptum o.fl. En það sem ekki síst skipti sköpum til framtíðar var uppstokkun og efling nýsköpunarumhverfisins sem stuðlaði að viðgangi óhefðbundinna verkefni á því sviði. Þessar umbætur áttu sinn þátt í því að stígveðlaframleiðandanum Nokia tókst að nýta sér tækifæri sem þá voru að skapast á farsímamarkaði. Ekki þarf að orðlengja velgengi þeirrar markaðssetningar; Nokia varð fljótlega langstærsta framleiðslufyrirtæki í Finnlandi og með yfirburðastöðu á heimsmarkaði. Deila má um það hve mikinn þátt stjórnvöld áttu í uppgangi einkafyrirtækisins Nokia, en ekki verður litið framhjá því að með stjórnvaldsákvörðunum opnuðust dyr til hagnýtingar nýrra markaða, auk þess sem vel uppbyggt þekkingarsamfélag var fyrir hendi þegar á því þurfti að halda.

Meginástæðan fyrir velgengi Nokia var án efa sú ákvörðun að hefja framleiðslu á vöru um leið og gífurleg eftirspurn var að myndast. Hún skapaði þeim forystu og velgengi sem enn endist.

Grípum við tækifærið í sjávarorkutækni? Mikilvægt er að hafa í huga þá greinilegu hliðstæðu sem er milli þeirra aðstæðna á fjarskiptamarkaði annarsvegar sem lögðu grunn að veldi Nokia; og hinsvegar þeirra aðstæðna og markaðstækifæra sem nú eru að skapast á sviði sjávarorkutækni. Markaðsleg tækifæri eru alls ekki ólík, þrátt fyrir að um ólíka framleiðsluvöru sé að ræða. Öll skilyrði eru að skapast fyrir framsækið fyrirtæki til að taka forystu um framleiðslu á tæki sem innan skamms tíma verður talið ómissandi hjá orkunotendum um víða veröld, jafnvel enn nauðsynlegra en farsímminn. Hér má nefna nokkur atriði sem skapa þessi einstöku skilyrði: a) eftirspurn eftir orku hefur aldrei verið meiri í heiminum; b) eftirspurn eftir „hreinni“ orku fer hratt vaxandi; drifin áfram af alþjóðasamþykktum á sviði mengunar, stefnumótun ríkja og vaxandi umhverfisvitund almennings; c) sjávarfallaorka er stöðugasta form endurnýjanlegrar orku sem þekkt er; afleiðing af reglulegum gangi tungls um jörðu; d) sjávarfallaorku má virkja án nokkurra umhverfisáhrifa; e) sjávarfallaorku er að finna við strendur víða um heim; meginþéttleiki byggðar er við strendur, oft nálægt straumþungum svæðum; f) víða má leysa orkuvanda dreifðra byggða með nýtingu sjávarfallaorku; g) nýta má fasvik í fallatíma til öflunar á samfelldri orku sjávarfalla, og/eða samkeyra sjávarfallavirkjanir við aðra orkugjafa; h) tækni til nýtingar sjávarfallaorku hefur fleygt fram á allra síðustu árum og fjölmörg ríki og stórfyrirtæki leggja nú verulegt fé til þróunar; i) hagkvæmni sjávarfallavirkjana hefur farið ört vaxandi og áætlanir liggja fyrir um stórvirkjanir af því tagi sem standast samanburð við önnur virkjanaform varðandi raforkuverð; j) enn hefur megináhersla þróunar verið á tækni til að vinna orku úr hröðustu straumum, meira en 2,5 m/sek, með skrufuhverflum enda er þar orkupéttinn mest, en víðáttumestu svæði sjávarfallaorku í heiminum eru með minni straumhraða en 2,5 m/sek; k) Valorka hverflarnir sem hér hefur verið lýst eru taldir vænlegir til nýtingar orku við þennan straumhraða; og hafa því verulega möguleika á að verða fyrstu fjöldaframleiddu hverflarnir til að nýta þennan gífurlega stóra markað; l) lausnir eru þekktar og prófaðar varðandi búnað sem hverflarnir þurfa til orkuvinnslu neðansjár, s.s. rafall, landlagnir, festingar o.fl., og raforkukerfi eru víðast tilbúin í landi. Ljóst má því vera að hér er um gífurlega hagsmuni að ræða fyrir það fyrirtæki og það þjóðríki sem fyrst nær að nýta sér hinn gífurlega stóra markað sem hér er um að ræða; ekki einungis fyrir tímabundna sölu heldur til að vera leiðandi í framleiðslu, sölu og tækniþekkingu til frambúðar.

Við höfum öll skilyrði til að vera í fremstu röð í þróun og framleiðslu sjávarorkutækni Eitt megin skilyrði þess er að stjórnvöld móti stefnu og nýtt séu tækifæri sem skapast.

Stórauka þarf útflutningstekjur af tækniframleiðslu. Útflutningstekjur Íslendinga eru mjög einhæfar og stöðir þeirra viðkvæmar. Athyglisvert er hve illa okkur hefur tekist við að efla útflutningstekjur af tækniframleiðslu. Þar erum við nærri botnsæti meðal þróaðra þjóða eins og sjá má af meðfylgjandi töflu :



Útflutningur eftir tæknistigi árið 2007 og staða Íslands (skýrslur OECD.)

