

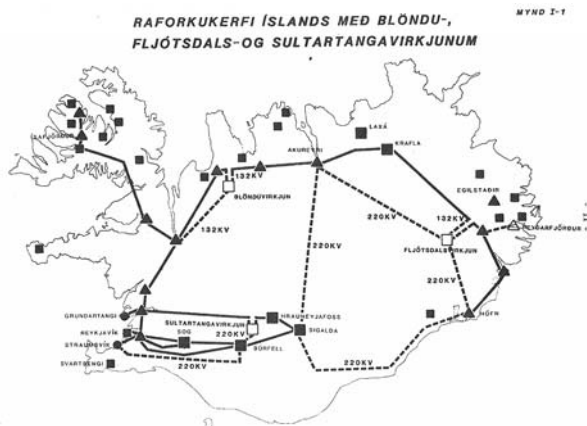
# Tenging yfir hálendið -til hvers og með hvaða hætti-

Eymundur Sigurðsson,  
Landsvirkjun.

**Samantekt:** Fyrstu áætlanir um tengingu yfir hálendið komu fram um miðjan áttunda áratuginn eða um svipað leyti og fyrst var um það rætt að loka byggðalínuhringnum. Landsvirkjun hefur allt frá því að fyrirtækið tók yfir rekstur byggðalínanna látið rannsaka kosti hálendislinu, Nánast allir möguleikar, sem til greina koma, hafa verið rannsakaðir, svo sem AC-lína eða strengur, HVDC-tenging og HVDC-light tenging. Rekstrarvandamál byggðalínanna vaxa með hlutfallslega minnkandi aflnotkun á landsbyggðinni og með aukinni raforkuframleiðslu þar. Rekstrarvandamál byggðalínanna hafa orðið ljósari með ári hverju. Nýtt frumvarp um raforkulög kveður á um rétt manna til aftöku úr flutningskerfinu á sambærilegu verði, hvar sem þeir eru á landinu. Á meðan rekstur byggðalínanna er óbreyttur er þetta ekki raunhæft, nema að nýtt sé heimild til að synja aðilum um tengingu. Augu manna beinast því æ meir að einu augljósu lausn vandans, sem er tenging yfir hálendið.

**Lykilorð:** Hálendi, strengir, línur, byggðalína, AC/DC, Samorka.

## 1. ELDRI ATHUGANIR.

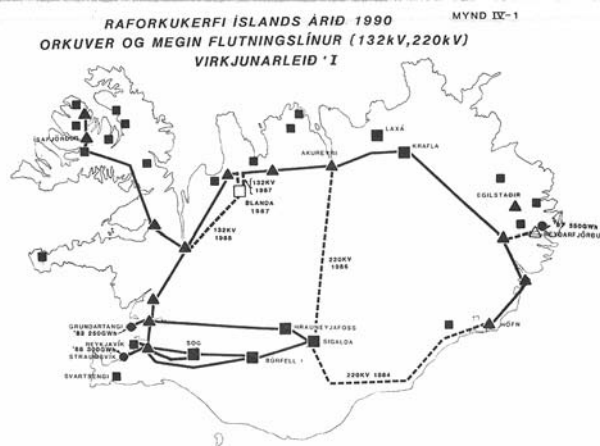


Mynd 1: Framtíðarsýn árið 1981.

Áður en farið verður í einstakar útfærslur á hálendislinu/streng þá er rétt að fara yfir nokkrar fyrri áætlanir um slíka tengingu. Fyrstu áætlanir um slíka tengingu tengjast byggingu Sigölduvirkjunar og uppbyggingu byggðalínanna á áttunda áratuginum. Árið 1981 komu út tvær skýrslur þar sem fjallað er um Sprengisandslínu. Önnur kom út á vegum Landsvirkjunar en hin á vegum Orkustofnunar. Báðar gera ráð fyrir Sprengisandslínu fyrir aldamótin 2000. Í

skýrslu Orkustofnunar er sýnd virkjunarleið (leið V) sem er ekki ósvipuð og þróunin hefur orðið. Samkvæmt þeirri áætlun er þörf á Sprengisandslínu árið 1989. Í skýrslu Landsvirkjunar sama ár eru sýndar nokkrar mismunandi leiðir að einni framtíðarsýn sem sjá má á mynd 1. Í öllum þeim virkjanaleiðum sem þar eru nefndar til sögunnar er gert ráð fyrir Sprengisandslínu þegar árið 1986.

