



ORKA ÍSLANDS

Kynningarrit um orkumál

Umsjón: Helga Barðadóttir

Aðalhöfundar texta: Árni Ragnarsson og Þorkell Helgason

Ljósmyndir: © Oddur Sigurðsson, nema bls. 39, Íslensk NýOrka

Hönnun og umbrot: Reykvísk útgáfa/Dixill

Prentun: Hjá Guðjón Ó

ISBN 9979-68-128-4

ORKA ÍSLANDS

Upplýsingarit um orkumál



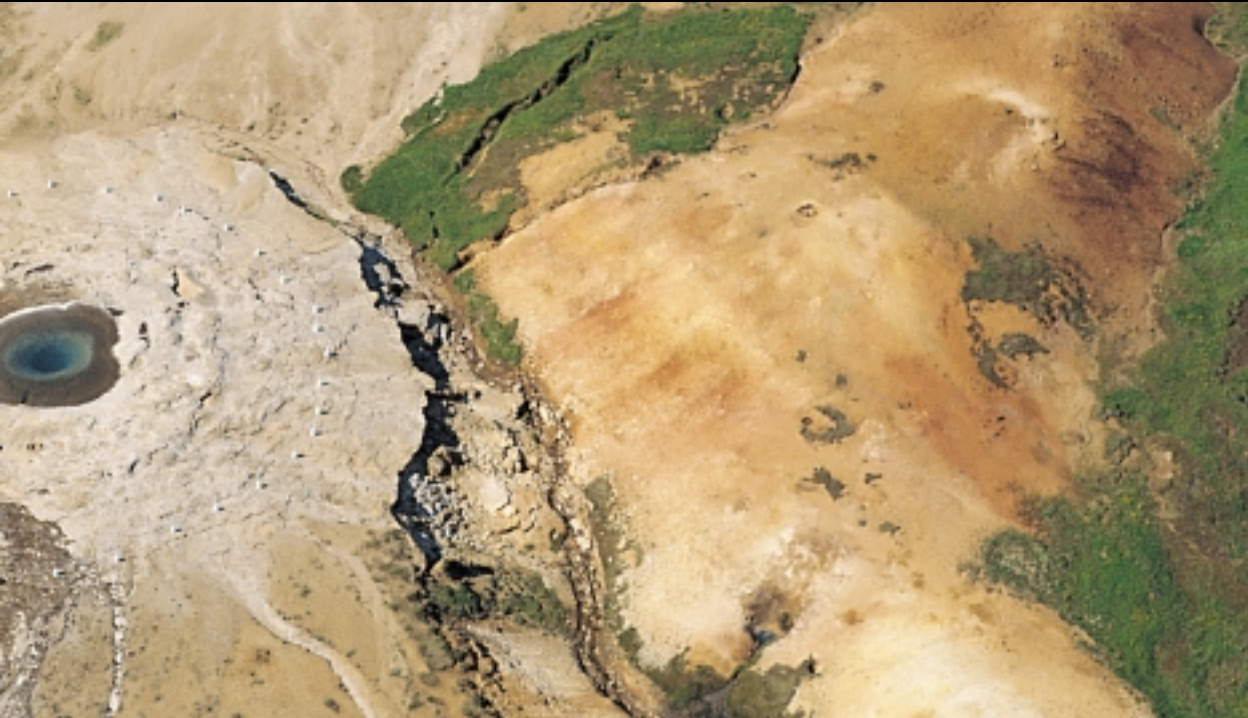
ÁVARP IÐNAÐARRÁÐHERRA



Örugg framleiðsla orku, flutningur og dreifing hennar er forsenda nútímasamfélags, bæði fyrir atvinnulíf og almenning. Ekki eru nema örfáir áratugir síðan allir landsmenn fengu tryggt aðgengi að raforku, og er nú svo komið að við búum við einna mesta öryggi í framboði á hvers kyns orku meðal þjóða heims. Á síðustu áratugum hafa orðið algjör umskipti í orkunotkun þjóðarinnar og er nú orkunotkun á íbúa með því almesta sem þekktist. Landið er auðugt af hreinum og endurnýjanlegum orkulindum og enn höfum við

aðeins nýtt lítinn hluta þeirra. Nýting orkulindanna mun í náinni framtíð áfram standa undir aukinni velferð þjóðarinnar.

Á vorþingi 2003 voru samþykkt á Alþingi ný lög um Orkustofnun, sem nú er orðin stjórnýslustofnun. Einnig voru samþykkt ný lög um Íslenskar orkurannsóknir, sjálfstæða rannsóknarstofnun sem áður var Rannsóknasvið Orkustofnunar, en starf hennar mun í verulegum mæli beinast að orkurannsóknum. Þá voru í fyrsta sinn samþykkt heildstæð raforkulög sem taka til framleiðslu á raforku,



flutnings, dreifingar og sölu hennar, og komu þau að hluta til framkvæmda 1. júlí 2003.

Á þessum tímamótum þótti við hæfi að gefa út kynningarrit um orkumál þar sem fjallað er um orkumál í víðu samhengi. Ritið hefur að geyma ágríp af sögu orkumála, fjallað er um orkulindir landsins, mismunandi orkunotkun, vinnslu raforku og orkumarkaðinn. Þá er fjallað um framtíðarhorfur orkumála og stöðu íslenskra orkumála í alþjóðlegu samhengi.

Rit þetta er frumsmíð á þessu sviði, en áformað er að gefa sambærilegt yfirlitsrit út á tveggja til þriggja ára fresti. Ég vænti þess að mikill fengur verði af ritinu, þótt seint verði upplýsingarit sem þetta fullkomið. Í því er að finna ítarlegar upplýsingar sem fæstum landsmönnum hafa verið aðgengilegar og sýna þær hve ríkan þátt orkan hefur átt í því að skapa okkur það samfélag er við njótum.

Orkumálastjóra og samstarfsfólki hans, sem höfðu veg og vanda að útgáfunni, þakka ég af heilhug fyrir mikla og góða vinnu við verkið.

Valgerður Sverrisdóttir

Valgerður Sverrisdóttir
iðnaðarráðherra

Efnisyfirlit

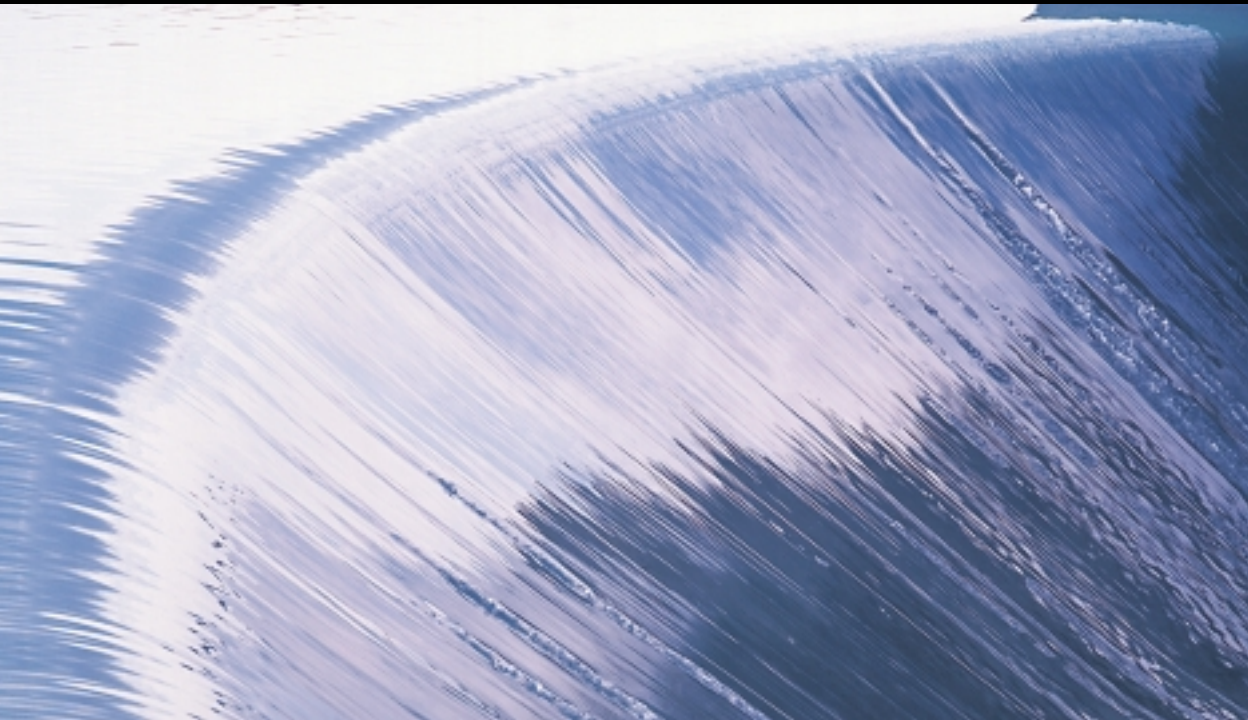
ÁVARP IÐNAÐARRÁÐHERRA	4
EFNISYFIRLIT	6
1. INNGANGUR	8
2. ÁGRIP AF SÖGU ORKUMÁLA	10
2.1 Ný raforkulög	12
2.2 Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma	14
3. ORKUNOTKUN OG ORKULINDIR	15
4. FRUMORKUNOTKUN	17
5. NÝTING JARÐHITA TIL HITUNAR	19
6. ELDSNEYTISNOTKUN	22
7. VINNSLA OG NOTKUN RAFORKU	25
8. STÓRIÐJA	29
9. ORKUVERÐ	31
9.1 Raforka	31
9.2 Húshitun	33
9.3 Eldsneyti	35
9.4 Erlendur samanburður	36
10. ÍSLENSK ORKUMÁL Í ALPJÓÐASAMHENGI	38
11. FRAMTÍÐARHORFUR	41
11.1 Vetni	42
12. ÍTAREFNI	43
12.1 Mælieiningar orku	43
12.2 Rit	43
12.3 Íslenskar vefsíður	44
12.4 Erlendar vefsíður	44
12.5 Lög á vefnum	44

Töfluskrá

Tafla 1: Notkun frumorku á Íslandi 2002	17
Tafla 2: Jarðhitanýting á Íslandi 2001	20
Tafla 3: Raforkuvinnsla á Íslandi 2002	27
Tafla 4: Raforkusala til stóriðju 2002	30
Tafla 5: Margföldunarforskeyti SI-kerfisins fyrir orkueiningar	43
Tafla 6: Samband SI-einingakerfisins og tveggja annarra eininga	43

Myndaskrá

Mynd 1: Straumar vatnsorku frá uppsprettu til nýtanlegrar orku	16
Mynd 2: Orkustraumar jarðhita frá uppsprettu til nýtanlegrar orku	16
Mynd 3: Notkun frumorku á Íslandi 1940-2002	18
Mynd 4: Hlutfallsleg skipting jarðhitanýtingar 2001	19
Mynd 5: Orkugjafar við húshitun 1970-2002	21
Mynd 6: Olíunotkun innanlands og í samgöngum til og frá landinu 1982-2001	23



Mynd 7:	Skipting olíunotkunar á Íslandi eftir tegundum 2001	24
Mynd 8:	Skipting losunar koldíoxíðs á Íslandi 2001	24
Mynd 9:	Heildarafli vatnsafls- og jarðvarmavirkjana	26
Mynd 10:	Afl og orkuvinnsla helstu raforkuvera	26
Mynd 11:	Raforkuvinnsla með jarðhita 1970-2002	27
Mynd 12:	Raforkunotkun 2002	28
Mynd 13:	Raforkuvinnsla og sala 1966-2002	29
Mynd 14:	Hlutfall raforkusölu til stóriðju 2002	30
Mynd 15:	Þróun raforkuverðs til stóriðju á verðlagi ársins 2002	31
Mynd 16:	Smásöluverð á raforku samkvæmt almennum taxta á verðlagi ársins 2002	32
Mynd 17:	Niðurgreiðslur á raforku til húshitunar 1983-2002 á verðlagi 2002	34
Mynd 18:	Samanburður á orkuverði til hitunar íbúðarhúsnaðis	35
Mynd 19:	Eldsneytisverð á verðlagi ársins 2002	36
Mynd 20:	Samsetning útsöluverðs á bensíni í júní 2003	36
Mynd 21:	Raforkuverð til almennrar heimilisnotkunar í Vestur-Evrópu 1. janúar 2003	37
Mynd 22:	Alþjóðlegur samanburður á meðalverði 95 oktana bensíns árið 2002	37
Mynd 23:	Notkun frumorku í heiminum og á Íslandi 1998	39
Mynd 24:	Hlutur endurnýjanlegra og óendurnýjanlegra orkulinda	40



1 INNGANGUR

Á nýliðinni öld hófust Íslendingar úr örbirgð til allsnægta. Beislun orkulinda og nýting orku til atvinnurekstrar og almannaþarfa á stóran þátt í þessari þróun og er raunar frumforsenda hennar.

