



## Sæstrengur frá Íslandi til meginlands Evrópu.

Farið verður lauslega yfir þróun HVDC-tækni og sæstrengja og hvernig sú þróun hefur haft áhrif á hugmyndir um tengingu raforkukerfis Íslands við meginland Evrópu.

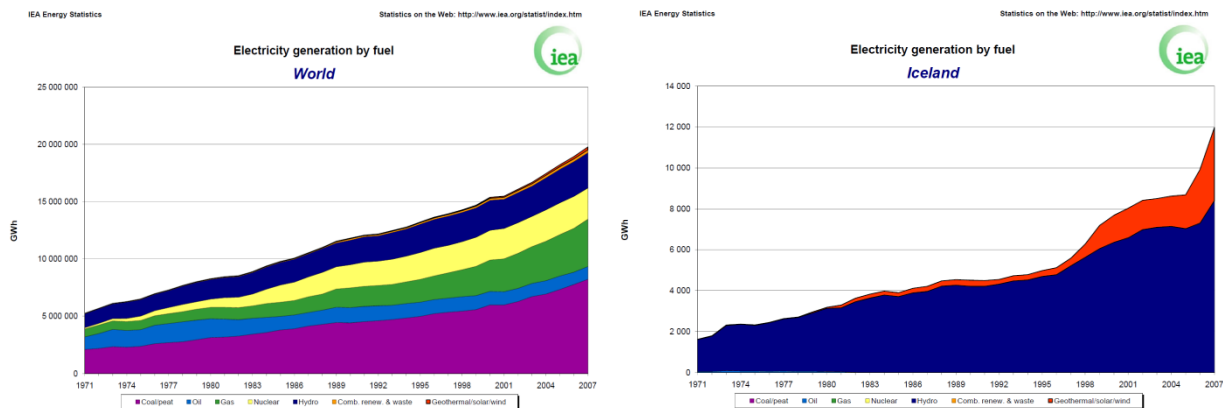
Kynnt verða nýjustu verkefni á þessu sviði og hugleitt hvort þau geti haft áhrif á þróunina hér á landi.

Málið verður rætt bæði út frá tæknilegu og ekki síður viðskiptalegu sjónarhorni.

Nýjustu hugmyndir bæði innanlands og utan um tengingu raforkukerfis Íslands við meginlandið verða ræddar og kostir og gallar metnir. Hugmyndin er að koma af stað frjóum umræðum um málefnið, sem vonandi geta leitt af sér skynsamlegar ályktanir og jafnvel ákvarðanir.

## Inngangur.

Næstu 20 árin reiknar IEA (International Energy Agency) með því að markaðurinn kalli á eitt nýtt 1000 MW raforkuver í heiminum (virkjun) í hverri viku. Kárahnjúkavirkjun er ástimpluð 690 MW þannig að hún nær ekki nema 70% af því sem við þurfum í viku hverri. Mikil krafa er um að minnka kolefnisspor raforkuframleiðslunnar og því ljóst að sækja verður „hreina“ orku þangað sem hana er að hafa. Samkvæmt IEA þá mun vatnsorka næstu 20 árin áfram vera hin ríkjandi aðferð við að framleiða raforku án aukningar á CO<sub>2</sub> í andrúmsloftinu. Raforkuframleiðsla til ársins 2007 er sýnd á mynd 1.



Mynd 1; Raforkuframleiðsla 1971-2007 skv. IEA.

Til samanburðar voru framleiddar 16.468 GWh á Íslandi árið 2008, sem er um 0,08% af heimsframleiðslunni 2007. Ef gert er ráð fyrir að nú sé búið að nýta um 20% af nýtanlegri vatns- og jarðvarmaorku landsins þá væri verið að tala um framleiðslu á Íslandi sem væri um 0,4% af framleiðslu heimsins 2007. Raforkuþörf og framleiðsla í heiminum eykst gífurlega eins og komið var inn á í upphafi. Líklegt er að ásókn í orkulindir okkar mun aukast verulega á næstunni en samt sem áður er ljóst að öll okkar framleiðslugeta mun litlu breyta í framleiðslu heimsins alls og engin áhrif hafa á orkuverðið í heiminum. Þetta má líta á með jákvæðum augum og hugsa sem svo að þó svo að við setjum alla okkar orku á alþjóðlegan markað mun það í það minnsta mjög ólíklega verða þess valdandi að raforkuverð lækkaði.