Ef ein af þessum leiðum er skoðuð nánar (leið I) sést að ekki hefur verið reiknað með mikilli aukningu áður en þörf verður á hálendislinu. Gert var ráð fyrir stækkun Járnbendisverksmiðju um einn ofn (35 MW), ÍSAL um hálfan kerskála (40 MW) og Kísilmálmverksmiðju á Reyðarfirði (50 MW), samtals um 900 GWh. Mynd 2 sýnir þessa leið.



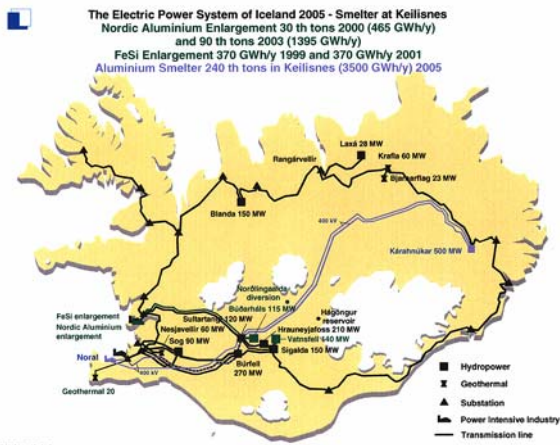
Mynd 2: Virkjanaleið I í skýrslu LV 1981.

Báðar þessar áætlanir byggja á orkuspa sem gerði ráð fyrir mun meiri aukningu á landsbyggðinni en raunin hefur orðið. Hluti af þörf línunnar kom því til af því að flytja þurfti rafmagn norður og austur um línunna<sup>1</sup>.

Á árunum upp úr 1990 voru upp áform um byggingu álvers á Keilisesni. Var hugmyndin m.a. að nýta raforku framleidda í Fljótsdalsvirkjun fyrir þetta álver. Því þurfti að byggja línur yfir hálendið til að koma orkunni suður á sem hagkvæmastan hátt. Áætlunin var að byggja 220 kV línu frá Þjórsársvæðinu að nýju tengivirki í Svartárkoti. Byggja síðan tvær 220 kV línur þaðan annarveggar til Akureyrar og hinsvegar að Fljótsdalsvirkjun. Þessar línufarmkvæmdir voru komnar nokkuð á veg og búið var að mæla línurnar og fá opinber leyfi, m.a. vegna

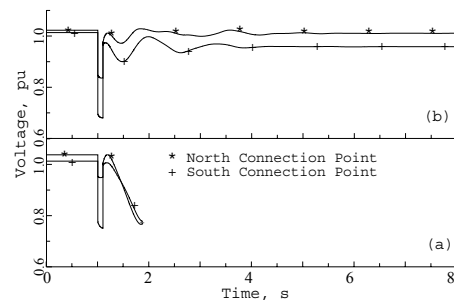
<sup>1</sup> Eins og áður er getið, er miðað við, að Suðurlína verði næsta framkvæmd í stofnlínu-kerfinu og komi hún í rekstur 1984. Í framhaldi af henni kæmi síðan Sprengisandslína frá Sigöldu að Akureyri og kæmi sú lína í rekstur 1986. Kostir þess að velja Sprengisandslínu sem næsta áfanga á eftir Suðurlínu eru margir. Í fyrsta lagi má þá sleppa styrkingu kerfisins á Vesturlandi, sem ella yrði að koma. Í öðru lagi verður hægt að tryggja orku-afhendingu til nýrrar stóriðju á Austurlandi, auk almenna markaðarins þar við bilanir á Suðurlínu, enda þótt ekki verði aukning á afköstum Kröfluvirkjunar. Í þriðja lagi verður Stóriðjuuppbygging þá möguleg á Norðurlandi. Í fjórða lagi er þessi lína hlekkur í 220 kV hringnum, sem hér er miðað við að kæmi að loknum virkjunum 3, Blöndu, Fljótsdals og Sultartangavirkjun. Á framhaldið er síðan háð þeirri virkjanaleið sem farin er [1].