Áfangarnir á þessu sviði eru margir. Má þar fyrst nefna vélvæðingu fiskveiðanna, uppbyggingu samgöngukerfis og vélvæðingu í landbúnaði. Í kjölfarið kemur uppbygging almennra veitukerfa, rafvæðing til bæja og sveita og lagn-ing hitaveitna sem hefur orðið til þess að langflestir íbúar eiga þess kost að njóta hita úr iðrum jarðar. Um og upp úr miðri öld var síðan hafist handa við að nýta orkulindir til stórfellds iðnrekstrar og var stærsta skrefið stigið með byggingu álvers Ísals (nú Alcan) í Straumsvík árið 1969 og fyrstu virkjun í jökulá á Íslandi, Búrfellsvirkjun. Undir lok tuttugustu aldar hófst nýtt vaxtarskeið í orkufrekum iðnaði og sér ekki fyrir endann á því.

Innflutningur og dreifing eldsneytis hérlendis hefur nær alla tíð verið í höndum einkarekinna fyrirtækja, en orkuvinnsla og dreifing raf- og hitaorku nær alfarið verið á vegum opinberra aðila eða fyrirtækja í þeirra eigu. Allt skipulag og löggjöf um orkumál hefur fram að þessu tekið mið af þessari skipan mála. Við upphaf nýrrar aldar hefur verið sett ný löggjöf sem innleiða mun samkeppni í raforkuframleiðslu og sölu og í kjölfarið kann að koma einkarekstur á ýmsum



þeim sviðum sem nú eru á könnu ríkis eða sveitarfélaga.

Tuttugasta öldin er, eins og um margt í okkar menningu, fyrsta öld orkumála. Með riti þessu er einkum gerð grein fyrir tölulegum upplýsingum um orkumál Íslendinga, vinnslu á orku og orkunotkun, en í upphafi er þó stutt ágríp af orkusögu.



2 ÁGRIP AF SÖGU ORKUMÁLA

Orka hefur fylgt manningum frá því að hann lærði að kveikja eld og nýta sér orku burðar- og dráttardýra og síðar vindinn til að knýja seglskip og vindmyllur og enn síðar rennandi vatn til að reka vatnsmyllur. Almenn orkunotkun í nútímalegum skilningi hefst ekki fyrr en með iðnbyltingunni þegar aflvélar koma fyrst til sögunnar. Í þeim efnum voru Íslendingar seinir til eins og í mörgu öðru en vélaöld okkar hófst fyrst í byrjun tuttugustu aldar með gufutogurum, vélbátum og síðar bílum.

Allt gerðist þetta án mikilla afskipta hins opinbera. Það er í rafvæðingu og síðar lagningu hitaveitna sem ríkið lætur fyrst til sín taka. Frumkvöðlarnir voru þó einstaklingar. Jóhannes Reykdal byggði fyrstu vatnsaflsstöðina í Hafnarfirði 1904, en áður hafði Frímánn B. Arngrímsson talað fyrir daufum eyrum um virkjun Elliðaána. Alkunna er einnig barátta Einars skálds Benediktssonar fyrir virkjunum og stóriðju í því samhengi. Sum sveitarfélög tóku boðskapnum um framtíð rafmagnsins strax vel og fyrsta bæjarrafveitan, Rafveita Hafnarfjarðar, var stofnsett 1909. Fyrsta stóra skrefið var þó stigið þegar Reykjavík, lét til sín taka með virkjun Elliðaána árið 1921, nær þremur áratugum eftir að hugmyndin þar um kom fyrst fram. Nýting jarðhita til húshitunar hófst líka fyrir um öld og var Stefán B. Jónsson á Suður-Reykjum í Mosfellsbæ fyrstur manna til að hita íbúðarhús með hveravatni árið 1908. Skömmu síðar, eða 1911, leiddi Erlendur



Gunnarsson, bóndi á Sturlureykjum í Reykholtssdal, gufu inn í bæinn eftir steyptri pípu, til upphitunar og annarra heimilisnota. Afgerandi skref í jarðhitamálum var þó ekki stigið fyrir en með lagningu hitaveitu frá Þvottalaugunum í Reykjavík árið 1930 og var Austurbæjarskóli fyrsta húsið sem tengt var hitaveitunni. Notkun á heitu vatni til sundkennslu hófst um 100 árum fyrir. Á árunum 1822-1823 hófst sundkennsla bæði í Reykjatjörn í Skagafirði og í Laugardalnum í Reykjavík og litlu seinna var einnig farið að kenna sund í heitu vatni í Reykjanesi við Ísafjarðardjúp.

Þáttur í íslenskum orkumálum er auðvitað innflutningur á orkugjöfum og nýting þeirra. Samkvæmt verslunarskýrslum voru kol þegar flutt inn á öndverðri 17. öld, en steinolíu er fyrst getið 1867. Hvorugur þessara orkugjafa var þó fluttur inn í nokkrum mæli fyrir en á seinustu öld. Nýting og beislun orku og rafvæðing varð hér áratugum seinna á ferðinni en í grannlöndunum, enda þótt við höfum eðlilega haft nokkra sérstöðu með nýtingu jarðhitans.

Frumkvæði ríkisins í orkumálum birtist fyrst í setningu laga um ýmsa þætti orkumála snemma á síðustu öld. Má þar helst nefna setningu vatnalaga árið 1923, sem enn eru í gildi að mestu leyti. Frá upphafi þótti það nauðsynlegt og eðlilegt hlutverk ríkisins að leiða nýtingu innlendra auðlinda, bæði með því að annast rannsóknir og auðlindaleit og með beinni þátttöku í uppbyggingu orku- og veitumannvirkja. Á sviði vatnsorkurannsókna hófst aðild ríkisins með því að landsverkfræðingur og síðar vegamálastjóri létu setja upp vatnshæðarmæla í tuttugu vatnsföllum. Auk vegamálastjóra sinntu Rannsóknaráð ríkisins og raf-

magnseftirlitsstjóri ríkisins jarðhitaleit og virkjunarrannsóknnum fyrir ríkisvaldið á stríðsárunum. Í raforkulögum 1946 var kveðið á um stofnun Raforkumálaskrifstofunnar, sem sett var á fót árið 1947 og embætti raforkumálastjóra. Undir hann heyrðu Rafmagnsveitur ríkisins, Rafmagnseftirlit ríkisins, Jarðboranir ríkisins og umsjón með vatnamælingum. Jarðhitaleit var á borði Jarðborana ríkisins til 1956 að Jarðhitadeild tók til starfa á Raforkumálaskrifstofunni. Raforkumálastjóri hafði á þessum árum töglin og hagldirnar til þess að tryggja forystu ríkisins í virkjunarmálum landsmanna.

Á árunum 1965-1967 var allt orkuumhverfi ríkisins stokkað upp. Hvatinn var einkum sá að virkja fallvötn fyrir stóriðjuver í anda Einars Benediktssonar. Í því skyni var Landsvirkjun sett á laggirnar sumarið 1965 með lögum nr. 59/1965, með jafnri þátttöku ríkis og Reykjavíkurborgar. Búrfellsvirkjun í Þjórsá var reist í kjölfarið, og var hún fyrsta íslenska virkjun jökulvatns.

Heilsteypt orkulög, nr. 58/1967, tóku gildi 1. júlí 1967. Í þeim var fjallað bæði um vinnslu raforku og jarðhita svo og um rafveitur, hitaveitur og jarðboranir. Embætti raforkumálstjóra var lagt niður, en ný stofnun, Orkustofnun, tók við hlutverki þess, öðru en umsjón með rekstri Rafmagnsveitna ríkisins sem voru gerðar að sjálfstæðri stofnun. Jarðboranir ríkisins voru síðar gerðar að hlutafélagi eða í ársbyrjun 1986.

Skipulagsbreytingar voru gerðar á Orkustofnun í ársbyrjun 1997. Var þá rannsóknarstarfsemin aðskilin frá ráðgjafar- og stjórnsýslustarfsemi stofnunarinnar, svonefndum orkumálahluta, og falin tveimur fjárhagslega sjálfstæðum rekstrar-einingum, Vatnamælingum og Rannsóknasviði. Þessi aðskilnaður var síðan enn skerptur með setningu laga um Orkustofnun, nr. 87/2003 og laga nr. 86/2003, um að rannsóknareining stofnunarinnar á sviði jarðfræða og jarðhita yrði sjálfstæð stofnun, Íslenskar orkurannsóknir. Vatnamælingar eru enn sjálfstæð rekstrareining á Orkustofnun. Með þessum breytingum var tekið stórt skref í aðskilnaði á ráðgjöf við stjórnvöld annars vegar og rannsóknþjónustu á samkeppnismarkaði hins vegar. Lög þessi komu til framkvæmda 1. júlí 2003. Sama dag komu einnig til framkvæmda ný raforkulög, nr. 65/2003.

2.1 Ný raforkulög

Raforkulög, nr. 65/2003, voru samþykkt á Alþingi vorið 2003. Lögin byggjast á tilskipun Evrópusambandsins nr. 96/92 um innri markað raforku en eru þó víðtækari enda um að ræða heildarlöggjöf um vinnslu, flutning, dreifingu og sölu raforku. Í lögnum er tekið á ýmsum efnisatriðum sem áður voru dreifð í vatnalögum, nr. 15/1923, orkulögum, nr. 58/1967, lögum um raforkuver, nr. 60/1981 og lögum um einstök orkufyrirtæki. Raforkulögin koma til framkvæmda í áföngum.

Samkvæmt markmiðsákvæði laganna er þeim ætlað að stuðla að þjóðhagslega hagkvæmu raforkukerfi og efla þannig atvinnulíf og byggð í landinu. Í því skyni á að skapa forsendur fyrir samkeppni í vinnslu og sölu raforku, stuðla að skilvirkni og hagkvæmni í flutningi og dreifingu raforku, tryggja öryggi raforkukerfisins og hagsmuni neytenda og stuðla að nýtingu endurnýjanlegra orkugjafa.

Vinnsla og sala raforku er samkvæmt lögnum samkeppnisstarfsemi. Starfsemin er þó háð opinberum leyfum sem verða að byggjast á hlutlægum, gagnsæjum og metanlegum sjónarmiðum. Leyfi til að reisa og reka virkjanir hefur til þessa verið háð samþykki Alþingis en sú breyting er gerð með lögnum að veiting virkjunarleyfis verður alfarið stjórnvaldsákvörðun. Dreifiveitur hafa haft einkarétt til að dreifa og selja raforku á starfssvæði sínu. Samkvæmt raforkulögnum munu þær áfram halda einkarétti sínum til dreifingar en sala raforku verður gefin frjálst í áföngum. Frá og með 1. janúar 2007 verður fullt frelsi til viðskipta með raforku.

Flutningur og dreifing raforku verður áfram sérleyfisstarfsemi. Aðgangur að flutnings- og dreifikerfinu á að vera öllum notendum kerfisins opin á grundvelli fyrirfram birtrar gjaldskrár sem fyrirtækin setja. Lagðar eru ríkar skyldur á flutnings- og dreififyrirtækin til að byggja raforkukerfið þannig upp að öryggi og hagkvæmni þess verði tryggð og eiga þau að gæta jafnræðis við starfsemi sína. Þá eru settar mun ítarlegri reglur en til þessa hafa gilt um rekstur þessara fyrirtækja. Gert er ráð fyrir að flutningur raforku verði í aðskildu fyrirtæki með sjálfstæða stjórn. Það ákvæði tekur þó ekki gildi fyrr en 1. júlí 2004 en þangað til verður flutningur raforku og kerfisstjórnun í höndum Landsvirkjunar og afmarkast flutningskerfið þá við kerfi fyrirtækisins.

Orkustofnun er falið eftirlit með flutnings- og dreififyrirtækjum og á m.a. að setja þeim tekjuramma sem gjaldskrá fyrirtækjanna verður að byggjast á. Í lögnum er tilgreint hvað telja megi til kostnaðar í rekstri og setur Orkustofnun fyrirtækjunum tekjuramma í samræmi við það um leið og gerðar eru vissar hagráðingarkröfur. Jafnframt marka lög in svigrúmið fyrir arðsemi þess fjár sem bundið er í rekstrinum.

Dreifikerfi raforku tekur við þar sem flutningskerfinu sleppir. Dreifiveitur sem störfuðu við gildistöku laganna halda þeim rétti sem þær höfðu til að reisa og reka dreifkerfi. Sama gjaldskrá skal gilda fyrir dreifingu raforku á hverju skilgreindu gjaldskrársvæði. Ekki er útilokað að fleiri en eitt gjaldskrársvæði gildi á starfssvæði dreifiveitu en þau verða afmörkuð af ráðherra með reglugerð.

Orkustofnun er ætlað að hafa eftirlit með sérleyfisstarfseminni, þ.e. flutningi og dreifingu raforku, en vinnsla og sala raforku lýtur eftirliti samkeppnisyrivalda eins og önnur samkeppnisstarfsemi. Sérstök úrskurðarnefnd raforkumála fjallar um ágreiningsefni sem rísa vegna stjórnvaldsákvæðana Orkustofnunar.

