

# Orkustefna

## fyrir Ísland

**FRUMDRÖG**

---

*Stýrihópur um mótun heildstæðrar orkustefnu*  
*2010-05-25*

---

## Efnisyfirlit

1	Inngangur .....	4
1.1	Um orkustefnu .....	4
1.2	Framkvæmd .....	5
1.3	Endurskoðun.....	6
1.4	Haghafar og samráðsaðilar.....	6
2	Helstu hugtök .....	7
3	Leiðarljós og meginmarkmið orkustefnu .....	11
4	Sjálfbærni og orkustefna .....	12
4.1	Þrjár stoðir sjálfbærrar þróunar .....	12
4.1.1	Verndun náttúru og umhverfis.....	13
4.1.2	Samfélagslegir þættir .....	13
4.1.3	Hagrænir þættir .....	13
5	Orkuþörf mætt með öruggum hætti .....	15
5.1	Neyðarsamstarf raforkukerfisins .....	15
5.2	Náttúruhamfarir .....	15
5.3	Slys og atburðir af mannavöldum .....	16
5.4	Afhendingaröryggi raforku.....	16
5.5	Jarðvarmi.....	17
5.6	Innflutningur eldsneytis.....	17
5.7	Fjölbreytni orkugjafa .....	18
5.8	Orkugögn, tölfræði og spár.....	19
6	Virðing fyrir náttúru og sérkennum .....	21
6.1	Verndargildi náttúru.....	21
6.2	Verðgildi náttúru .....	21
6.3	Skipuleg forgangsröðun virkjanakosta .....	22
6.4	Uppbygging og rekstur virkjana.....	23
6.4.1	Jarðvarmavirkjanir .....	23
6.4.2	Vatnsaflsvirkjanir.....	23
7	Þjóðin njóti arðs af auðlindum .....	25
7.1	Leiga á vatns- og jarðhitaréttindum.....	25
8	Hámörkun þjóðhagslegrar hagkvæmni.....	27
8.1	Innflutningur eldsneytis.....	27
8.2	Orkusparnaður.....	28

8.3	Bætt nýting vatnsafls .....	29
8.4	Bætt nýting jarðvarma .....	29
8.5	Sæstrengir til flutnings raforku milli markaða .....	30
9	Uppbygging fjölbreytts atvinnulífs .....	32
9.1	Virkjanakostnaður og kaupendur .....	32
9.2	Stytttri og fyrirsjáanlegri ferli .....	34
9.3	Fjölbreyttara orkuframboð .....	35
9.4	Heildsölumarkaður .....	36
9.5	Iðngarðar .....	36
9.6	Sérþekking og reynsla .....	36
10	Skuldbindingar í loftslagsmálum .....	37
10.1	Útstreymi vegna raforkuframleiðslu .....	37
10.2	Notkun jarðefnaeldsneytis í samgöngum og sjávarútvegi .....	38
10.3	Viðskiptakerfi með losunarheimildir .....	38
11	Jarðefnaeldsneyti .....	40
11.1	Viðbúnaðarbirgðir .....	41
11.2	Innlend framleiðsla – minni notkun innflutts jarðefnaeldsneytis .....	41
11.2.1	Lífeldsneyti .....	42
11.2.2	Vetni .....	43
11.2.3	Tvinnbílar .....	43
11.2.4	Rafbílar .....	44
12	Sjálfbær nýting auðlinda .....	46
12.1	Sjálfbær nýting vatnsorku .....	46
12.2	Sjálfbær nýting jarðhita .....	47
13	Fræðsla, rannsóknir og alþjóðlegt samstarf .....	49
13.1	Fræðsla .....	49
13.1.1	Jarðhitaskóli Háskóla Sameinuðu þjóðanna .....	49
13.2	Rannsóknir .....	49
13.3	Alþjóðlegt samstarf .....	49
14	Orkumál Íslendinga – yfirlit, tölfræði .....	50
14.1	Orkulindir .....	50
14.1.1	Vatnsorka og jarðhiti .....	50
14.1.2	Sjávarfallaorka .....	53
14.1.3	Vindorka .....	53
14.1.4	Aðrar orkulindir .....	53
14.2	Orkunotkun .....	53