umhverfisrask. Ekkert varð úr þessum hugmyndum en árið 1997 var síðan meðal annars gerður samanburður á því hvort væri hagkvæmara að byggja 500 MW virkjun við Kárahnjúka og flytja orkuna annarsvegar til Reyðarfjarðar og hinsvegar til Keilisness. Var niðurstaðan sú að mun hagkvæmara væri að byggja verksmiðjuna í Reyðarfirði enda þurfti að byggja tvöfaldar 400 kV línur yfir hálandið og auk þess að bæta við 400 kV línu um Suðurland. Mynd 3 sýnir þessa hugmynd. Þessar hugmyndir byggðu ekki nema að litlu leyti á orkuspá heldur var um að ræða línur til mikilla flutninga suður vegna stóriðju þar. Öfugt við hugmyndir manna 10 til 15 árum áður.



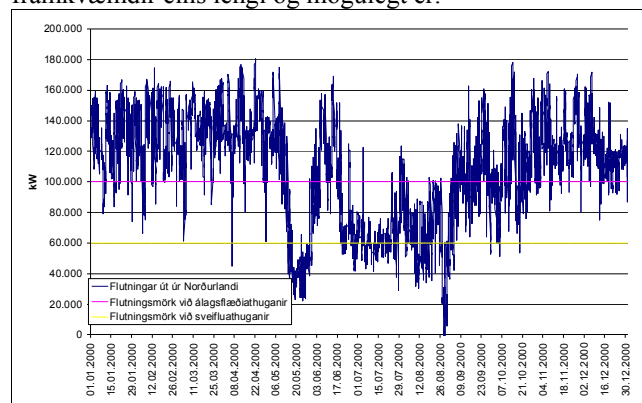
Mynd 3: Tenging Fljótsdals við Keilisnes.

Allt frá því að Blönduvirkjun var tekin í rekstur árið 1992 hafa stöðuleikavandamál á byggðalínunni verið æ augljósari. Í Kerfisáætlun Landsvirkjunar árið 1996 er þetta dregið nokkuð fram en þar segir: “Eins og fram kom í Kerfisáætlun 1995 koma upp nokkur vandamál innan flutningskerfisins, vegna fjarlægðar Blönduvirkjunar frá orkukaupendum. Í dag er þetta viðráðanlegt, en dregur samt nokkuð úr áreiðanleika kerfisins. Lausn á þessu fælist annaðhvort í styrkingu á línukerfinu (t.d. línu milli Blöndu og Hrutártungu eða hálandislínu), eða aukinni orkusölu nær virkjuninni.”. Þetta vandamál hefur aukist með árunum og hafa á árunum 1998 til 2001 orðið nokkrar umfangsmiklar bilanir sem beinlínis má rekja til þessa vanda. Er nú svo komið að árið 2000 var flutningur um byggðalínuna yfir svokölluðum stöðugleikamörku 60% af árinu, sem þýðir að bilun á 132 kV línunum hefði valdið umtalsverðum truflunum. Þetta ástand stenst ekki þær hönnunarforsendur sem Landsvirkjun hefur sett sér að innleiða.



Mynd 4: Teinaspena á tveim stöðum við bilun á línu. Neðri (a) án hálandistengingar og efri (b) með tengingu.