Vinnsla, dreifing og sala á raforku getur farið fram innan sama fyrirtækis en halda verður aðskilið bókhald fyrir hvern hluta starfseminnar. Taki fyrirtæki þátt í starfsemi á öðru sviði en raforku skal henni haldið aðskilinni í bókhaldi. Orkustofnun hefur eftirlit með því að ákvæði laganna um aðskilnað ólíkrar starfsemi verði uppfyllt.

Að lokum er að finna í lögnum, almenn ákvæði um leyfisveitingar, svo sem málsmeðferð, gjaldtöku og fleira, og ýmis önnur ákvæði svo sem um hvernig skuli staðið að bókhaldslegum aðskilnaði.

2.2 Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma

Fyrir tilstilli stjórnvalda var á árinu 1999 hafið ítarlegt endurmat á virkjunarkostum undir heitinu rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma.

Markmið rammaáætlunarinnar er að meta helstu virkjunarkosti samtímis og fjalla um áhrif þeirra á náttúru og minjar, umhverfi, hlunnindi og þróun byggðar mun fyrr á undirbúningsstigi, áður en of miklu er til kostað og meðan nægur tími er til að velja á milli hugmynda. Þetta frummat á umhverfisáhrifum getur hjálpað orkufyrirtækjum að velja virkjunarkosti og leiðbeint þeim um hvernig breyta megi fyrstu hugmyndum og sneiða hjá skaðlegum áhrifum með lítilli fórn í hagkvæmni. Það getur einnig leitt í ljós hvar verndargildi er svo mikið að menn vilji vernda svæðið með lögum. Í þriðja lagi gagnast það skipulagsyfirlögdum við að skipuleggja landnotkun. Frummatið kemur ekki í stað ítarlegra mats sem lögin um mat á umhverfisáhrifum gera ráð fyrir en það ætti að minnka líkur á því að endanlega matið stöðvi virkjunaráformin og draga úr áhættunni sem orkufyrirtækin taka með undirbúningnum.

Talið hefur verið að fjöldi tæknilega hagkvæmra virkjana í vatnsföllum sé rúmlega 60, og rúmlega 40 í háhita. Ákveðið var að taka fyrst til mats hugmyndir um virkjanir í jökulám á hálendinu og háhita nærri byggð á Reykjaneskaga og í Þingeyjarsýslum, auk Torfajökulssvæðis. Niðurstöður um 19 vatnsaflsvirkjanir og um 22 jarðhitavirkjanir á 9 jarðhitasvæðum voru lagðar fram haustið 2003. Landvernd hefur séð um að skipuleggja samráð og miðla upplýsingum, m.a. með kynningarfundum og vefsíðu rammaáætlunarinnar, www.landvernd.is/natturuafli.



3 ORKUNOTKUN OG ORKULINDIR

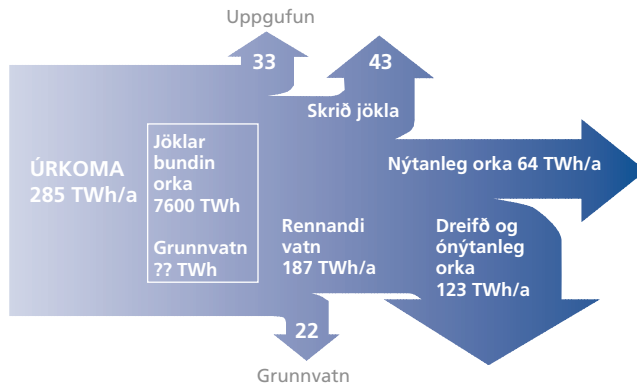
Í alþjóðlegum samanburði hefur orkunotkun á Íslandi mikla sérstöðu. Orkunotkun á hvern íbúa er hér með því mesta sem þekkest og hlutfall endurnýjanlegra orkugjafa er hærra en hjá öðrum þjóðum. Jarðhiti er hvergi mikilvægari í orkubúskapnum en hér á landi, enda er Ísland á meðal þeirra þjóða sem nýta þessa orkulind mest og er þá ekki miðað við höfðatölu heldur heildartölur. Auk jarðhita byggist orkubúskapur okkar á vatnsafli og innfluttu eldsneyti. Hluttur innlendra orkulinda hefur aukist mikið á undanförunum áratugum og nam árið 2002 rúmlega 70% af heildarorkunotkun landsmanna.

Venja er að flokka jarðhita sem endurnýjanlega orkulind. Að baki því liggur sú staðreynd að jarðhitinn endurnýjast sífellt, þótt sú endurnýjun gangi mishratt fyrir sig eftir eðli vinnslusæðanna. Við vinnslu úr heitu þéttu bergi, sem reyndar er ekki gert hérlendis, er endurnýjun orkuforðans svo hæg á tímakvarða mannlegra athafna að varla er hægt að tala um endurnýjanlega orkulind í því tilvik. Í öllum öðrum tilvikum er jarðhitinn sjálfbær orkulind í þeim skilningi að hægt er að viðhalda nýtingu um mjög langan tíma, sé það innan vissra marka.

Enda þótt Ísland búi yfir miklum ónýttum orkulindum eru þær ekki óþrjótandi. Einungis er til lauslegt mat á stærð orkulindanna og er því allnokkur óvissa þegar kemur að því að meta hve stór hluti þeirra er nýtanlegur, bæði með tilliti til tæknilegra möguleika, hagkvæmni og umhverfissjónarmiða. Oftast hefur verið miðað við að nýtanlegt vatnsafl sé 30 TWh á ári og jarðhiti til raforkuvinnslu 20

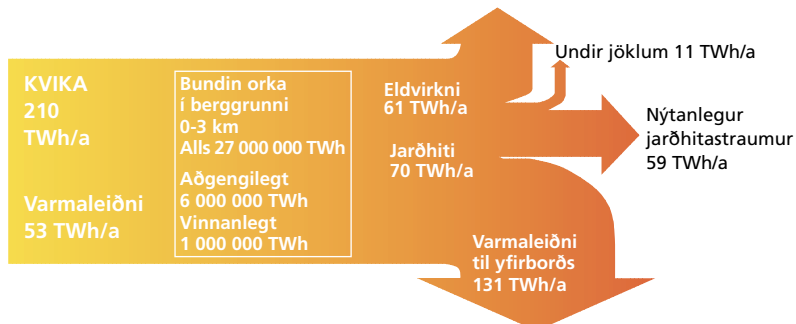
TWh á ári, eða alls 50 TWh á ári. Þá er búið að draga frá þann hluta sem áætlað er að ekki verði virkjaður af umhverfisástæðum. Árið 2002 nam raforkuvinnslan hér á landi um 17% af þessari nýtanlegu orku. Núverandi nýting jarðhita til hitunar og annarra beinna þarfa er aðeins talin vera lítið brot af því sem orkulindin getur staðið undir.

Myndir 1 og 2 sýna uppsprettu þessara meginorkulinda okkar, vatnsaflsins og jarðhitans. Á fyrri myndinni sést að úrkoman sem á landið fellur býr yfir gríðarmikilli staðarorku þar sem hún fellur til jarðar en síðan saxast á hana með uppgufun og skriði jökla auk þess sem um helmingur dreifist víða og getur seint orðið að nýtanlegri orkuuppsprettu. Eftir situr nær fjórðungur orkunnar sem talið er tæknilega nýtanlegt vatnsafl, 64 TWh á ári. Eins og fyrr segir er oftast reiknað að með að unnt verði að nýta um helming þeirrar orku bæði á hagkvæman hátt og í sátt við umhverfið, ef miðað er við reynslu annarra ríkja á undanförunum áratugum.



Mynd 1: Straumar vatnsorku frá uppsprettu til nýtanlegrar orku

Mynd 2 sýnir hliðstæðuna fyrir jarðhitann. Varmaorka streymir úr iðrum jarðar, annars vegar sem straumur af bráðinni kviku og hins vegar með varmaleiðni í föstu efni. Meginmunur á vatnsafla og jarðvarma er að jarðvarminn er varðveittur tímabundið í gríðarlegum mæli í berggrunninum en forðabúr vatnsaflsins, einkum í jöklum landsins, er mun minna. Athyglisvert er að nýtanlegur straumur jarðhita til yfirborðs er ámóta og nýtanleg vatnsorka. Þetta varmastreymi er þó ekki endilega tengt því magni sem nýta má, það getur verið annað og meira vegna fyrrgreinds forðabúrs.



Mynd 2: Orkustraumar jarðhita frá uppsprettu til nýtanlegrar orku



4 FRUMORKUNOTKUN

Öll orka á sér uppruna í náttúrulegum orkulindum og kallast í því formi frumorka. Að jafnaði er nauðsynlegt að umbreyta frumorku í form sem hentar betur til endanlegrar notkunar, eins og t.d. rafmagn. Við þessa umbreytingu tapast oft hluti orkunnar en einnig við flutning og dreifingu hennar. Þannig endar aðeins hluti af frumorkunni sem nýtanleg orka hjá notendum.

Frumorkunotkun á Íslandi, flokkuð eftir uppruna, var árið 2002 eins og sýnt er í töflu 1. Á mynd 3 er sýnt hvernig notkunin hefur þróast frá árinu 1940. Myndin sýnir glögglega áhrif olíuverðshækkana á áttunda áratug tuttugustu

aldar sem urðu til þess að hraða hitaveituvæðingu í landinu. Frumorkunotkun árið 2002 nam um 500 GJ á hvern íbúa landsins sem er með því mesta sem þekkest í heiminum. Ástæður þess eru ýmsar, einkum þó hátt hlutfall stóriðju í raforkunotkun, hlutfallslega mikil raforkuvinnsla með jarðhita og mikil orkunotkun við fiskveiðar og í samgöngum. Að auki kemur til meiri þörf á orku til húshitunar en víða annars staðar vegna veðurfars. Á móti því

Tafla 1: Notkun frumorku á Íslandi 2002

	PJ	ktoí	%
Vatnsorka	25,1	599	17,4
Jarðhiti	78,7	1.880	54,7
Oliuvörur	35,8	856	24,9
Kol	4,3	103	3,0
Alls	143,9	3.437	100,0

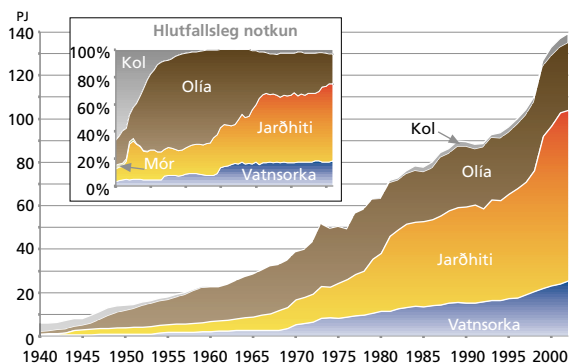
PJ : petajúl

ktoí: kílótonn að olíuigildi

1 ktoí = 0,041868 PJ = 11,63 GWh

vegur að við þurfum af sömu sökum lítt sem ekki að kæla hús og híbýli.

Eins og tafla 1 sýnir eru tæplega 30% af frumorku sem notuð er í landinu flutt inn en rúmlega 70% eru innlend, endurnýjanleg orka. Megnið af innfluttu orkunni, eða um 90% af olíunni, er notað við fiskveiðar og í samgöngum. Ekki hefur verið tæknilega mögulegt eða hagkvæmt að koma hér við innlendri orku. Þetta kann að breytast, t.d. ef hugmyndir um notkun vetnis sem orkubera verða að veruleika.



Mynd 3: Notkun frumorku á Íslandi 1940-2002

Þegar frumorkunotkun er fundin út frá gögnum um nýtta orku eru notaðar staðlaðar reikniaðferðir sem ýmsar alþjóðastofnanir hafa sammælt um. Samkvæmt þeim reiknast frumorka við raforkuvinnslu með jarðhita sem tíföld sú raforka sem framleidd er, en þetta svarar til þess að nýtnin við raforkuvinnsluna sé 10%. Þegar raforka er framleidd með vatnsafli reiknast frumorkan hins vegar jöfn raforkuvinnslunni. Þetta sýnir að frumorkan þarf ekki að gefa rétta mynd af því hve mikil orka kemur út úr virkjununum. Þegar jarðhiti er nýttur til hitunar eins og t.d. í hitaveitum, reiknast frumorkan sem sú orka sem fæst við kælingu vatnsins niður í 15°C.

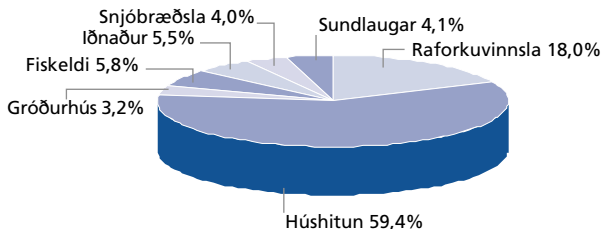
5 NÝTING JARÐHITA TIL HITUNAR

Eins og áður hefur komið fram stendur jarðhiti undir rúnum helmingi af frumorkupörf Íslendinga. Frá fornu fari hefur jarðhiti verið nýttur til baða og þvotta. Seint á 19. öld voru gerðar tilraunir með nýtingu jarðhita í garðrækt og snemma á 20. öld var farið að hita gróðurhús með jarðhita. Um svipað leyti hófst nýting jarðhita í sundlaugar og til húshitunar en húshitun er stærsti þátturinn í jarðhitanytingu hér á landi.