## HVDC þróun.

HVDC notkun í heiminum hefur tekið miklum breytingum og má segja að þrjú meginstökk hafi verið tekinn á þeim tíma. Árið 1954 þegar fyrsti HVDC sæstrengurinn var lagður. Þá kom tímabil tyristorana 1970 til 1995 (HVDC Classic) og loks með tilkomu transistora sem nota mátti fyri mikið afl og há spennu um það bil árið 1995.

Fyrsti HVDC sæstrengur í heiminum var lagður milli Gotlands og meginlands Svíþjóðar árið 1954 eins og áður sagði og hafði mikil þróunarvinna verið unnin í Svíþjóð allt frá árinu 1929 og því engin furða að þeir skyldu ríða á vaðið í þessum efnum. Tilkoma tyristor-tækninnar í lok sjöunda áratugarins gerði það að verkum að þessi tækni tók stökk fram á við í kringum 1970. Sænska fyrirtækið ASEA hafði ráðið ferðinni fram að þessum tíma, en þýsk fyrirtæki komu nú sterkt inn á þennan markað. Má þar nefna fyrirtæki eins og Siemens, AEG og BBC. Í Bandaríkjunum var það General Electric sem sinnti þessum markaði einna helst. Mikil HVDC uppbygging var næstu tvo áratugina og árið 1995 kom svo fram ný tækni sem gerði mönnum kleift að kveikja og slökkva á flutningi í báðar áttir með mjög snöggum hætti. Með tilkomu þess búnaðar þá opnast sá möguleiki að nota DC til flutnings raforku með mjög svipuðum hætti og gert er í hefðbundnu AC flutningskerfi eins og nú tíðkast almennt.

HVDC er nú þegar orðið stór þáttur í raforkuflutningi heimsins og er aflgeta slíkra kerfa nú um 110.000 MW en það er um 50 sinnum meira en afl allra raforkuframleiðslueininga á Íslandi í dag.

## HVDC til og frá Íslandi – fyrri athuganir.

Sæstrengur frá Íslandi til meginlands Evrópu hefur verið í umræðu hér á landi allt frá þeim tíma sem fyrsti sæstrengurinn var lagður. Uno Lamm þáverandi forstjóri ASEA vakti athygli íslendinga á þessum möguleika á fundi hjá VFÍ í Reykjavík.

Bygging mjög hagkvæmra kjarnorkuvera á Bretlandseyjum ýtti þessari hugmynd til hliðar í nokkra áratugi. Einhverjar lauslegar athuganir fóru þó fram á áttunda og níunda áratugunum á vegum Orkustofnunar. Hugmyndin fór svo aftur á flug innan Landsvirkjunar fyrir meiri alvöru upp úr 1985. Nokkrar athuganir voru gerðar upp frá því og fram til ársins 2000. Landsvirkjun kom að öllum þessum rannsóknum. Erlendir aðilar sem að þessu hafa komið í samvinnu við íslendinga eru m.a. Pirelli Cable, ABB, Siemens, Electrowatt, Scottish Hydro- Electric, Statkraft, Vattenfall, orkufyriræki í Þýskalandi og Hollandi svo eitthvað sé nefnt. Af íslenskum verkfræðistofum sem að þessum verkefnum komu mætti t.d. nefna Verkfræðistofuna Afl, Streng og Rafteikningu, svo eitthvað sé nefnt. Það er því ljóst að ýmsir hafa sýnt áhuga á þessu verkefni í gegnum tíðina, þó ekkert hafi orðið af framkvæmdum enn.