Landsvirkjun hefur unnið nokkuð að rannsóknum á flóknu stjórnkerfi þar sem reglunarbúnaður í mörgum virkjunum er látin vinna saman með aðstoð nýjustu fjarskiptatækni til að reyna að halda kerfinu stöðugu við erfið bilanatilvik. Ekki er talið að slíkur búnaður muni duga til að halda kerfinu í fullnægjandi rekstrarástandi þó það verði mun viðráðanlegra. Eina lausnin sem tekist hefur að sýna fram að dugi er tenging frá 220 kV kerfinu á Suðurlandi að byggðalínunni einhverstaðar fyrir austan Blönduvirkjun. Hvort um er að ræða 132 kV línu, 220 kV línu eða mismunandi strenglausnir (AC/DC) ræðst af annarri nýtingu tengingarinnar. Til lengdar mun verða mjög erfitt að reka kerfið við þessar aðstæður. Það er mat undirritaðs að miðað við ástandið eins og það er þegar orðið verður ekki hægt með viðunandi hætti að reka kerfið án hálandislínu um og upp úr 2010. Stofnkostnaður er hinsvegar mikill og fjármagnskostnaður eftir því. Hvert ár sem hægt er að fresta verkfinnu sparar því miklar fjárhæðir og freistandi fyrir eigendur Landsvirkjunar og þjóðina að draga framkvæmdir eins lengi og mögulegt er.



Mynd 5: Orkuflutningur út úr Norðurlandi árið 2000 bornir saman við flutningsmörk álagsflæðiathugana og sveifluathugana.

Hafa verður í huga að flutningar yfir hálandið yrðu ekki miklir í venjulegum rekstri, frá 20 – 50 MW. Hinsvegar þarf að flytja allt að 200 MW ef lína vestan Blöndu bilar og kerfið þarfa að bregðast hratt við til að forðast stöðugleikavandamál. Lausnirnar sem hér verða tíundaðar eru misjafnar og sumar verða mjög kostnaðarsamar því miða verður við hámarksgildið eða 200 MW þó svo að notkunin sé langtímum saman 20 – 30 MW.

Hér á eftir verður farið lauslega í gegnum þrjár hugmyndir sem rannsakaðar hafa verið undanfarin ár. Það er 220 kV loftlína frá Búðarhálsi/Sultartanga að Kröflu, 132 kV riðstraumsstrengur (AC) frá Sigöldu til Akureyrar/Bárðardals og svokallaður „HVDC-light“ strengur frá Þjórsársvæðinu og norður.

Það sem helst er verið að leita eftir með byggingu svona mannvirkja er aukinn stöðuleiki kerfisins, aukinn flutningsgeta vegna nýrra virkjana og/eða markaða. Mismunandi lausnir koma misjafnlega til móts við þetta og verður reynt að skýra það nánar í næstu köflum.

## 2. 220 KV HÁLENDISLÍNA.

Það sem mest hefur verið rannsakað á þessu sviði er háspennulína milli Þjórsársvæðis og Eyjafjarðarsvæðisins, í Kröflu eða í hugsanlegt tengivirki við Svartárkot í Bárðardal. Línuleiðin hefur verið skoðuð og mæld. Nýjasta útfærslan miðast við það að línan verði lögð frá Sultartanga og að Kröflu. Myndin hér á eftir sýnir þessa línuleið.



Mynd 6; Línuleið Sprengisandslínu – nýjasta útfærsla.