Á mynd 4 er sýnt hvernig nýting jarðhita árið 2001 skiptist hlutfallslega á notkunarflokka. Hér er um nýtta orku að ræða en ekki frumorku. Bein nýting jarðhita þetta ár, þ.e. til hitunar, var alls um 23.800 TJ (terajúl) sem svarar til 6.600 GWh. Auk þess nam raforkuvinnsla 1.451 GWh. Eins og myndin sýnir er hlutur húshitunar langmestur eða tæplega 60% en raforkuvinnsla er í öðru sæti með 18%. Tafla 2 sýnir nánar hvernig jarðhitanytingin skiptist á notkunarflokka.

Hér á eftir verður fjallað stuttlega um einstaka þætti jarðhitanytingar til annars en raforkuvinnslu, en hún verður tekin fyrir í kafla 7.

Nýting jarðhita til húshitunar í stórum stíl hófst með lagningu hitaveitu frá Þvottalaugunum í Reykjavík árið 1930. Formlegur rekstur Hitaveitu Reykjavíkur hófst síðan þegar hitaveita var lögð frá Reykjum árið 1943. Í kjölfar olíuverðshækkana á áttunda áratugnum höfðu stjórnvöld frumkvæði að aukinni hitaveituvæðingu sem leiddi til þess að hlutur jarðhita í húshitun jókst úr 43% árið 1970 í 87% árið 2001. Þessa þróun má sjá á mynd 5. Á undanförunum árum hefur jarðhitanyting til húshitunar ekki aukist mikið umfram það sem leitt hefur af fólksfjölgun á höfuðborgarsvæðinu. Af nýlegum hitaveitum í þéttbýli ber hæst Hitaveitu Stykkishólms sem tekin var í notkun í árslok 1999. Um svipað leyti var tekin í notkun hitaveita á Drangnesi og um ári síðar í Búðardal og nágrenni. Auk þess er nokkuð um að litlar hitaveitur séu lagðar á dreifbýli, en alls eru um 200 slíkar veitur í landinu. Vegna líklegra búferlaflutninga og áframhaldandi leitar að jarðhita á svokölluðum köldum svæðum má vænta þess að hlutur jarðhita í húshitun fari yfir 90% í náinni framtíð.



Mynd 4: Hlutfallsleg skipting jarðhitanytingar 2001

Á Íslandi eru um 160 sundlaugar í rekstri og þar af um 130 hitaðar með jarðhita. Flestar þessara lauga eru opnar almenningi en einnig eru meðtaldar laugar sem tilheyra skólum og öðrum stofnunum. Miðað við flatarmál eru 89% sundlauganna hituð með jarðhita, 7% með rafmagni og 4% með olíu. Á höfuðborgarsvæðinu er um 29% af heildarflatarmáli allra sundlauga í landinu. Aðsókn að sundstöðum hefur aukist á undanförunum árum og árið 2002 jafngilti hún því að



Tafla 2: Jarðhitanýting á Íslandi 2001

	Orkunotkun		
	TJ	GWh	%
Húshitun	17.223	4.784	59,4
Raforkuvinnsla	5.224	1.451	18,0
Iðnaður	1.600	444	5,5
Sundlaugar	1.200	333	4,1
Gróðurhús	940	261	3,2
Fiskeldi	1.680	467	5,8
Snjóbræðsla	1.150	320	4,0
Alls	29.017	8.060	100

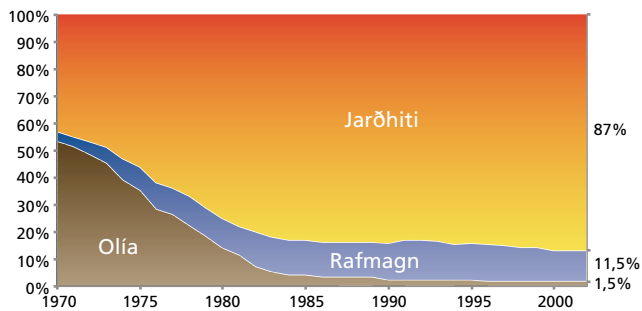
hver landsmaður hafi farið um 15 sinnum í sund það ár. Í nýja sundlaug af meðalstærð er notað álíka mikið af heitu vatni og þarf til að hita 80-100 einbýlishús.

Jarðhiti hefur í nokkrum mæli verið nýttur til snjóbræðslu og hefur sú notkun aukist síðustu tvo áratugi. Áætlað er að heildarflatarmál snjóbræðslukerfa á landinu öllu sé um 740.000 m² og að varmanotkun

þeirra sé um 320 GWh á ári. Af þessari orku kemur riflega helmingur úr bakrásarvatni hitaveitnanna.

Einhver elsta og mikilvægasta nýting jarðhita hér á landi auk hitunar íbúðarhúsa er hitun gróðurhúsa. Árið 2002 voru alls um 195.000 m² undir gleri. Þar af eru 55% nýtt til ræktunar grænmetis og 45% til ræktunar blóma. Raflýsing hefur aukist mikið á undanförunum árum og þar með hefur ræktunartímabilið lengst og nýting húsanna batnað. Þessi þróun hefur m.a. orðið vegna niðurgreiðslu ríkisins á raforku til lýsingar.

Notkun jarðhita í fiskeldi hefur verið töluverð á undanförunum árum. Þótt fiskeldistöðvum hafi fækkað hefur heildarframleiðslan þó aukist og var um 4.000 tonn af fiski árið 2002. Jarðhitinn er fyrst og fremst notaður við seiðaeldi.



Mynd 5: Orkugjafar við húshitun 1970-2002

Kísiliðjan við Mývatn notar meiri jarðhita en nokkurt annað iðnfyrirtæki hér á landi. Verksmiðjan hefur verið starfrækt frá árinu 1967 og framleiðir um 27.000 tonn af kísilgúr á ári. Kísiliðjan notar árlega um 220.000 tonn af jarðgufu við 10 bara þrýsting, fyrst og fremst til þurrkunar. Þörungaverksmiðjan á Reykhólum nýtir einnig jarðhita með beinum hætti. Í verksmiðjunni eru framleidd 2.000-4.000 tonn af þang- og þaramjöli á ári og við framleiðsluna notaðir 28 l/s af 107°C heitu vatni. Á Reykjanesi var rekin saltverksmiðja um árabíl en starfræksla hennar hefur verið stopul. Að Hæðarenda í Grímsnesi hefur síðan 1986 verið starfrækt verksmiðja sem framleiðir koldíoxíð (CO₂) úr jarðhitavökva. Verksmiðjan notar um 6 l/s af jarðhitavökva og framleiðir um 2.000 tonn á ári. Framleiðslan er notuð í gróðurhúsum, við gosdrykkjaframleiðslu og í öðrum matvælaíðnaði. Af annarri nýtingu jarðhita í iðnaði má nefna fiskþurrkun víða um land.

6 ELDSNEYTISNOTKUN

Frá upphafi byggðar í landinu og fram á 20. öld var viður, mór, þari og sauðatað notað til brennslu og allt fram á síðustu öld var eldsneyti eini orkugjafinn sem nýttur var. Eitthvað var flutt inn af kolum þegar á 17. öld og steinólía var eins og fyrr segir fyrst flutt til landsins svo vitað sé árið 1867. Ekki var þó um verulegan innflutning á eldsneyti að ræða fyrr en á 20. öld þegar kolakýntir gufugögar komu til sögunnar. Síðar var farið að nota olíu á vélar fiskibáta og enn síðar bensín á bíla.

Mynd 6 sýnir hvernig notkun Íslendinga á olíu hefur þróast frá árinu 1982. Notkuninni er skipt á helstu notkunarflokkum olíu. Tölurnar ná bæði yfir innlenda notkun og notkun í samgöngum á milli landa og einnig það eldsneyti sem íslensku flugfélögin kaupa erlendis, en það nemur um 60% af eldsneyti þeirra. Á þessu tímabili hefur aukningin í olíunotkun verið að meðaltali um 1,7% á ári. Um 90% af olíunotkuninni árið 2001 var til samgangna og fiskveiða. Af heildarolíunotkun, sem var 833 þúsund tonn (35.300 TJ) árið 2001, voru 571 þúsund tonn (24.150 TJ) innlend notkun og 262 þúsund tonn (11.150 TJ) notkun íslenskra fyrirtækja við millilandaflutninga. Meginhluti þeirrar olíunotkunar sem flokkast undir „annað“ á mynd 6 er til húshitunar, en til hennar fóru rúmlega 5 þúsund tonn árið 2001.

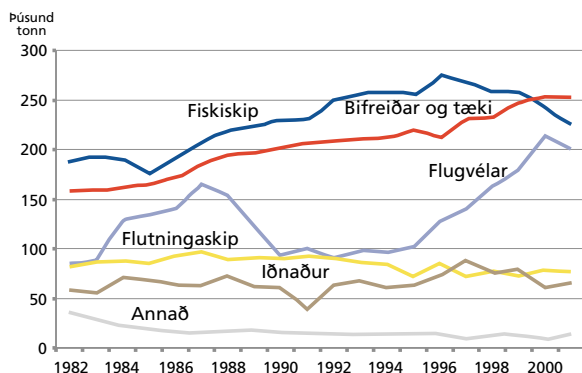
Síðustu tvo áratugi hafa mestar breytingar verið í eldsneytisnotkun flugvéla,



sem að mestu leyti er þotueldsneyti í millilandasamgöngum. Á árunum 1987-1990 minnkaði þessi notkun mikið með tilkomu nýrra og sparneytnari flugvéla Flugleiða en á síðustu árum hefur notkunin aukist aftur með auknu millilandaflugi.

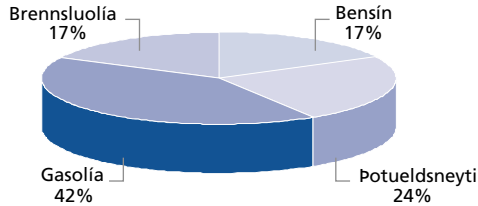
Kolanotkun nam alls 149 þúsund tonnum árið 2001. Langstærsti notandinn er Járnblendiverksmiðjan á Grundartanga sem notar um 90% af kolunum. Megnið af því sem eftir stendur er notað í Sementsverksmiðjunni.

Notkun á gasi er óveruleg miðað við aðra orkugjafa eða um 2.200 tonn árið 2001. Gasnotkun hefur þó aukist mikið á undanförunum árum, fyrst og fremst vegna



Mynd 6: Olíunotkun innanlands og í samgöngum til og frá landinu 1982-2001

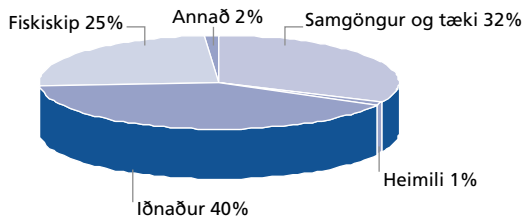
aukinnar stóriðju þar sem notað er um 35% af gasinu. Að öðru leyti skiptist notkunin þannig að 35% er heimilisnotkun, 21% eru nýtt í þjónustu og 9% í öðrum iðnaði en stóriðju.



Mynd 7: Skipting olíunotkunar á Íslandi eftir tegundum 2001

Nýting orku, sérstaklega brennsla jarðefnaeldsneytis, veldur losun ýmissa loftmengunarefna út í andrúmsloftið. Við bruna jarðefnaeldsneytis, sem að stærstum hluta er kolefni, myndast mikið magn koldíoxíðs (CO₂). Koldíoxíð er ein þeirra lofttegunda sem valda auknum gróðurhúsaáhrifum, en aukning þessara áhrifa kann að leiða til veðurfarsbreytinga með ófyrirsjáanlegum afleiðingum fyrir lífið á jörðinni. Af þessum sökum hafa þjóðir heims bundist samningum um að takmarka losun gróðurhúsalofttegunda.

Umhverfisstofnun fylgist með útstreymi gróðurhúsalofttegunda hér á landi, en um 82% þeirra er koldíoxíð. Þar af er langstærsti hlutinn, eða tæplega 70%, tilkominn vegna brennslu jarðefnaeldsneytis. Þetta sýnir mikilvægi eldsneytisnotkunar í tengslum við losun gróðurhúsalofttegunda. Á árunum 1990-2001 jókst heildarlosun gróðurhúsalofttegunda hér á landi úr 2,9 milljónum tonna í 3,1 milljón tonn koldíoxíðígilda á ári eða um 10%. Í þessum tölum er losun vegna millilandaflutninga undanskilin í samræmi við alþjóðareglur. Skipting losunar koldíoxíðs árið 2001 er sýnd á mynd 8. Losunin var alls 2,6 milljón tonn og skiptist þannig að 40% komu frá iðnaði, 32% frá samgöngum og tækjum, 25% frá fiskiskipum, 1% frá heimilum og 2% komu annars staðar frá. Árið 2001 nam losun stóriðju um 870 þúsundum tonna koldíoxíðígilda, sem er um 82% af iðnaðarlosuninni og um 28% af heildarlosuninni. Þá er meðtalin losun bæði vegna eldsneytisnotkunar og iðnaðarferla.