Þessar athuganir miðuðu flestar við um 600 MW raforkuframleiðslu hér á landi og beina sölu á einhverjum lendingarstað á meginlandi Evrópu eða Bretlandseyjum. Tæknileg útfærsla var rannsökuð nokkuð vel. Sæstrengurinn þyrfti að vera um 1000 km langur til Skotlands eða um 2000 km ef farið yrði alla leið til meginlandsins. Á einum frekar stuttum kafla færi dýptin niður í 1000 m en annars væri strengurinn lagður á löngum kafla á um það bil 200 m dýpi annarsvegar og 600 m dýpi hinsvegar. Miðað var við tyristora í endastöðvum (HVDC Classic). Þessar rannsóknir leiddu í ljós að engin tæknileg fyrirstaða var þegar á þessum tíma fyrir því að fara í



slíka framkvæmd. Strengir hafa verið lagðir á allt að 1250 m dýpi þar sem eiga þurfti við allt að 40° halla. Rekstrarkostnaður og töp voru ekki mikil svo framkvæmdir virðast því aðallega hafa strandað á miklum stofnkostnaði, en á sama tíma voru neytendur eins og stór álver tilbúin að flytja starfsemi sína inn í landið.

## **Staðan í dag.**

Í dag má fullyrða að engin tæknileg vandamál standi í veginum fyrir slíkri tengingu og eins má finna talsverða gróðavon sé litið til lengri tímabils þó stofnkostnaður sé vissulega enn mikill.

Lengsti sæstrengur af þessari gerð í dag er hinn svokallaði NorNed strengur milli Noregs og Hollands. Hann var tekinn í notkun á því blessaða ári 2008 og er 580 km, spennan er 450 kV flutningsgetan 700 MW og hámarksdýpi niður á hann er 410 m. Heildar kostnaður var um 100 milljarðar ISK eða um 170 miljónir/km. Erfitt er að meta það hvort heimfæra mætti þetta verð yfir á tengingu frá Íslandi. Sá strengur yrði helmingi lengri sem ætti að þýða hlutfallslega lækkun en á móti kemur að hann yrði lagður á meiri dýpi og ýmiss önnur óvissa er til staðar varðandi lagningu hans.

Hingað til hafa raforkuframleiðendur á Íslandi flutt inn viðskiptavinum, þar sem ógerlegt er að flytja út rafmagn nema með sérstökum HVDC tengingum (háspenntum jafnstraum). Í Kína er farið að nýta jafnstraumtæknina til að flytja 6.400 MW yfir 2000 km leið frá miklu vatnsorkuframleiðslusvæði inn til Shanghai. Þar er notuð svokölluð UHVDC tækni frá Siemens, en spennan er 800 kV. Þjóðverjar hafa velt fyrir sér slíkum tengingum t.d. frá Afríku o.v. Í Þýskalandi er líka unnið að aukinni framleiðslu í vindmyllugörðum í Norðursjó sem síðan eru tengdir inn á land með svokölluðum HVDC-Light búnaði frá ABB (sambærilegur búnaður hjá Siemens heitir HVDC plus). Fyrsta slíka tengingin var tekin í notkun í lok ársins 2009 (BorWin 1). Sjá menn jafnvel fyrir sér að til verði öflugt DC net í Evrópu og það sé að einhverju leyti neðansjáfar eftir því sem við á. Tækninn sem HVDC-Light byggir á býður upp á það að DC sé notað á svipaðan hátt og AC til að flytja rafmagn til og frá eftir því hvernig markaðurinn og framleiðslan sveiflast. Hugmyndir eru um að sækja rafmagn í miklu magni til Íslands og til austurstrandar Grænlands og tengja inn á þessa DC hraðbraut Evrópu. Gangi þessar hugmyndir eftir og þær sem sést hafa varðandi uppbyggingu gagnvera á Íslandi og tengingu ljósleiðara þá fer Ísland aftur að nálgast það verða nafli alheimsins eins og sumir héldu að við værum orðin fyrir haustið 2008.