---

# 1 Inngangur

## 1.1 Um orkustefnu

Þann 18. ágúst 2009 skipaði iðnaðarráðherra, Katrín Júlíusdóttir, **stýrihóp um mótun heildstæðrar orkustefnu**. Samkvæmt erindisbréfi var hópnum ætlað að:

- *Ná heildaryfirsýn yfir mögulegar orkulindir landsins, aðferðir og tækni við nýtingu þeirra, hugsanleg umhverfisáhrif og sjálfbærni nýtingarinnar ásamt rekstrarlegri og þjóðhagslegri hagkvæmni.*
- *Fara sérstaklega yfir möguleika og hugsanlegar aðferðir stjórnvalda til þess að stjórna nýtingu orkunnar m.t.t. sjálfbærni, efnahagslegrar uppbyggingar og stöðugleika.*
- *Stýrihópurinn skal sérstaklega fjalla um möguleika á að nýta orkulindirnar og sérþekkingu okkar og reynslu á sviði orkumála til atvinnuuppbyggingar á næstu árum.*
- *Stýrihópurinn skal skoða möguleika á samvinnu við aðrar þjóðir í orkumálum og gera tillögur um aðgerðir stjórnvalda til að efla slíka samvinnu ef hagkvæmt er talið.*
- *Stýrihópurinn skal gera tillögu að forgangsörðun á nýtingu orkunnar með hliðsjón af áherslum og markmiðum ríkisstjórnarinnar, s.s. í aðgerðaráætlun ríkisstjórnarinnar í loftslagsmálum. Móta skal skýra stefnu og markmið um minnkandi notkun jarðefnaeldsneytis og losun koltvísýrings með betri orkunýtni, orkusparnaði, hagrænum hvötum og með því að þróa og nýta vistvæna orkugjafa fyrir bifreiðar, tæki og skip.*
- *Meta stöðu Íslands með tilliti til orkuöryggis og viðbúnaðar til að bregðast við utanaðkomandi aðstæðum.*
- *Kortleggja fræðslu og rannsóknir á sviði orkumála og gera tillögur um samstarfsvettvang sem kanni möguleika á betri samhæfingu og samstarf[i] mismunandi starfseininga.*
- *Stýrihópurinn skal í starfi sínu leitast við að skilgreina og tímasetja markmið og kennistærðir þannig að hægt sé að mæla þróun og árangur á sviði orkunýtingar og minni umhverfisáhrifa.*

Í stýrihópinn voru skipuð þau Vilhjálmur Þorsteinsson, formaður, Bergur Sigurðsson, Brynhildur Davíðsdóttir, Guðni A. Jóhannesson, Guðrún Jóna Jónsdóttir, Gunnar Tryggvason og Salvör Jónsdóttir. Með hópnum starfaði Helga Barðadóttir sérfræðingur hjá iðnaðarráðuneytinu.

## 1.2 Framkvæmd

Orkustefnan er sett fram sem heildstæð en almenn stefnumótun á sviði orkumála og orkubúskapar. Sett eru fram meginmarkmið, undirmarkmið og ábendingar um leiðir, ásamt tillögum að mælistikum og tímarömmum þar sem við á. Leiðirnar eru ekki útfærðar í smáatriðum, enda ekki á valdi stýrihóps um mótun orkustefnu að gefa bein fyrirmæli til löggjafa, stjórnssýslu, sveitarfélaga eða einkaaðila.