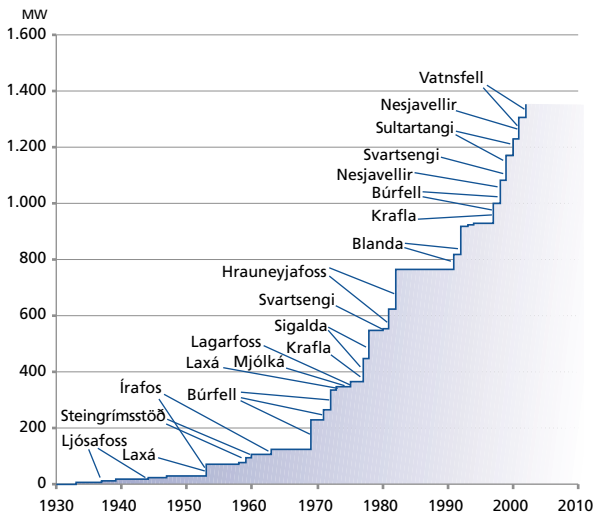
Mynd 8: Skipting losunar koldíoxíðs á Íslandi 2001



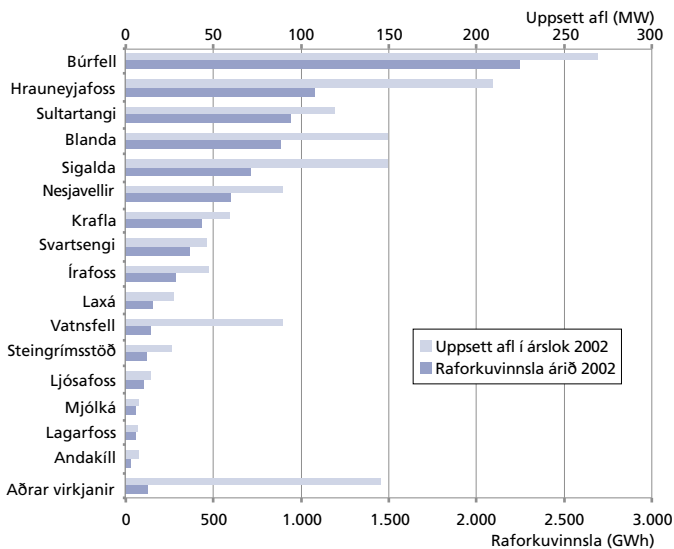
7 VINNSLA OG NOTKUN RAFORKU

Rafvæðing á Íslandi hófst í byrjun 20. aldar. Fyrsta rafstöðin sem þjónaði almennum notendum var 9 kW vatnsaflsstöð sem Jóhannes Reykdal reisti í Hafnarfirði árið 1904. Á fyrstu áratugum aldarinnar komu ýmis sveitarfélög sér upp rafstöðvum og stórt skref var stigið þegar Reykjavíkurbær lét virkja Elliðaánnar, en fyrsti áfangi þeirrar virkjunar var reistur 1921. Á fjórða áratugnum kom síðan virkjun Ljósafoos í Sogi og Laxár í Þingeyjarsýslu. Á árunum eftir seinna stríð jókst raforkunotkun mikið, m.a. vegna aukinnar notkunar rafmagns til eldunar. Það var þó ekki fyrr en á sjötta áratugnum sem allmargar nýjar virkjanir bættust við auk stækkunar þeirra sem fyrir voru. Mynd 9 sýnir uppbyggingu raforkuvera frá því um miðja síðustu öld. Virkjanir stærri en 5 MW eru sérstaklega tilgreindar.

Algjör umskipti urðu þegar Búrfellsvirkjun var reist árið 1969 vegna álversins í Straumsvík, en síðan hefur raforkuvinnsla til stóriðju aukist mikið og árið 2002 nam hún um 65% af heildarvinnslunni. Þetta hefur krafist allmargra stórra virkjana, en auk Blönduvirkjunar sem tekin var í notkun 1991 hafa verið byggðar fimm virkjanir á vatnasvæði Þjórsár og Tungnár. Uppsett afl helstu virkjana landsins ásamt raforkuvinnslu eins og hún var árið 2002 er sýnt á mynd 10. Sama ár var uppsett afl allra almenningsrafstöðva um 1.470 MW. Þar af voru 1.150 MW í vatnsaflsvirkjunum, 200 MW í jarðhitavirkjunum og 120 MW í dísilstöðv-



Mynd 9: Heildarafli vatnsafls- og jarðvarmavirkjana



Mynd 10: Afl og orkuvinnsla helstu raforkuvera

um, sem er að mestu leyti ætlað til að tryggja varaafli.

Sumarið 2003 hófust framkvæmdir við Kárahnjúkavirkjun, sem er virkjun Jökulsár á Dal og Jökulsár í Fljótssdal í tengslum við byggingu álvers á Reyðarfirði. Uppsett afl virkjunarinnar verður 630 MW og áætluð orkuvinnsla 4.460 GWh á ári.

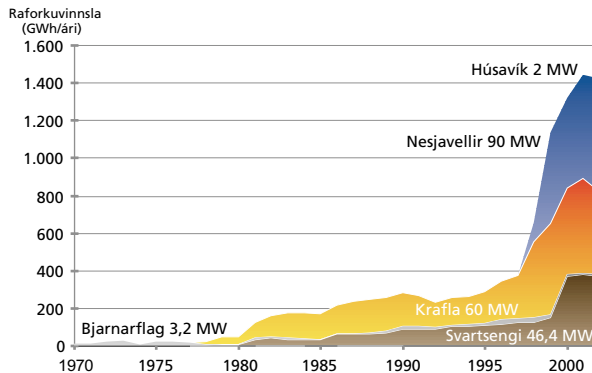
Raforkuvinnsla árið 2002 nam alls 8.411 GWh eða um 29.300 kWh á hvern íbúa landsins. Frá árinu 2001 hefur raforkunotkun á hvern íbúa verið meiri á Íslandi en í nokkru öðru landi, en áður hafði Noregur um langt skeið skipað þetta forystusæti.

Skipting raforkuvinnslunnar á orku-
gjafa árið 2002 er sýnd í töflu 3. Vatns-
orka hefur frá upphafi staðið undir yf-
irgnæfandi hluta raforkuvinnslu hér á
landi. Á árunum 1987-2002 tvöfaldast
raforkunotkunin.

Raforkuvinnsla með olíu var nokkur
á árunum eftir seinni heimsstyrjöld og
aftur á tímabilinu frá 1965 fram til
1984 þegar hringtengingu landsins með byggðalínunum lauk, en síðan hefur ol-
ía nánast eingöngu verið notuð í varastöðvum.

Tafla 3: Raforkuvinnsla
á Íslandi 2002

	GWh	%
Vatnsorka	6.973	82,9
Jarðhiti	1.433	17,0
Olía	5	0,1
Alls	8.411	100,0



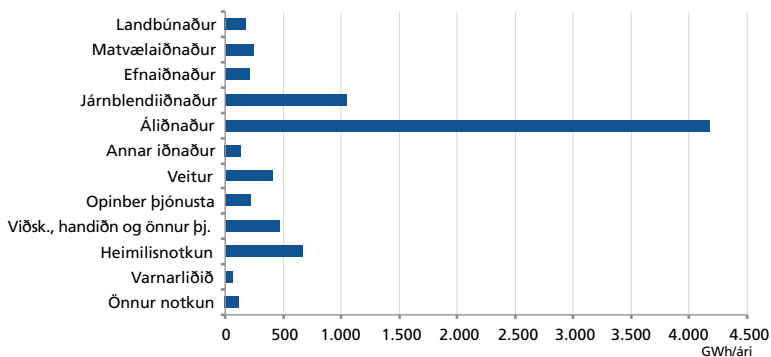
Mynd 11: Raforkuvinnsla með jarðhita 1970-2002

Raforkuvinnsla með jarðhita hefur aukist mikið á undanförunum árum eins og mynd 11 sýnir. Uppsett afl jarðhitavirkjana er nú alls um 200 MW. Elsta jarðgufu-
virkjunin er við Námafjall (3 MW), en hún var gangsett árið 1969. Kröfluvirkjun,
sem starfað hefur síðan 1977, var stækkuð úr 30 í 60 MW árið 1997 og í undir-
búningi er að auka afl virkunarinnar um 40 MW til viðbótar í næsta áfanga.
Einnig eru uppi hugmyndir um að reisa nýja virkjun á svæðinu. Í Svartsengi var
settur upp nýr 30 MW hverfill í árslok 1999, en við það jókst heildarafl virkunar-
innar til raforkuvinnslu í 46 MW. Á Nesjavöllum hófst raforkuvinnsla í árslok 1998
í tveimur 30 MW hverflum og á árinu 2001 var virkjunin stækkuð í 90 MW með
uppsetningu þriðja hverfilsins. Á Húsavík hófst raforkuvinnsla með jarðhita um
mitt ár 2000 þegar 2 MW tvívökva rafstöð af Kalina-gerð var tekin í notkun, ein
sú fyrsta sinnar tegundar í heiminum. Hún nýtir rúmlega 120°C heitt vatn niður
í um 80°C og fullnægir um þremur fjórðu hlutum raforkuþarfar á Húsavík. Frá
rafstöðinni fer hluti af heita vatninu inn á dreifikerfi hitaveitunnar til almennra
nota.

Nýtingartími afls í jarðgufuvirkjunum er yfirleitt lengri en í vatnsaflsvirkjun-
um. Stafar það af því að heppilegt er að reka jarðgufuvirkjanir sem grunnafl en
láta miðlunarvirkjanir vatnsaflsins sinna breytilegu álagi markaðarins.

Raforkusala hér á landi árið 2002, greind niður á notkunarflokka, er sýnd á
mynd 12. Þar kemur fram að notkun í áliðnaði er mun meiri en í öðrum flokk-
um. Á myndinni er rafhitun ekki sýnd sérstaklega heldur dreifist hún á nokkra

flokka, árið 2002 var raforkunotkun til beinnar húshitunar um 359 GWh. Til viðbótar notuðu kyntar hitaveitur um 160 GWh til hitunar á vatni í kyndistöðvum þannig að raforkunotkun til húshitunar nam alls um 519 GWh.



Mynd 12: Raforkunotkun 2002

Mynd 13 sýnir þróun raforkuvinnslu hér á landi frá árinu 1966 og hvernig notkunin hefur skipst á milli almennrar notkunar og stóriðju. Undir stóriðju falla notendur sem kaupa meira en 100 GWh af raforku á ári, en það eru þau þrjú fyrirtæki sem talin eru upp í töflu 4. Raforkunotkun stóriðju hefur tvöfaldað á síðustu sex árum og var árið 2002 um 65% af allri raforkunotkuninni. Notkun stóriðjunnar á þessu tímabili jókst álíka mikið og sem nam allri raforkuvinnslu vegna almennrar notkunar árið 1997.

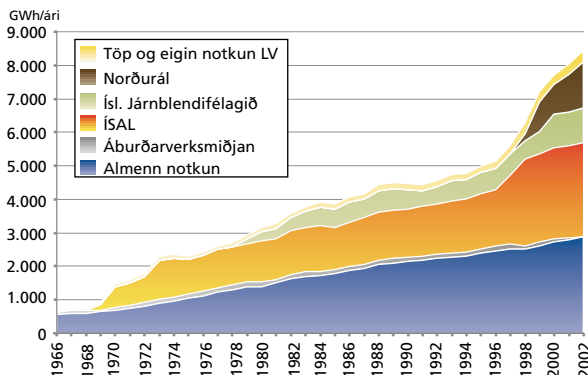
8 STÓRIÐJA

Nýting á orkuauðlindum til nota við orkufrekan iðnað hófst seint hér á landi. Á meðan stórar ár á Norðurlöndum og í Mið-Evrópu voru virkjaðar, í mörgum tilvikum fyrir orkufrekan iðnað, voru ár og jarðhitasvæði á Íslandi að mestu ónýtt fyrir utan nokkrar litlar vatnsaflsvirkjanir sem sveitarfélög reistu til almennra raforkunota í staðbundnum dreifikerfum.

Fyrsti visirinn að orkufrekum iðnaði hér á landi var bygging Áburðarverksmiðjunnar í Gufunesi sem hóf rekstur árið 1953. Í byrjun sjöunda áratugarins voru miklar umræður um þörfina á nýjum útflutningsvörum og nýtingu orkulinda landsins. Á þessum tíma byggðist útflutningur nánast eingöngu á fiskveiðum og fiskvinnslu. Við þessar aðstæður var eðlilegt að beina athyglinni að öðrum náttúruauðlindum, óbeisluðum orkuauðlindum.