Það eru nokkur atriði sem gera það að verkum að sæstrengur héðan gæti gefið af sér meiri tekjur nú en fyrri athuganir miðuðu við. Í fyrsta lagi má nefna að tímamunurinn verður til þess að afltoppurinn kemur ekki á sama tíma hér og á meginlandinu þannig mætti selja rafmagn út meðan hjólin eru ekki farin að snúast hér. Í öðru lagi geta íslenskir framleiðendur framleitt mjög mikið rafmagn þegar nóg er af vatni (sumar og/eða nóttu) og selt út en síðan mætti flytja inn rafmagn þegar þurrt væri í veðri. Þetta gerði það að verkum að uppistöðulón hér þyrftu ekki vera eins stór fyrir sama GWh fjölda sem út úr þeim kæmi. Vatnsorka er auk þess seld hærra verði en innflutta orkan sem líklega væri framleidd úr kolum eða gasi. Eigendur kolaorkuvera geta ekki dregið úr framleiðslu sinni með snöggum hætti (mikil varmaorka liggur í kötlunum) og því eru þeir tilbúnir að selja orkuna á lágu verði meðan verið er að keyra framleiðsluna niður. Þetta gæti hljómað illa í sumra eyrum að við værum að flytja inn kolaorku. Það þarf hinsvegar ekki að vera



Því að með þessum hætti fengist betri nýtni út úr samevrópsku raforkukerfi, sem er mjög eftirsóknavert. Bent hefur verið á að flækjustig raforkukerfisins er svo mikið að illa gengur að opnu augu manna fyrir slíkum betrubótum sem tryggja betri nýtingu raforkunnar. Árið 2008 var til dæmis eytt um 119 milljörðum dollara í fjárfestingar í grænni raforkuframleiðslu en á sama tíma aðeins 1,8 milljörðum dollara í að bæta nýtingu raforkunnar (UNEP).

Aðstæður í Noregi eru svipaðar og hér og hafa tengingar þeirra við hinn stóra markað á meginlandinu reynst mjög arðbærar. Þróunin yrði hinsvegar líklega sú að orkuverð á almennum markaði hér myndi hækka og stefna í að verða það sama og á markaðinum á meginlandinu. Þetta hefur verið raunin í Noregi. Auk þess upplifir fólk miklu meiri sveiflur á orkuverði en tíðkast hefur í löndum sem byggja á langtímafjárfestingum í orkugeiranum eins og vatnsorkuverum. Þegar sæstrengur er kominn í rekstur er auk þess líklegt að ýmiskonar nýsköpun eigi sér stað vegna möguleika sem slík tenging býður upp á. Til að mynda hefur verið bent á að ódýrara er fyrir orkufyrirtæki í Þýskalandi að byggja vindmyllu á Íslandi og flytja orkuna um sæstreng en að byggja myllu í hafi (Norðursjó) og flytja orku þaðan inn til Þýskalands. Slík orkuframleiðsla er þó þegar hafin.

Forstjóri Landsvirkjunar Hörður Arnarson sagði frá því á síðast ársfundi LV að þar á bæ væri verið að skoða möguleikann á að selja umfram rafmagn til meginlands Evrópu.

Hann fór ekki út í nein smáatriði enda rannsóknin tiltölulega nýlega farin af stað.

En það má hugsa sér að t.d. á sumrin þegar öll uppistöðulón eru full en raforkunotkun hérlendis lítil, þá mætti halda fullri framleiðslu í virkjuninni áfram og selja það rafmagn sem þannig yrði til út um t.d. HVDC-light sæstreng, ekki ósvipað og þjóðverjar gera frá vindmyllugörðum í Norðursjó. Þetta hefði engin áhrif á afhendingaröryggi íslenska markaðarins, en væri hrein viðbót í tekjuöflun LV. HVDC light tækninn hentar auk þess mjög vel til tengingar inn á raforkuflutningskerfi þar sem skammhlaupsafl er tiltölulega lágt eins og hér er, sérstaklega á sumrin.