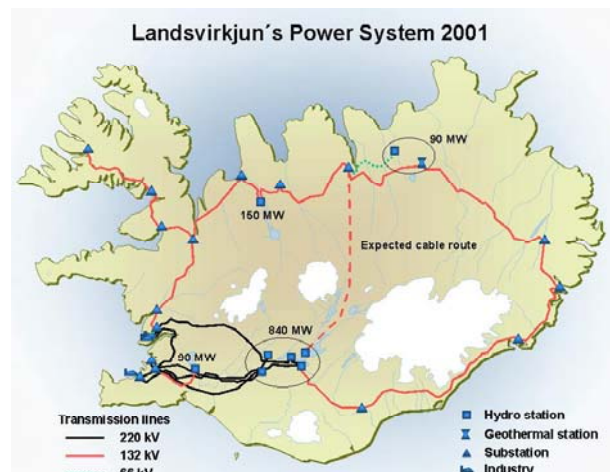
Helstu kostir slíkrar línu er mikil flutningsgeta og einföld og vel þekkt tækni. Hún mun einnig auka stöðuleika kerfisins verulega. Helstu ókostir eru hinsvegar mikill kostnaður, þar sem hanna verður línuna fyrir a.m.k. 200 MW, auk þess að loftlinur verða fyrir mun meira áreiti veðurafla. Mikil vetraveður geta geisad dögum saman á línuleiðinni og komið hefur í ljós að með nokkurra ár millibili geta komið veruleg eldingaveður (> 100 eldingar/dag) á heitum sumardögum á Sprengisandi. Línan yrði nokkuð vegleg vegna þessara veðurskilyrða og flutningsgeta hennar alltaf nokkuð meiri en þörf væri á. Slíkt gefur aukna möguleika á flutningum milli landshluta og opnar með því nýjar leiðir sem ekki eru í núverandi áætlunum vegna takmarkana kerfisins.

## 3. JAFNSTRÁUMS(DC) „LÉTTSTRENGUR“.

Árið 1999 var komin fram ný tækni við lagningu jafnstraumstrengja sem gerði kleift að hanna riðbreytistöðvar á mun einfaldari og ódýrari hátt en áður. Þessu fylgir þó nokkuð meiri töp (1,5%, m.v. 200MW) en þekkjast orðið í hefðbundinni jafnstraumstækni (0,8%).

Þótti áhugavert að rannsaka hvernig slík tækni hentaði sem valkostur á móti Sprengisandslínu. Samkvæmt aflflæðilíkani Landsvirkjunar kom í ljós að þessar tengingar voru mjög sambærilegar. Kostnaður var einnig svipaður en þá var miðað við sömu lagnaleið. Hugsanlegt er að vegna minni umhverfisáhrifa fengist að fara með streng um svæði þar sem ekki væri mögulegt að fá leyfi fyrir loftlínu og þannig stytta lagnaleiðina. Riðbreytistöðina má auk þess nota til spennustýringar á byggðalínunni. Hún getur bæði framleitt og tekið upp MVAr. Kostnaður var auk þess sambærilegur við loftlínu. Gera má ráð fyrir að niðurstaðan yrði svipuð ef um væri að ræða hefðbundna HVDC tengingu en kostnaður yrði eitthvað meiri.

Helstu kostir við þessa útfærslu er að línan yrði í jörðu og því laus við áreiti veðurafla. Sjónræn áhrif munu því einnig því sem næst hverfa. Lagning er frekar einföld og einungis um að ræða tvo leiðara. Einnig bjóðast möguleikar á að stýra spennu byggðalínanna eins og áður sagði. Eins og loftlínan hér á undan leysir þessi útfærsla þau vandamál sem rekstur byggðalínanna þarf að fást við í dag. Helstu ókostir eru riðbreytistöðvarnar sem eru flókin og dýr mannvirki með tilheyrandi bilanatiðni og dýru viðhaldi. Einnig er svörun gangvart sveiflum eitthvað hægar en þegar um er að ræða AC tengingu.



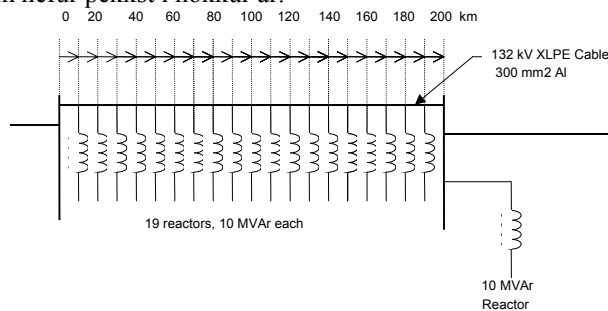
## 4. 132 KV RIÐSTRÁUMS(AC) JARÐSTRENGUR.