Eftir atvikum og eðli máls hverju sinni koma eftirfarandi framkvæmdaleiðir til greina, meðal annarra:

- **Lög.** Þar sem um grundvallaratriði er að ræða, þarf að grípa til nýrrar lagasetningar eða breytinga á gildandi lögum. Dæmi um þetta er útfærsla á afgjaldi fyrir auðlindir á landi í ríkiseigu.
- **Reglugerðir.** Í ýmsum tilvikum má breyta reglugerðum eða laga þær að markmiðum orkustefnunnar, til dæmis varðandi ýmis konar leyfisveitingar og fresti sem tengjast virkjanaframkvæmdum.
- **Eigendastefna orkufyrirtækja í eigu ríkisins.** Sem eigandi orkufyrirtækja skipar ríkið stjórnir þeirra og ákveður eigendastefnu, sem mótar áherslur og gildi stjórnanna og þar með fyrirtækjanna. Orkufyrirtækin eru, og eiga að vera, í virkri samkeppni á markaði, sem setur því viss takmörk hvers konar stefnumiðum er hentugt að ná fram með eigendastefnu. Þó eru þar tiltekin atriði sem telja má að opinbert eignarhald kalli beinlínis á að séu vel skilgreind, til dæmis varðandi ýmis konar jafnræðissjónarmið, gagnsæi og varðandi ásættanlega áhættu í rekstri.
- **Hagrænir hvatar.** Með „gulrótum og prikum“, það er jákvæðum og neikvæðum hagrænum hvötum, geta stjórnvöld haft áhrif á hegðun á markaði í þá átt sem samræmist heildarhag og sjálfbærnimarkmiðum. Þó þarf að fara með gát til að varast ófyrirséðar afleiðingar (*unintended consequences*) sem leiða af sér sóun.
- **Opinberar framkvæmdir.** Framkvæmdavaldið getur tekið að sér að koma tilteknum stefnumiðum í verk á eigin spýtur, á kostnað skattgreiðenda, en með því fororði að samfélagslegur ávinningur sé meiri en tilkostnaðurinn.
- **Samstarf** við félagasamtök, fyrirtæki og einstaklinga. Hrinda má ýmsum stefnumiðum í framkvæmd með samstarfi ríkis og/eða sveitarfélaga við félagasamtök, fyrirtæki og áhugasama einstaklinga á viðkomandi sviði. Ein einföld aðferð til að virkja „grasrót“ er að láta henni í té opin gögn og upplýsingar sem unnt er að byggja frekara starf á, og/eða virkja hópa til hugmyndasmíði og tillögugerðar (*crowdsourcing*).
- **Umræða og hugarfarsbreyting.** Í mörgum tilvikum má ná fram breytingum á hegðun í samfélaginu með umræðu og hugarfarsbreytingu. Þetta getur tekist ef hugmyndir og stefnumið eru skýr og sannfærandi, og sett fram vel og skipulega.

### 1.3 Endurskoðun

[TBD]

### 1.4 Haghafar og samráðsaðilar

Eftirfarandi gestir komu á vinnufundi stýrihópsins:

- Þórður Hilmarsson frá Fjárfestingarstofu (*Invest in Iceland*).
- Karl Axelsson og Dýrleif Kristjánsdóttir frá nefnd á vegum forsætisráðuneytis sem fjallar um leigu á vatns- og jarðhitaréttindum í eigu ríkisins.
- Svanfríður Jónasdóttir formaður verkefnisstjórnar rammaáætlunar um vernd og nýtingu náttúrusvæða með áherslu á vatnsafl og jarðhitasvæði.
- Magnús Jónsson fv. veðurstofustjóri, sem hefur kynnt sér orkustefnu Nýja-Sjálands.
- Hörður Arnarson forstjóri Landsvirkjunar.
- Hugi Ólafsson frá umhverfisráðuneyti, formaður samninganefndar Íslands í loftslagsmálum.
- Ingi Már Pálsson frá iðnaðarráðuneyti, sem fulltrúi nefndar um endurskoðun raforkulaga.