Áliðnaðurinn, sem þá var í örum vexti, var ákjósanlegur kostur. Eftir ýmsar athuganir og viðræður við nokkra erlenda álframleiðendur náðu íslensk stjórnvöld árið 1966 samkomulagi við svissneska fyrirtækið Alusuisse um að fyrirtækið byggði álver (Ísal) með 60.000 tonna vinnslugetu á ári og að Íslendingar reistu vatnsaflsvirkjun til að sjá álverinu fyrir orku. Í framhaldi af þessu samkomulagi var fyrsti áfangi Búrfellsvirkjunar með 110 MW afli tekinn í notkun árið 1970 og skömmu síðar annar áfangi sem var 110 MW.

Áhrif orkufreks iðnaðar á nýtingu orkulindanna sést vel ef árið 1970 er skoðað, en það var fyrsta árið sem álver Ísals var rekið með fullum afköstum. Það ár notaði orkufrekar iðnaður nærri helming af framleiddri raforku í landinu og nokkrum árum síðar rúmlega helming hennar. Á sama ári var Kísiliðjan hf. við Mývatn stofnuð en hún vinnur kísilgúr af botni vatnsins. Aðgangur að stöðugum og ódýrum jarðhita gerði verksmiðjuna samkeppnishæfa á alþjóðavettvangi.



Mynd 13: Raforkuvinnsla og sala 1966-2002

Íslenska járnblendifélagið hf. var stofnað 1975 af íslenska ríkinu í samvinnu við erlenda aðila. Verksmiðjan var stækkuð árið 1999 og var þá framleiðslan aukin úr 70.000 tonnum á ári í 115.000 tonn.

Tafla 4: Raforkusala til stóriðju 2002

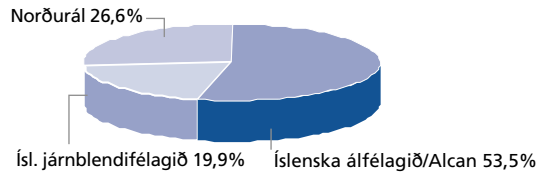
Stóriðjufyrirtæki	Upphaf raforkusölu	Raforkukaup GWh	Hlutfall %
Íslenska álfélagið/Alcan	1969	2.785	53,5
Ísl. járnblendifélagið	1979	1.039	19,9
Norðurál	1998	1.385	26,6
Alls		5.209	100,0

Framkvæmdir við álver Norðuráls á Grundartanga, sem er í eigu bandaríska fyrirtækisins Columbia Ventures Corporation, hófust árið 1997 og var verk-

smiðjan tekin í notkun árið 1998. Í upphafi voru framleidd þar 60.000 tonn á ári. Í öðrum áfanga, sem tekinn var í notkun árið 2001, var verksmiðjan stækkuð og framleiðslugetan aukin í 90.000 tonn á ári.

Árið 1997 var einnig lokið við stækkun verksmiðju Ísals í Straumsvík og var þá framleiðslugeta verksmiðjunnar komin í 162.000 tonn á ári.

Tilraunir á níunda áratugnum til að auka orkufrekan iðnað voru árangurslausar, einkum vegna deyfðar á álmarkaði. Það var ekki fyrr en árið 1995 að hreyfing komst á verkefni í orkufrekum iðnaði. Síðan þá hefur þróunin verið ör. Áhugi og eftirspurn erlendra aðila eftir raforku til stóriðju hefur aukist mjög og hefur verið ákveðið að stórauka álframleiðslu hér á landi á fyrsta áratug 21. aldar. Hér er átt við byggingu álvers á Reyðarfirði með u.þ.b. 322.000 tonna framleiðslu á ári, stækkun Norðuráls á Grundartanga í allt að 300.000 tonn og stækkun á álveri Alcans, áður Ísals, í 200.000 tonn og fyrirhuguð er enn frekari stækkun þar síðar á þessum áratug. Þessar áætlanir eru vitaskuld háðar því að mögulegt verði að virkja næga raforku á samkeppnishæfu verði á þessu tímabili.



Mynd 14: Hlutfall raforkusölu til stóriðju 2002

Stefna stjórnvalda er að halda áfram að nýta orkulindir til að tryggja áframhaldandi hagsæld á Íslandi. Ekki verður séð að það verði gert á næstu árum öðruvísi en með aukinni sölu til stóriðju, aðrir kostir eru ekki í sjónmáli. Þetta kallar á áframhald rannsókna á virkjunarkostum.

9 ORKUVERÐ

9.1 Raforka

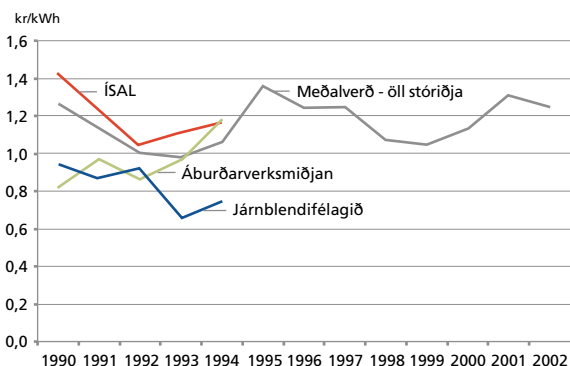
Raforka sem er seld eða afhent kaupanda skiptist í forgangsorku og ótryggða orku og fer verðið eftir því um hvorn flokkinn er að ræða.

Forgangsorka (eða tryggð orka) er sú orka sem fá má úr virkjanakerfinu þrátt fyrir náttúrulegar sveiflur í vatnsforða. Gengið er út frá því að það gerist í hæsta lagi á 100 ára fresti að kerfið geti ekki skilað því sem svarar til forgangsorkunnar.

Ótryggð orka (áður fyrr kölluð afgangorka) er sú orka sem virkjanakerfið getur skilað á hverjum tíma umfram forgangsorkuna. Orka þessi fellur til yfir sumarið og þá vetur sem vatn er ekki með rýrasta móti. Segja má að ótryggð orka sé einnig tímabundið fyrir hendi þegar ný virkjun hefur verið sett í gang og vinnslugeta hennar er töluverð umfram orkuþörf. Afhendingu á ótryggðri orku er ekki hægt að tryggja öllum stundum og er hún þess vegna seld með skerðingarheimildum gegn vægara verði en greitt er fyrir forgangsorku.

Tvö fyrirtæki eru ráðandi á heildsölumarkaði fyrir raforku hér á landi, þ.e. Landsvirkjun, sem er með yfirgnæfandi markaðshlutdeild, og Rafmagnsveitur ríkisins (Rarik). Hlutfall ótryggðrar orku af heildarorkusögunni hefur hjá Landsvirkjun verið 10-17% síðastliðinn áratug, en hjá Rarik 34-42%. Hlutur ótryggðu orkunnar hefur mikil áhrif á meðalverðið.

Landsvirkjun er eina fyrirtæki landsins sem selur raforku beint til stóriðjufyrirtækja, en þau voru þrjú talsins árið 2002. Fyrirtækin eru þessi (raforkunotkun 2002 tilgreind): Alcan á Íslandi, áður Ísal, 2.785 GWh, Íslenska járnblendifélagið, 1.039 GWh og Norðurál, 1.385 GWh. Áburðarverksmiðjan hf., sem áður var í þessum hópi, hefur dregið verulega úr raforkukaupum og fellur því ekki lengur undir skilgreiningu á stóriðjufyrirtæki, en hún miðast við 100 GWh raforkunotkun á ári.

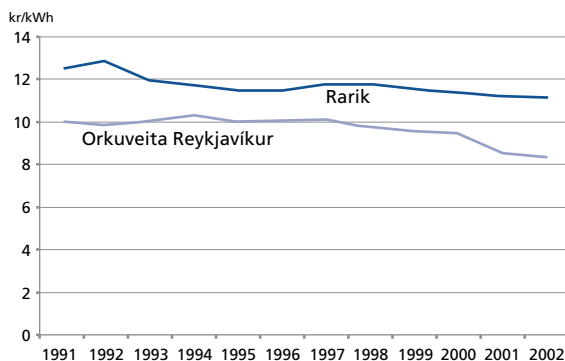


Mynd 15: Þróun raforkuverðs til stóriðju á verðlagi ársins 2002

Meðalverð á föstu verðlagi sem stóriðjufyrirtækin hafa greitt fyrir raforkuna hefur sveiflast mikið síðastliðinn áratug eins og sjá má á mynd 15. Ástæðan er sú að verðið er bundið sérsamningum um tengingu við markaðsverð afurðanna. Til dæmis hefur orkuverðið til Ísals verið háð heimsmarkaðsverði á áli og gengi



Bandaríkjadals. Frá og með árinu 1995 hætti Landsvirkjun að gefa upp meðalverð raforku til einstakra stóriðjufyrirtækja í ársskýrslum sínum og er það því eingöngu sýnt fyrir árin 1990-1994. Árið 2002 var meðalverð til stóriðju 1,25 kr/kWh.



Mynd 16: Smásöluverð á raforku samkvæmt almennum taxta á verðlagi ársins 2002

Raforka í smásölu er seld eftir mörgum mismunandi töxtum eftir því um hvers konar notkun er að ræða. Undir almennan taxta, þ.e. notkun heimila, verslana, stofnana o.fl., falla tæplega 20% af raforkusölu Rarik og meira en helmingur af



raforkusölu Orkuveitu Reykjavíkur. Þróun smásöluverðs raforku samkvæmt almennum taxta hjá Rarik og Orkuveitu Reykjavíkur síðasta áratug er sýnd á mynd 16. Þar er virðisaukaskattur meðtalinn í verðinu. Miðað við leiðréttingu á grundvelli neysluverðsvisítölu hefur smásöluverð á raforku samkvæmt almennum taxta lækkað lítillega þennan áratug.

9.2 Húshitun

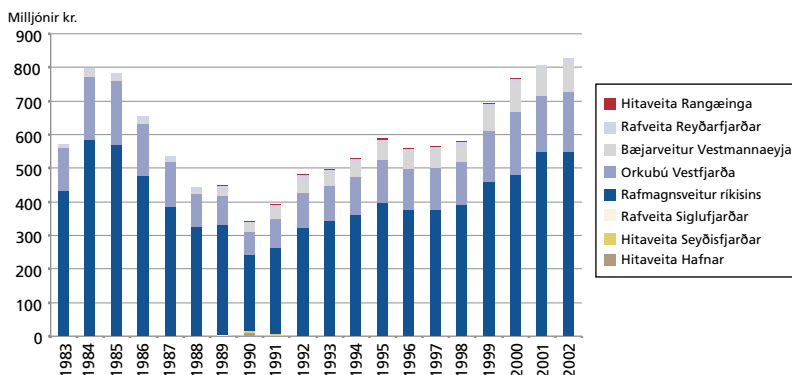
Hitaveitum hérlendis má í grófum dráttum skipta í tvo hópa, annars vegar þær sem nota jarðhita eins og algengast er og hins vegar kyntar hitaveitur, sem nota raforku eða olíu til að hita vatn í kyndistöðvum. Flestar hitaveitur sem nota jarðhita selja heitt vatn eftir mældri notkun (m^3). Nokkrar nota þó ennþá hemlakerfi, þ.e. selja eftir skammtaðri hámarksnotkun (mínútu líturum). Rafkyntu veiturnar selja aftur á móti vatn eftir magni og orku (kr/kWh). Vegna þessa mismunar í sölufyrirkomulagi er mjög erfitt að bera saman húshitunarkostnað milli veitna. Með því að gefa sér ákveðnar forsendur um dæmigerðan notanda er þó hægt að reikna orkuverð frá einstökum hitaveitum. Niðurstöðurnar sýna að mikill munur er á húshitunarkostnaði og orkuverði eftir hitaveitum, eða á bilinu 0,50–2,80 kr/kWh eftir því hvaða hitaveita á í hlut. Tekið skal fram að þessi munur endurspeglar e.t.v. ekki raunverulegan mun á kostnaði við húshitun, enda hafa ýmsir aðrir þættir áhrif á hann, t.d. orkusparnaður hjá þeim sem búa við hátt orkuverð.

Eins og áður hefur komið fram er hlutur jarðhita í húshitun hér á landi um 87%. Á veitusvæðum þriggja rafveitna er húshitun þó að verulegu leyti með beinni rafhitun. Þessar veitur eru Rarik, Orkubú Vestfjarða og Rafveita Reyðarfjarðar. Miðað við 32.887 kWh, sem hefur verið notað sem viðmiðun við vísitölu-útreikninga, var orkuverð til neytenda við beina rafhitun frá 1. ágúst 2003 2,66 kr/kWh hjá Rarik og 2,54 kr/kWh hjá Orkubúi Vestfjarða að meðtöldum virðisaukaskatti.