Mynd 7; Lagnaleið 132 kV strengs.

Á myndinni hér á undan má sjá þá lagnaleið sem reiknað er með að farin yrði ef lagður yrði 132 kV riðstraumsstrengur yfir hálendið. Þetta er sama leið og Landsvirkjun lagði ljósleiðarastreng árið 2000. Leiðin er því vel þekkt og ekki voru teljandi vandræði við lögning ljósleiðarans. Leiðin er um 200 km. Rannsókn á þessari strenglögning hefur staðið í hálf tveimur árum í samvinnu við ABB í Svíþjóð.

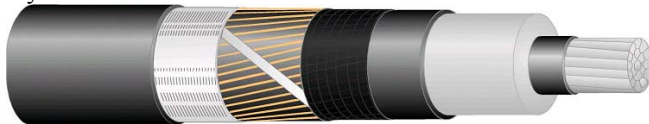
Ekki hefur verið lagður svo langur 132 kV strengur enn þann dag í dag og má því segja að Landsvirkjun og ABB séu í fararbroddi í heiminum í rannsóknum á löngum 132 kV AC strengjum. Það er heldur ekki nóg að leggja streng því í honum myndast mikil rýmd. Jafna

þarf út þessa rýmd með spólum sem tengdar eru inn á strenginn með vissu millibili. Gert er ráð fyrir 19 slíkum útjöfnunarspólum á leiðinn, sjá mynd. Að norðanverðu er auk þess gert ráð fyrir því að sett verði upp þéttavirki. Til að koma í veg fyrir sjónræn áhrif er reiknað með að spólurnar verði í niðurgrofum brunnum. Rannsakað var hvort skynsamlegt væri að nota þurrspenna, en svo reyndist ekki vera. Í staðin er reiknað með að nota olíuspenna en til að koma í veg fyrir umhverfisáhrif þá er reiknað með að nota jurtaolíu til kælingar. Þetta er tækni sem hefur þekkt í nokkur ár.



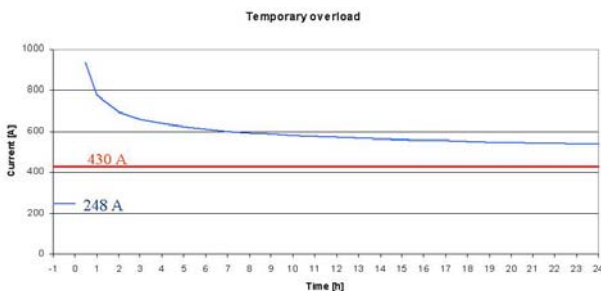
Mynd 8; Útjöfnunarspólur í 132 kV strenglög.

Reiknað hefur verið með 300 mm<sup>2</sup> eða 630 mm<sup>2</sup> XLPE streng sem yrði 58 mm eða 68 mm í þvermál. Sjá mynd.



Mynd 9: 300 mm<sup>2</sup> AC jarðstrengur, þvermál 58.4 mm.

Samkvæmt útreikningum bæði á aflflæði og sveiflum í kjölfar bilana eða annarra þrepabreytinga (step), þá hefur svona strengur sambærileg áhrif og 200 MW tengingarnar sem fjallað var um í köflunum á undan. Þrátt fyrir þetta er flutningsgeta strengsins yfir langt tímabil mun minni eða um 100 MW. Þetta stafar af því að strengurinn getur tekið á sig verulegt yfirálag í takmarkaðan tíma liggja hann í jarðvegi sem hefur viðunandi varmaleiðni. Hann kemur því að sambærilegum notum í bilanatilvikum og fyrrnefndar lausnir og hefur nægjanlega flutningsgetu fyrir venjulegan rekstur kerfisins. Myndin sem hér fylgir lýsir þessu nokkuð vel. Myndin sýnir yfirálagsgetu 300 mm<sup>2</sup> strengs, í 0.5 til 24 kls., miðað við samfelldan 248 A straum fyrir álagsbreytinguna.