**Sjálfbær þróun** er íslensk þýðing á enska orðasambandinu *sustainable development*. Með sjálfbærri þróun er leitast við að mæta þörfum samtímans án þess að draga úr möguleikum komandi kynslóða til þess að mæta sínum þörfum. Skírskotun til orkuauðlinda er augljós en hugtakið tekur yfir mun breiðara svið og byggir á þremur meginþáttum eða víddum, sem tengjast innbyrðis: *efnahagslegri þróun, samfélagslegri þróun og verndun umhverfis*.

Sjálfbær þróun orkukerfa hefur síðan 2002 verið talin ein af meginforsendum þess að heimsbyggðin færist í átt til sjálfbærni. Samkvæmt International Energy Agency og International Atomic Energy Agency er sjálfbær orkuþróun skilgreind sem *nægt framboð tryggjar og umhverfissvænnar orku á viðráðanlegu verði í samræmi við þarfir félagslegrar og hagrænnar þróunar*.

**Sjálfbærar orkulindir** eru þær sem hægt er að nýta með sjálfbærum hætti í takt við endurnýjun þeirra. Þá er annars vegar átt við að ganga ekki svo á endurnýjalega orkulind að hún hafi ekki undan að endurnýjast, og hinsvegar að nýtingin sem slík leiði til hagræns og samfélagslegs ábata án þess að spilla náttúru og umhverfi.

**Endurnýjanlegar orkulindir** Að öllu jöfnu eru meginorkulindir Íslands, jarðhiti og vatnsorka, flokkaðar sem endurnýjanlegar. *Endurnýjanleiki* lýsir eiginleikum orkulindar, það er að hún geti í eðli sínu endurnýjað sig hraðar eða á sama hraða og hún er notuð. Sjálfbærni er mun víðara hugtak, sem tengist því hvernig nýtingu orkulindarinnar er háttáð, þ.e. hvort svo hóflega sé gengið á endurnýjalega orkulind að hún nái að endurnýjast, að umhverfisáhrif séu lágmörkuð og að nýtingin skili samfélagslegum ábata auk hins hagræna.

**Verðgildi náttúru** Í náttúrunni eru fólgin mikil *verðmæti*, svokölluð náttúrugæði. Þau verðmæti eru bæði bein og óbein, sum sem við nýtum beint en önnur sem við njótum og/eða eigum sem höfuðstól. Sum þessara verðmæta ganga kaupum og sölum, en önnur eru nýtt án þess að neytandinn greiði fyrir notin. Til að leggja mat á náttúrugæði er hentugt að skilgreina þá *þjónustu* sem þau veita samfélaginu (*ecosystem services*).

Náttúra og umhverfi veitir margvíslega þjónustu, sem aftur getur verið bein eða óbein. Bein þjónusta er í formi aðfanga, svo sem efna eða orku. Óbein þjónusta er ekki síður mikilvæg og getur verið í formi miðlunar og hreinsunar vatns, jarðvegsmyndunar, viðhalds líffræðilegs fjölbreytileika og bindingar kolefnis. Þessa þjónustupætti er hægt að meta sameiginlega þegar nýtingarstefna er mótuð fyrir ákveðin svæði.

Sum umhverfisgæði eiga sér markað og er því hægt að fá mat á verðgildi út frá markaðsverði. Slíkt á við um flesta beina þjónustu, svo sem aðföng. Önnur umhverfisgæði, svo sem flest óbein þjónusta, eru ófánleg á markaði og þarf því aðrar leiðir til þess að leggja mat á verðgildi, enda eru verðmæti náttúru að hluta til huglæg. Þróaðar hafa verið aðferðir til þess að leggja fjárhagslegt mat á



náttúrugæði sem fórna þyrfti við tiltekna framkvæmdir, sem hluta af heildstæðum arðsemisútreikningi þeirra. Alþjóðabankinn hefur, í samvinnu við Alþjóðasamband um náttúruvernd (*International Union for Conservation of Nature*, IUCN), gefið út leiðbeiningar um verðmat á þjónustu vistkerfa. **[Tilvísun]**.