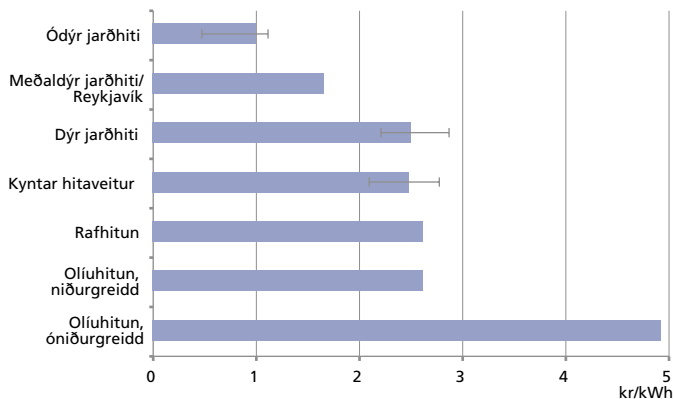
Frá árinu 1982 hefur raforka til hitunar íbúðarhúsa verið greidd niður af ríkinu og orkufyrirtækjum. Tilgangurinn er að jafna orkuverð í landinu og ná niðurgreiðslurnar til þeirra svæða sem njóta ekki hitunar með jarðhita. Þetta á við um veitusvæði Rafmagnsveitna ríkisins, Vestfirði, Vestmannaeyjar og Reyðarfjörð. Raforkan er greidd niður í gegnum orkufyrirtækin og þeirra njóta bæði þeir sem eru með beina rafhitun og þeir sem fá heitt vatn frá kyntum hitaveitum.

Hinn 8. maí 2002 tóku gildi lög um niðurgreiðslu húshitunarkostnaðar. Áður hafði ekki verið til löggjöf sem mælti fyrir um hvernig þessum fjármunum skyldi ráðstafað eða hvernig eftirliti með ráðstöfun fjáris skyldi háttað. Því þótti brýnt að skapa lagagrundvöll fyrir niðurgreiðslurnar. Meginskilyrði fyrir niðurgreiðslu er að um sé að ræða íbúðarhúsnæði utan veitusvæða hitaveitna sem nýta jarðhita. Einnig þarf að vera föst búseta í íbúðinni. Atvinnuhúsnæði og sumarhús falla því utan þessa flokks. Nýmæli í lögnum er að hitun með olíu er niðurgreidd þar sem ekki er um aðra kosti að ræða. Annað nýmæli í lögnum er að raforka frá smávirkjunum og raforka á varmadælur er niðurgreidd að uppfylltum ákveðnum skilyrðum.

Sú upphæð sem varið er til niðurgreiðslna árlega hefur hækkað mikið að undanfögnu og á árinu 2003 er áætlað að verja 847 milljónum króna í þessu skyni. Til viðbótar veita Landsvirkjun og Rarik viðskiptavinum sínum sérstakan afslátt þannig að árleg heildarupphæð niðurgreiðslna gæti numið um einum milljarði króna. Frá upphafi árið 1982 hefur ríkið varið sem svarar 11 milljörðum króna til niðurgreiðslna á verðlagi ársins 2003. Mynd 17 sýnir árlegar niðurgreiðslur á þessu tímabili, umreiknaður til verðlags 2002 miðað við vísitölu neysluverðs, og hvernig þær hafa skipst á orkufyrirtækin. Niðurgreiðsla ríkissjóðs á taxtanum rofin daghitun var árið 2003 2,23 kr/kWh og greiðist fyrir allt



Mynd 17: Niðurgreiðslur á raforku til húshitunar 1983-2002 á verðlagi 2002



Mynd 18: Samanburður á orkuverði til hitunar íbúðarhúsnæðis

að 50.000 kWh á ári. Á marktaxta nemur niðurgreiðslan 1,59 kr/kWh og greiðist fyrir allt að 70.000 kWh á ári. Hámark niðurgreiðslna er því hið sama á þessum töxtum.

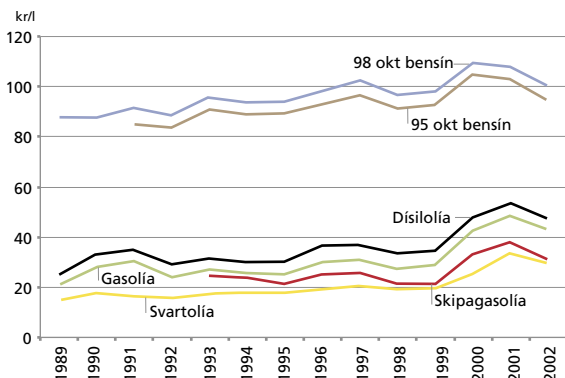
Hlutur olíu í húshitun landsmanna hefur minnkað mjög mikið frá því sem áður var, eða úr um 45% árið 1973 í um 1,5% árið 2002. Orkuverð til hitunar með olíu var um mitt ár 2003 um 4,90 kr/kWh.

Á mynd 18 er sýnt yfirlit yfir orkuverð til hitunar íbúðarhúsnæðis að meðtöldum virðisaukaskatti. Í yfirlitinu kemur fram að almennt eru hitaveitur landsins með lægsta verði til húshitunar. Rafkyntu veiturnar og rafveitur með beina rafhitun skipa sér í verðflokk með dýrustu hitaveitunum. Aðeins lítill hluti olíuhitaðra húsa uppfyllir skilyrði um niðurgreiðslur (Grímsey og nokkrir minni staðir), en þar er orkuverð sem notendur greiða það sama og greitt er fyrir rafhitun. Olíuhitun sem ekki nýtur niðurgreiðslna er áberandi dýrari en aðrir kostir.

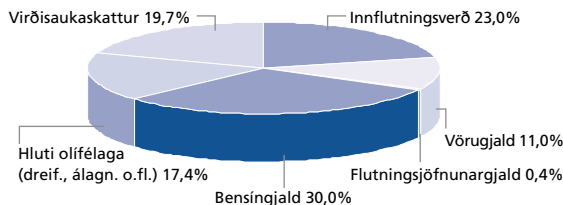
Ef lítið er á þróun orkuverðs til húshitunar á föstu verðlagi síðastliðinn áratug kemur í ljós að ekki hafa orðið miklar breytingar á þessu tímabili, ef frá eru taldar sveiflur í olíuverði. Þó hefur orkuverð hjá dýrum jarðhitaveitum og rafhitun, sem hefur haldist nokkuð í hendur, heldur lækkað síðustu ár. Orkuverð fyrir hitun með gasolíu hefur sveiflast mjög mikið. Áður var hitun með galsolíu jafnvel lægra en verðið hjá dýrum hitaveitum en hefur allt frá 1996 verið mun hærra.

9.3 Eldsneyti

Miklar sveiflur hafa verið á heimsmarkaðsverði hráolíu á undanförunum árum. Eftir töluverðar verðlækkningar 1997 og 1998 varð meira en þreföldun á verðinu á næstu tveimur árum. Þessar sveiflur hafa óhjákvæmilega komið fram í olíuverði hér á landi. Á mynd 19 er sýnd þróun ársmeðalverðs bensíns og olíu á verðlagi ársins 2002. Samsetning útsóluverðs á bensíni hér á landi í júní 2003 er sýnd á mynd 20, en þá var verð á 95 okтана bensíni 95,30 kr. lítrinn.



Mynd 19: Eldsneytisverð á verðlagi ársins 2002

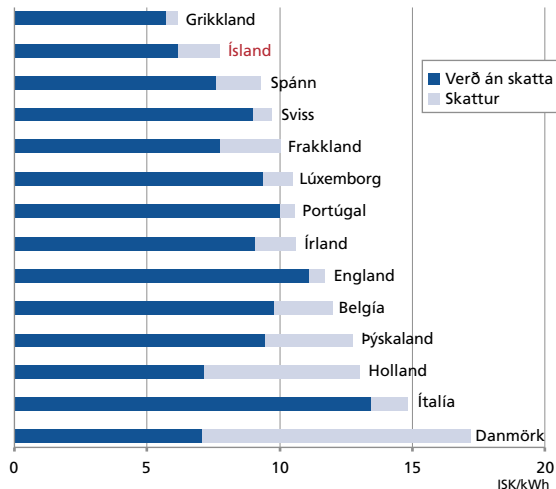


Mynd 20: Samsetning útsöluverðs á bensíni í júní 2003

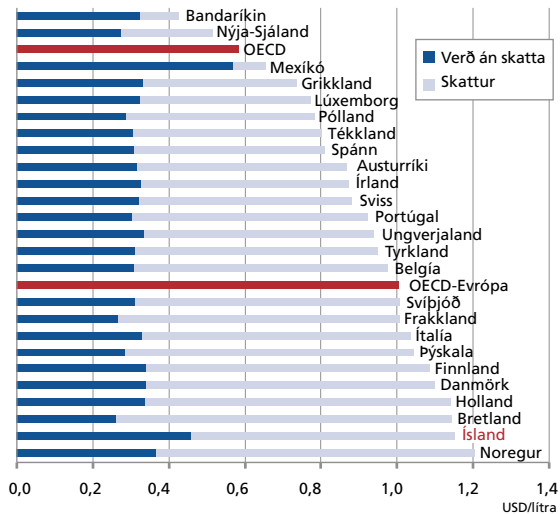
9.4 Erlendur samanburður

Á mynd 21 er sýndur samanburður á raforkuverði til almennrar heimilisnotkunar í Vestur-Evrópu. Þar er byggt á gögnum frá Eurelectric, Raforkusamtökum Evrópu. Gert er ráð fyrir 3.500 kWh ársnotkun. Vakin skal athygli á að í gögn Eurelectric vantar upplýsingar m.a. frá Noregi, Svíþjóð og Finnlandi. Í þessum samanburði er raforkuverðið á Íslandi næst lægst. Aðeins í Grikkland er verðið lægra. Athygli kekur hátt verð í Danmörku, en það skýrist af mikilli skattlagningu. Hliðstæður samanburður á raforkuverði til iðnaðar sýnir að verðið á Íslandi er í meðallagi hátt miðað við önnur Evrópulönd.

Á mynd 22 er sýndur alþjóðlegur samanburður á verði 95 oktana bensíns. Gögnin eru frá Alþjóða orkustofnuninni (International Energy Agency, IEA) að öðru leyti en því að verðið fyrir Ísland hefur verið reiknað út sérstaklega þar sem Ísland er ekki með í gögnum IEA. Á myndinni kemur fram að bensínverð á Íslandi er með því hæsta sem gerist meðal OECD-landa. Einungis í Noregi er bensínverð hærra.



Mynd 21: Raforkuverð til almennrar heimilisnotkunar í Vestur-Evrópu 1. janúar 2003



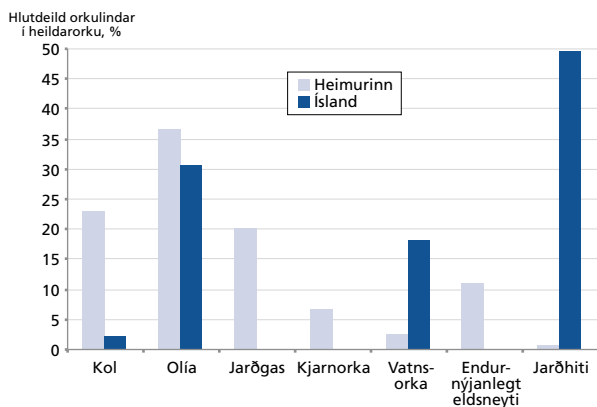
Mynd 22: Alþjóðlegur samanburður á meðalverði 95 oktana bensíns árið 2002



10 ÍSLENSK ORKUMÁL Í ALPJÓÐASAMHENGI

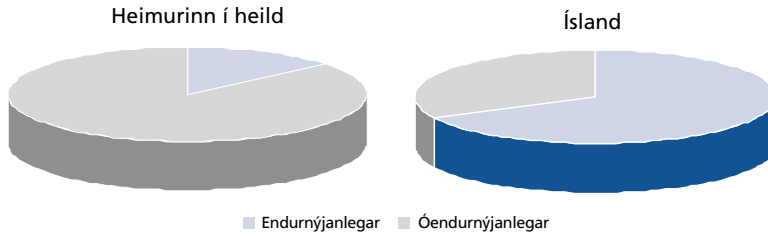
Sem fyrr segir er orkunotkun á Íslandi, reiknuð á hvern íbúa landsins, með þeirri mestu sem þekkist í heiminum. Árið 1998 var frumorkunotkun mannkynsins 68,7 GJ/mann að meðaltali, en frumorkunotkun hérlendis 401,5 GJ/mann. Frumorkunotkun þess hluta mannkynsins sem býr í iðnríkjunum var það ár 176,0 GJ/mann, en 31,8 GJ/mann í þróunarlöndunum. Á Íslandi var notuð það ár 2,3 sinnum meiri orka á mann en íbúar iðnríkjanna nota að meðaltali, 12,6 sinnum meiri en íbúar þróunarlandanna og 5,9 sinnum meira en jarðarbúar í heild. Frá 1998 hefur orkunotkun á mann enn aukist og var komin í um 500 GJ/mann árið 2002 eins og áður er getið.