Mynd 10; Rauð lína sýnir flutningsgetu við samfelldan flutning og blá línan yfirálagsgetu ef straumurinn er 248 A fyrir álagsbreytinguna.

Helstu kostir þessara lagningar eru svipaður og nefnt var í tengslum við HVDC-light tenginguna nema hvað þessi útfærsla er um helmingi ódýrari í stofnkostnaði og auk þess ódýrari í rekstri líka. Tæknilega er um mun einfaldari lausn að ræða. Helstu ókostir eru að flutningsgetan verður nokkuð takmörkuð og þyrfti því að leggja fleiri strengi verði þörf á mun meiri raforkuflutningum milli landshluta en nú er.

## 5. LOKAORÐ.

Á allra næstu árum verður að koma til tenging yfir hálandið eigi flutningskerfið að geta sinnt öllum sínum viðskiptavinum með viðeigandi hætti. Á það við hvort heldur er miðað við hönnunarforsendur sem Landsvirkjun hefur notað undanfarin ár eða þær kröfur sem gerðar eru til væntanlegs flutningsfyrirtækis samkvæmt frumvarpi um raforkulög. Landsvirkjun hefur skoðað ýmsar útfærslur á lausn þessa vanda og ekki útilokað neitt í þeim efnum. Lagnaleiðin er um svæði sem sumir telja viðkvæmt út frá umhverfissjónarmiðum og veður geta verið mjög viðsjáverð á þeim slóðum. Hefur þetta sérstaklega verið haft í huga við val á línustæði og einnig orðið til þess að strengútfaerslur hafa verið skoðaðar. Hönnun HVDC tenginga og AC jarðstrengja allt að 132 kV hefur fleygt mjög fram á undanförunum árum. Verð eru orðin sambærileg. Jarðstrengir hafa margvíslega kosti umfram loftlínur er lúta að umhverfisþáttum og rekstri. Helstu kostir loftlína eru að með þeim má fara í herra í rekstrarspennu og að sú tækni byggir á gömlum merg og er að vissu leyti einfaldari.

## 6. HEIMILDIR

- [1] Skýrsla LV frá nóvember 1981, "Raforkuöflun í samtengdu landskerfi í framhaldi af Hrauneyjafossvirkjun"
- [2] Skýrsla LV frá apríl 1982, "Greinargerð um framkvæmdaþörf og rekstraröryggi í hinu samtengda landskerfi á tímabilinu 1982-1988", bls. 11.
- [3] Skýrsla Orkustofnunar, "Vinnsla og flutningur raforku til aldamóta", frá febrúar 1981. Hluti III, bls. 36 o.v.
- [4] Skýrsla Landsvirkjunar "The NORAL Project – Draft report of working group 1. Desember 1997.
- [5] Skýrsla Orkustofnunar, "Vinnsla og flutningur raforku til aldamóta", frá febrúar 1981. Hluti III, bls. 36 o.v.
- [6] Skýrsla Landsvirkjunar; Kerfisáætlun 1996, , bls. 26 o.v.
- [7] Skýrsla Landsvirkjunar (Íris Baldursdóttir); Hálandislína, frá ágúst 1999.
- [8] Skýrsla Samstarfsnefndar um rannsóknir á eldingum, Ársskýrsla 2001, frá apríl 2001.

- [9] Skýrsla Landsvirkjunar og ABB, LAVA-report frá júní 2001.
- [10] Skýrsla Landsvirkjunar og ABB, "A NOVEL APPROACH TO LONG BURIED AC TRANSMISSION SYSTEM" fyrir CIGRÉ ráðstefnu árið 2002.
- [11] Upplýsingar um veður frá Veðurstofu Íslands.