**Hrein orka** Með hreinni orku er yfirleitt átt við að framleiðsluferli orkunnar, t.d. raforku, valdi ekki umtalsverðri efnamengun. Með hugtakinu hrein kolaorka eða *clean coal*, sem er enn þrengra, er átt við að þeim koltvísýringi sem verður til við kolabrennslu í orkuverum sé safnað saman og fargað, t.d. með því að dæla honum djúpt í jörð þar sem hann geymist undir þrýstingi.

**Vistvæn orka** Ferill orkunnar frá orkulindum, í flutningi og dreifingu (e.t.v. í mismunandi formi) og að lokum endanleg notkun hennar, felur oftast í sér margs konar neikvæð áhrif á vistkerfi og umhverfi. Með vistvænni orku er átt við að þessi neikvæðu áhrif séu umtalsvert minni en af öðrum ríkjandi orkuferlum hverju sinni.

**Ágeng nýting** Hugtakið ágeng nýting hefur verið notað í tvenns konar skilningi. Annars vegar þegar gengið er á auðlindir almennt með þeim hætti að fyrirsjáanleg endimörk nýtingarinnar séu í sjónmáli. Hins vegar er talað um ágenga nýtingu sem hluta af hagkvæmu vinnsluferli þar sem tímabundið er gengið á forða einstakra vinnslusvæða eða svæðishluta, sem þá ekki ná að endurnýja sig og þarf því að hvíla eftir ákveðinn vinnslutíma.

**Samfélagslegur ábati** (e. *social benefit*) er samanlagður ábati allra einstaklinga í samfélaginu af verkefni eða viðskiptum, óháð því hvort þeir eru beinir þátttakendur eða ekki í viðkomandi verkefni eða viðskiptum.

**Hagkvæm nýting** hámarkar hagnað samfélagsins, þ.e. samfélagslegan ábata að frádregnum samfélagslegum kostnaði. Samfélagslegur ábati fellst í auðlindarentu og öðrum hagnaði sem til verður vegna tiltekinnar nýtingar auðlinda. Samfélagslegur kostnaður nær til kostnaðar vegna umhverfisrasks, valréttargildis auðlinda<sup>1</sup>, mengunar og annarra áhrifa af nýtingu sem draga úr nytsemd fólks.<sup>2</sup>

**Sannjarnt endurgjald** vísar til þess að eignarhald auðlinda sé í höndum almennings og að auðlindarentunni sé skilað til eigenda auðlindanna. Sá sem nýtir auðlindina á tilkall til eðlilegs hagnaðar af fjárfestingu sinni vegna nýtingarinnar, en ekki af auðlindinni sjálfri sem slíkri. Einnig getur krafa um sanngirni falið í sér að tekið sé tillit til samfélagslegra sjónarmiða við ákvörðun um umfang verkefna og um nýtingarstefnu. Sem dæmi gæti sjálfbær nýting verið samfélagslega mikilvæg þó hún sé ekki hagkvæmasta nýtingarstefna fyrir einkaaðila.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Valréttargildi er virði þess að eiga möguleika á nýtingu í framtíðinni, hugsanlega með einhverjum hætti sem nú er óþekktur.

<sup>2</sup> Þessi skilgreining er úr samantekt Friðriks Más Baldurssonar og Daða Mús Kristóferssonar: *Hagkvæmt fyrirkomulag á leigu og gjaldtöku fyrir vatns- og jarðhitaréttindi í eigu ríkisins*. Unnið að beiðni nefndar um fyrirkomulag leigu á vatns- og jarðhitaréttindum í eigu ríkisins, desember 2009.

<sup>3</sup> *Ibid.*, lítillaga umorðað.