Skipting frumorkunnar á orkulindir á Íslandi er einnig talsvert ólík því sem annars staðar gerist eins og mynd 23 sýnir. Aðeins hlutdeild olíunnar er svipuð hér og í heiminum öllum. Sumar orkulindir, svo sem jarðgas, kjarnorka og endurnýjanlegt eldsneyti, þ.e. eldiviður og aðrar plöntur og tað dýra, eru ekki nýttar. Vatnsorka sér fyrir margfalt stærri hlut orkunnar hérlendis en almennt tíðkast. Jarðhitinn hefur þó mesta sérstöðu. Á Íslandi var hlutdeild hans árið 1998 rúmlega hundraðfalt meiri en fyrir heiminn í heild og hann sá fyrir nær helmingi frumorkunnar það ár. Hvergi annars staðar í heiminum er hlutdeild hans neitt í námunda við það sem hún er hér á landi.



Mynd 23: Notkun frumorku í heiminum og á Íslandi 1998

Árið 1998 var hlutur endurnýjanlegra orkulinda í frumorkunni í heiminum 13,8% og óendurnýjanlegra orkulinda, fyrst og fremst eldsneytis úr jörðu, 86,2%. Fyrir Ísland var myndin nánast öfug árið 2002. Þar var hlutur endurnýjanlegra orkulinda 72,1% og óendurnýjanlegra 27,9%.



Mynd 24: Hluttur endurnýjanlegra og óendurnýjanlegra orkulinda

Að hluttur endurnýjanlegra orkulinda í heiminum var þó þetta hár er fyrst og fremst að þakka endurnýjanlegu eldsneyti, eldiviði, öðrum plöntum sem brennt er og taði dýra, sem eru 11% af þessum 13,8%. Þetta eru aðalorkugjafar meirihluta mannkyns, sem býr í þróunarlöndunum, en þar eru þessar orkulindir ofnýttar. Núverandi nýting þeirra þar er ekki sjálfbær til frambúðar. Það er hins vegar nýting íslensku orkulindanna og hana má stórauka án þess að ganga á hana.



11 FRAMTÍÐARHORFUR

Samkvæmt spám Orkuspárnefndar mun almenn raforkunotkun hér á landi aukast um nálægt 2% á ári næstu tvo til þrjá áratugin. Sé litið á raforkunotkun í heild ræðst þróunin fyrst og fremst af því hvort áframhald verður á uppbyggingu stóriðju hér á landi, enda er hlutur hennar þegar orðinn nær tveir þriðju raforkunotkunarinnar. Spáð er að innlend notkun bensíns og olíu muni aðeins aukast um 5% fram til ársins 2030, en að á sama tímabili muni olíunotkun vegna flutninga milli landa aukast um meira en 80%. Ekki er fyrirjáanleg mikil aukning í nýtingu jarðhita til hitunar umfram það sem hlýst af íbúapróun í landinu. Líklegt er að raforkuvinnsla með jarðhita haldi áfram að aukast, en það er m.a. háð þróun eftirspurnar eftir raforku og þar með uppbyggingu stóriðju.

Eins og fyrr segir er enn til mikið af óbeislaðri orku á Íslandi. Á það bæði við um orkulindir til raforkuvinnslu og til húshitunar. Þjóðin er fámenn og almennar þarfir hennar fyrir aukna orku vaxa því hægt. Umtalsverð nýting hinnar óbeislaðu orku byggist því á sértækri notkun.

Orkufrekur iðnaður héraendis hófst með gangsetningu Áburðarverksmiðjunnar rétt upp úr miðri síðustu öld, en fyrst þó fyrir alvöru með álveri Ísals, sem tók til starfa 1969. Árið 2002 fóru um tveir þriðju hlutar allrar raforkuvinnslu til stóriðju og uppi eru áform um allt að þreföldun umsvifa í stóriðju. Tæknilega er hægt að ganga enn lengra á þessari braut.

Hugmyndir um lagningu sæstrengs til Stóra-Bretlands eða meginlands Evrópu

hafa verið á döfinni í nær hálfa öld. Tæknilega er þetta mögulegt, enda þótt slíkur kapall yrði a.m.k. helmingi lengri en lengsti sæstrengur sem lagður hefur verið. Lauslegar kannanir benda til að strengurinn yrði dýr, kostnaður álíka mikill og bygging orkuveranna til að útvega honum orku. Þar sem ending slíkra strengja er minni en orkuveranna myndi kostnaðarverð raforkunnar ríflega tvöfalda við flutning um strenginn. Á hinn bóginn er sívaxandi eftirspurn eftir „grænni orku“ í Evrópu og fáist meira greitt fyrir hana en aðra raforku kann lagning slíks strengs að verða arðbær. Að auki væri slík tenging til styrktar raforkukerfi okkar.

11.1. Vetni

Raforku má nota með ýmsu móti til að framleiða eldsneyti, en einkum er horft til vetnis í því sambandi. Undanfarna áratugi hefur hagkvæmni slíkrar framleiðslu verið athuguð reglulega, en niðurstöður sýna að ennþá er það ekki hagkvæmt. Í upphafi nýrrar aldar virðist þó vera ör þróun í nýtingu vetnis sem orkuþera. Er þá einkum vísað til þróunar á sviði efnarafala, sem geta breytt orku vetnis beint í rafmagn. Á grundvelli tillagna nefndar sem iðnaðarráðherra skipaði var fyrirtækið Íslensk nýorka stofnað. Fyrirtækið er að meirihluta í eigu íslenskra aðila, orkufyrirtækja, Nýsköpunarsjóðs og ríkisins. Evrópusambandið hefur sýnt vetnismálum mikinn áhuga og veitt yfir 200 milljónum króna í verkefni sem snýst um að gera tilraun með þrjú vetnisknúna strætisvagna í Reykjavík. Íslenska ríkið hefur einnig lagt umtalsvert fé til verkefnisins, svo og stórfyrirtækin DaimlerChrysler, Norsk Hydro og Shell Hydrogen. Í apríl 2003 var formlega opnuð vetnisstöð sem veitir almenningi aðgang að vetni fyrir bifreiðar. Þessari stöð er einnig ætlað að þjóna strætisvögnunum sem komu til landsins í október 2003. Ljóst er að það er flókið ferli að skipta út hefðbundnum orkugjöfum fyrir vetni og gæti tekið áratugi þó sýnt verði fram á hagkvæmni þess. Ör tækniþróun kann þó að breyta myndinni þannig að innan nokkurra áratuga verði skynsamlegt og hagkvæmt að knýja farartæki og fiskiskip almennt með innlendu eldsneyti. Í stefnuræðu ríkisstjórnar þeirrar sem tók við völdum í maí 2003 segir: „Stefnt skal að frekari áföngum í vetnisvæðingu þjóðarinnar og að í framtíðinni byggist orkunotkun landsmanna á endurnýtanlegum orkugjöfum og verði þannig sjálfbær.“

12 ÍTAREFNI

12.1 Mælieiningar orku

SI-einingakerfið er lögboðið kerfi mælieininga hér á landi. Samkvæmt því er grunneining fyrir orku júl (e. joule) (J) og grunneining fyrir afl watt (W). Afleiningin watt er orku-eining á sekúndu eða $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$. Sem margfeldiseiningar eru notaðar grunneiningarnar eða aukaeiningar með forskeytum samkvæmt töflu 5.

Venja er að tilgreina raforku í aukaeiningunni wattstund (Wh) eða margfeldi af henni. Samhengið milli wattstundar og júla er: $1 \text{ Wh} = 3,6 \text{ kJ}$. Almennt gildir að ein wattstund með tilteknu forskeyti er 3,6 júl með næsta forskeyti fyrir ofan. Þannig er t.d. $1 \text{ GWh} = 3,6 \text{ TJ}$ og $1 \text{ TWh} = 3,6 \text{ PJ}$. Tafla 6 sýnir samhengi grunneiningar SI-kerfisins fyrir orku, júlsins, við tvær einingar, kWh og ktoí, sem ekki tilheyra SI-kerfinu en eru oft notaðar í umræðum um orkumál. Tölurnar sýna hvað hver eining í dálkinum til vinstri er margar einingar í efstu línu töflunnar.

Tafla 5: Margföldunarforskeyti SI-kerfisins fyrir orkueneingar

Forskeyti	Tákn	Margfeldi grunneiningar
Exa	E	10^{18}
Peta	P	10^{15}
Tera	T	10^{12}
Gíga	G	10^9
Mega	M	10^6
Kíló	k	10^3

Tafla 6: Samband SI-einingakerfisins og tveggja annarra eininga

	J	kWh	ktoí
J	1,0000	$2,7778 \times 10^7$	$2,3885 \times 10^{14}$
kWh	$3,6000 \times 10^6$	1,0000	$8,5985 \times 10^8$
ktoí	$4,1868 \times 10^{13}$	$1,1630 \times 10^7$	1,0000

12.2 Rit

1. Árni Ragnarsson, 2000. Geothermal Development in Iceland 1995-2000. World Geothermal Congress, Japan, 28. maí til 10. júní 2000.
2. Iðnaðar- og viðskiptaráðuneyti, 1998. Álit samstarfsnefndar um orkurannsóknáætlun. Rit 98-8.
3. Orkuspárnefnd, 2000. Raforkuspá 2000-2025. Orkustofnun-2000/063.
4. Orkuspárnefnd, 2001. Eldsneytisspá 2001-2030. Orkustofnun-2001/040.
5. Sigurjón Rist: *Íslensk vötn 1*. Raforkumálastjóri, Vatnamælingar. Reykjavík 1956.
6. Sigurjón Rist: *Vatns er þörf*. Bókaútgáfa Menningarsjóðs. Reykjavík 1990.
7. Sveinn Þórðarson: *Auður úr iðrum jarðar*. Saga hitaveitna og jarðhitánýtingar á Íslandi. Hið íslenska bókmenntafélag. Reykjavík 1998.
8. Valgarður Stefánsson og Elías B. Elíasson. *Samnýting orkulinda*. Erindi flutt á afmælisráðstefnu Orkustofnunar „Orkuvinnsla í sátt við umhverfið“ í október 1997. Orkustofnun-1998/005.

9. Orkuþing 2001: Orkumenning á Íslandi. Grunnur til stefnumótunar. Erindi og veggspjöld á Orkuþingi 11.-13. október 2001. Dreifing: Samorka.
10. Multiple Intergrated Uses of Geothermal Resources. Proceedings of the International Geothermal Conference IGC-2003, Reykjavík 14.-17. September 2003. Editors: Einar Tjörvi Elíasson og Páll Ingólfsson.

12.3 Íslenskar vefsíður

Orkustofnun: www.orkustofnun.is
Iðnaðarráðuneytið: www.idnadaraduneyti.is
Fjárfestingastofa, orkusvið: www.invest.is
Hitaveita Suðurnesja: www.hs.is
Íslensk nýorka: www.newenergy.is
Íslenskar orkurannsóknir: www.isor.is
Jarðboranir hf.: www.jardboranir.is
Landsvirkjun: www.lv.is
Norðurorka: www.nordurorka.is
Orkubú Vestfjarða: www.ov.is
Orkuveita Húsavíkur: www.oh.is
Orkuveita Reykjavíkur: www.or.is
Rammaáætlun: www.landvernd.is/natturuafll
Rarik: www.rarik.is
Samorka: www.samorka.is
Selfossveitur: www.selfossveitur.is

12.4 Erlendar vefsíður

Eurelectric (Raforkusamtök Evrópu): www.eurelectric.org
International Energy Agency-IEA (Alþjóða orkustofnunin): www.iea.org
World Energy Council-WEC (Alþjóða orkuráðið): www.worldenergy.org
Energy Information Administration (Upplýsingamiðstöð bandaríska orkumálaráðuneytisins): www.eia.doe.gov
European Energy Network (Evrópskt tengslanet um orkunýtni og endurnýjanlega orku) www.fz-juelich.de
The Directorate-General for Energy and Transport (Orkumálaskrifstofa Evrópusambandsins): www.europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/index_en.html

12.5 Lög á vefnum

Lagasafn Alþingis: www.althingi.is/vefur/lagasafn.html
Raforkulög: www.althingi.is/altext/stjt/2003.065.html
Lög um Orkustofnun: www.althingi.is/altext/stjt/2003.087.html
Lög um Íslenskar orkurannsóknir: www.althingi.is/altext/stjt/2003.086.html
Vatnalög: www.althingi.is/lagas/nuna/1923015.html

Lög um rannsóknir og nýtingu auðlinda í jörðu:

www.althingi.is/lagas/nuna/1998057.html

Lög um leit, rannsóknir og vinnslu kolvetnis:

www.althingi.is/lagas/nuna/2001013.html



Grensásvegi 9, - 108 Reykjavík
Sími 569 6000 - os@os.is
www.orkustofnun.is



IÐNAÐAR- OG
VIÐSKIPTARÁÐUNEYTI

Arnarhváli - 150 Reykjavík
Sími 545 8500 - postur@ivr.stjr.is
www.idnadarraduneyti.is