Eftir hrun hefur borið nokkuð á áhuga erlendra aðila á hugmyndum tengdum sæstreng, enda mikil eftirspurn eftir orku í heiminum eins og fram hefur komið og þá sérstaklega svokallaðri grænni eða endurnýtanlegri orku eins og við Íslendingar eigum svo mikið af og höfum að litlu leyti náð að nýta okkur sökum fámennis og einangrunar. Augljóst er að slíkt verkefni væri hagkvæmt fyrir þá aðila sem að því standa og ríkissjóð væntanlega líka. Hinsvegar eins og ég hef bent þá myndi það leiða til þess að raforkuverð til almennings myndi þróast í áttina til markaðsverðs í Evrópu, sem er víða allt að þrisvar sinnum hærra en hér á landi eins og staðan er í dag. Það gæti verið erfitt að sannfæra almenning um að sýna framkvæmdum af þessari stærðargráðu mikinn velvilja, þegar það gæti mjög líklega leitt til hækkunar á rafmagnsreiknum þess. Miðað við þær móttökur sem framkvæmdir í raforkukerfinu hafa fengið hingað til og allar hafa leitt til lægra raforkuverðs, minni losunar á koltvísýringi og færri stunda við kertaljós, þá tel ég hæpið að breið samstaða náist um slíkar framkvæmdir.

## **Lokaorð.**

Það er einungis tímaspursmál hvenær HVDC sæstrengur af einhverri gerð verður lagður milli Íslands og annarra landa. Þegar að því kemur þarf að takast á við fleiri spurningar en þær sem



snúa að tækninni og hagkvæmni verkefnisins sem slíks. Nýleg innkoma Magma Energy Corp inn á íslenska raforkumarkaðinn og umræður í framhaldi af því sýna að þetta snýst líka mikið um hvernig orkupólítík mismunandi hópar vilja stunda og oft blandast þjóðernishugsjón inn í málið. Þegar við bætist að almenningur sér fyrir sér hækkandi raforkuverð, vandast málið enn frekar. Þessu erindi er ekki ætlað að leiða neinn stóran sannleika í ljós í þessum efnum heldur fremur að upplýsa og koma af stað vangaveltum. Þó engar sannanir séu lagðar hér fram þá telur undirritaður að það séu fleiri rök sem hníga að því að almenningur ætti að taka vel á móti svona hugmyndum og að þetta myndi opna ýmsar dyr fyrir stóra hópa fólks hér á landi.

Umræður um orkumál taka oft á tíðum stefnu sem erfitt er að átta sig á og afar mikilvægt að þeir sem vinni að nýjum framkvæmdum í þessum geira undirbúi sig fyrir það að umræðan geti tekið aðra stefnu en þeir reiknuðu með. Rökin fyrir svona framkvæmd ættu að vera fyrir hendi ef hægt er að leggja þau á borðið með gegnsæjum og skiljanlegum hætti.

## **Heimildir.**

ABB Review 4/2008 og 1/2010.

Heimasíða Siemens.

Heimasíða Landsvirkjunar.

Heimasíða Orkustofnunar.

Heimasíða IEA.

Ráðstefnugögn; „Workshop – Regenerativer Strom für Europa durch Fernübertragung elektrischer Energie“ - AFES-PRESS Report No. 67. 1999.

Andres, J. M, S. R. Jefferies and D. N. Jensen (1990) Hawaii Deep Water Cable Program: Results of the At-Sea Test Cable Lay, MTS '90 Proceedings, Washington, DC, 1, 17-26.

Ýmis vinnugögn frá Landsvirkjun (óútgefið frá síðasta áratug síðustu aldar).