**Fjölbreytt atvinnulíf** Með fjölbreyttu atvinnulífi er átt við að margir og ólíkir atvinnuvegir myndi efnahagslegar stoðir samfélagsins. Æskilegast er að atvinnuvegir hafi ólíka eiginleika hvað hagsveiflur varðar, þannig að samdráttur eða þensla í einum þeirra sé í sem minnstu orsakasambandi við samdrátt eða þenslu í öðrum. Fjölbreytt atvinnulíf dregur þannig úr efnahagslegri áhættu, eykur stöðugleika og styður við sjálfbærni.

**Orkuberi** er efni sem getur geymt orku, þannig að unnt sé að nota hana seinna og/eða flytja hana milli staða. Yfirleitt er um að ræða efni eða efnasambönd sem kostar orku að vinna (t.d. vetni sem er rafgreint úr vatni) eða umbreyta í orkuríkara form (t.d. metanól sem umbreytt er úr koltvísýringi), en þessa orku má losa að verulegu leyti aftur úr orkuberanum með bruna eða öðrum efnaferlum.

**Orkuverð** Raforkuverð til endanotenda er samkvæmt núverandi löggjöf frjálst og háð samkeppnislögmálum. Það samanstendur af söluverði framleiðanda, sem er háð samkeppni á markaði, og verði fyrir flutning og dreifingu, sem tekur mið af kostnaði vegna fjárfestinga og reksturs kerfanna. Flutningsfyrirtæki (í dag Landsneti) eru sett ákveðin tekjumörk sem Orkustofnun ákveður í samræmi við lög<sup>4</sup>. Í þessu samhengi er skilið á milli þess kostnaðar sem fellur til vegna stórnotenda annars vegar og vegna almennrar notkunar (smásölu) hins vegar.

Verð á heitu vatni til notenda ákvarðast af kostnaðarverði. Verðlagning er á höndum orkuveitna. Gjaldskrár hitaveitna sem hafa einkaleyfi til dreifingar á veitusvæðinu eru staðfestar af iðnaðarráðuneyti. Sérstaklega er fjallað um kostnaðarskiptingu milli raforkuframleiðslu og orku til hitaveitna þar sem sama orkuverið afhendir hvorttveggja.

**IEA International Energy Agency**, Alþjóða orkumálastofnunin, var stofnuð undir handarjaðri Efnahags- og framfararstofnunarinnar (OECD) í olíukreppunni á 8. áratugnum. Upphaflegt markmið stofnunarinnar var að hafa eftirlit með olíubirgðum aðildarríkjanna. Með breyttum áherslum í orkumálaum þjóða hefur hlutverkið breyst og horfir stofnunin nú til þátta svo sem loftslagsmála, orkuöryggis, nýrra orkulausna og endurnýjanlegrar orku. Stofnunin safnar umfangsmiklum gögnum um orkutölfræði. Ísland er eitt fjögurra aðildarlanda OECD sem ekki á aðild að IEA.<sup>5</sup>

**SP** Sameinuðu þjóðirnar.

**GHL** Gróðurhúsalofttegundir. Lofttegundir sem valda gróðurhúsaáhrifum í lofthjúpi jarðar, þ.e. fanga varmageislun frá sólu og frá yfirborði jarðar í lofthjúpinum, og stuðla með því að hærra meðalhitastigi á jörðinni en ella væri. Ein helsta gróðurhúsalofttegundin er koltvísýringur (CO<sub>2</sub>), en aðrar slíkar eru m.a. metan (CH<sub>4</sub>) og efnaflokkur sem kallast einu nafni klórflúorkolefni (*chlor-fluor-carbons*, CFC).

**J** Joule, eining fyrir vinnu (*work*); 1 J er sú vinna sem framkvæmd er þegar kraftur upp á eitt Newton verður til þess að færa hlut um einn metra.