Augljóst er að hér þarf að stórefla tæknivöruframleiðslu til útflutnings. Aðstaða okkar er vissulega nokkuð önnur en ríkja sem eiga gnægð hráefna í jörðu og búa við langa tæknihefð. Á móti því kemur að hér er mikil tækniþekking til staðar og drifkraftur frumkvöðla, auk verulegrar forvinnslu málma. En aflið sem fyrst og fremst mun geta komið okkur í fremstu röð í tækniframleiðslu er sérstaðan sem kemur úr ranni íslenskra hugvitsmanna. Stjórnvöld verða að fara að átta sig á þeirri staðreynd og hlúa betur að íslensku hugviti.

Valorka hverfillinn hefur nú góða möguleika á að verða mikilvæg framleiðsluvara, og á þessu mikilvæga sviði höfum við nú tækifæri til að ná forystu. Markaðsmöguleikar eru fyrirsjáanlega mjög miklir og óþrjótandi; samkeppni er engin eins og er; eftirspurnin eftir hreinni orku er þegar fyrir hendi. Enn er hluti prófunar- og þróunarferlis eftir, en þegar er ljóst að um nothæfa aðferð er að ræða. Forysta á þessu sviði mun reynast mikilvæg. Valorka ehf væntir þess að stjórnvöld átti sig á mikilvægi þeirrar framleiðsluvöru sem hér er verið að þróa og standi vel að þeim þáttum sem að stjórnvöldum snúa. Það á jafnt við um stuðningskerfi nýsköpunar sem ýmsa rannsóknarvinnu og aðstöðu sem þróunarferlið krefst. Þegar hafa orðið óþarfar tafir vegna skilningsleysis stofnana og stjórnkerfis, og eru þau tilvik skráð í framvindudagbók verkefnisins ásamt því sem áunnist hefur fyrir tilstuðlan stjórnkerfis. Líta verður á slíkar tafir sem tilræði við það uppbyggingarstarf og endurreisn sem þjóðin þarfnast til að ná sínum hlut meðal þróaðra þjóða; og aldrei frekar en eftir efnahagslægdina. Stjórnvöld og stofnanir verða að standa við þau fyrirheit sem þjóðinni eru gefin í framboðsræðum stjórnmalamanna; stefnuskrám stjórnvalda og samþykktum Alþingis. Einungis með því móti kemst Ísland upp úr núverandi lægð og í fremstu röð þróaðra ríkja.



3. Samantekt og niðurstöður

Í framhaldi af framansögðu má setja fram eftirfarandi staðhæfingar og ályktanir:

- Í ljósi írskra og breskra rannsókna má ætla að heildarumfang sjávarfallaorku við Íslandsstrendur sé mun meira en virkjanlegt umfang vatnsfalla og jarðhita samanlagt.
- Engin stefna liggur fyrir að hálfu íslenskra stjórnvalda varðandi rannsóknir og nýtingu á sjávarorku í nokkurri mynd.
- Engar rannsóknir hafa hér verið gerðar á sjávarstraumum í orkuríkum annesjaröstum og Íslendingar eru eftirbátar grannþjóða í því efni.
- Í ljósi vaxandi umhverfisverndar má ætla að mun minna verði nýtanlegt af vatnsfalla- og jarðhitaorku hérlendis en hingað til hefur verið áætlað.
- Með tilliti til nýrrar tækni má ætla að mun meira verði nýtanlegt af sjávarfallaorku heims en fyrri matsgerðir hafa gert ráð fyrir.
- Verulega sjávarfallaorku er hérlendis að finna við strendur svæða sem átt hafa erfitt með orkuöflun, s.s. við Vestfirði.
- Valorka hverfillinn er íslensk uppfinning; hverfill sem virðist vera hentugri en fyrri gerðir til að virkja þann straumhraða sem algengastur er við strendur utan fjarða og sunða og gæti því orðið fyrsta „strandvirkjun“ heims.
- Tækni til virkjunar sjávarfallaorku er enn í mótun, en þróunin er mjög hröð.
- Íslendingar hafa nú raunhæfa möguleika til að taka forystu í þróun og framleiðslu sjávarfallahverfla, en allt hik getur orðið til þess að það tækifæri glatist.
- Nauðsynlegt er að efla útflutning á íslenskri tækniframleiðslu. Við erum þar eftirbátar þróaðra þjóða, auk þess sem nú þarf að efla útflutning og gjaldeyrstekjur þjóðarinnar.
- Í markaðslegu tilliti er framleiðsla og sala sjávarfallahverfla nú ekki síður söluvænleg grein en farsímar hafa verið síðustu ár; sem varð m.a. undirstaða velgengni Nokia.
- Stjórnvöld þurfa án tafar að móta stefnu um rannsóknir og nýtingu sjávarfallaorku.
- Stjórnvöld þurfa nú þegar að leggja fé til byrjunarrannsókna á sjávarfallaorku; það þarf ekki að vera mikið ef beitt er þeim hagkvæmu aðferðum sem lagt er til í skýrslunni og undir stjórn þeirra aðila sem þar er lagt til. Ekki verður séð að þeim rannsóknum verði betur borgið undir stjórn fyrirtækja sem séð hafa um orkuvinnslu á landi, né heldur ríkisstofnana sem þjóna öðrum hlutverkum.

jan. 2011 / VÖ.