<sup>4</sup> Sjá m.a. 12. gr. raforkulaga nr. 65/3003, <http://www.althingi.is/lagas/nuna/2003065.html>

<sup>5</sup> Sjá <http://www.iea.org/>

**W**Watt, eining fyrir orkuumbreytingu (*energy conversion*), samsvarar Joule á sekúndu (J/s).

**kW**kilówatt, 1.000 wött.

**MW**megawatt, 1.000 kW, 1.000.000 wött.

**GW**gígawatt, 1.000 MW, 1.000.000.000 wött.

**TW**terawatt, 1.000 GW, 1.000.000.000.000 wött.

**kWh** eða **kWst** kílówattstund, orkuumbreyting á hraðanum 1.000 wött sem stendur í eina klukkustund.

**MWh** eða **MWst** megawattstund, 1.000 kWh.

**GWh** eða **GWst** gígawattstund, 1.000 MWh.

**TWh** eða **TWst** terawattstund, 1.000 GWh.

---

### 3 Leiðarljós og meginmarkmið orkustefnu

Orkustefnan er byggð þannig upp að fyrst er sett fram **leiðarljós** eða heildarsýn; síðan **meginmarkmið** sem eru í samræmi við leiðarljósið; og loks eru **leiðir** skilgreindar að þessum meginmarkmiðum.

Hér að neðan eru leiðarljósið og meginmarkmiðin dregin saman. Nánar er fjallað um þau í einstökum köflum orkustefnunnar.

#### Leiðarljós:

**Að orkubúskap Íslands verði hagað með sjálfbærum hætti, samfélaginu og almenningi til hagsbóta.**

#### Meginmarkmið:

- Orkuþörf Íslendinga verði mætt með öruggum hætti til lengri og skemmri tíma.
- Við nýtingu orkuauðlinda verði borin virðing fyrir umhverfi, náttúru og sérkennum landsins.
- Þjóðin njóti arðs af sameiginlegum orkuauðlindum.
- Þjóðhagsleg framlegð orkubúskaparins verði háværkuð.
- Orkuframboð henti fjölbreyttu atvinnulífi.
- Ísland taki að sér a.m.k. sams konar skuldbindingar og ríki ESB gagnvart loftslagssamningi SP.

## 4 Sjálfbærni og orkustefna

Leiðarljós orkustefnunnar er að orkubúskap Íslands verði hagað með sjálfbærum hætti, samfélaginu og almenningi til hagsbóta.

Hér er *sjálfbærnin* lykilhugtak, sem ber að túlka í viðum skilningi. En grundvöllur þess er Brundtland-skilgreiningin<sup>6</sup>:

***Að leitast sé við að mæta þörfum samtímans án þess að draga úr möguleikum komandi kynslóða til þess að mæta sínum þörfum.***

### 4.1 Þrjár stoðir sjálfbærrar þróunar

Orkubúskapur Íslands á þannig að vera í samræmi við hinar þrjár stoðir eða víddir sjálfbærrar þróunar<sup>7</sup>:

- verndun náttúru og umhverfis;
- samfélagslegan ávinning, sátt og réttlæti; og
- efnahagslegt öryggi, stöðugleika og jafnvægishagvöxt.

Meginmarkmið orkustefnunnar tengjast þessum þremur víddum með eftirfarandi hætti:

Meginmarkmið	Umhverfis- þættir	Samfélags- legir þættir	Hagrænir þættir
Orkuþörf Íslendinga verði mætt með öruggum hætti til lengri og skemmri tíma.		●	●
Við nýtingu verði borin virðing fyrir náttúru og sérkennum landsins.	●	●	●
Þjóðin njóti arðs af sameiginlegum orkuauðlindum.		●	●
Þjóðhagsleg framlegð orkubúskaparins verði háværkuð.		◐	●
Orkuframboð henti fjölbreyttu atvinnulífi.	◐	◐	●
Ísland taki að sér a.m.k. sams konar skuldbindingar og ríki ESB gagnvart loftslagssamningi SP.	●	◐	◐

<sup>6</sup> Sjá skýrslu nefndar SP um umhverfi og þróun, *Our Common Future* (1987): <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>

<sup>7</sup> Sjá t.d. punkt 48 (bls. 12) í niðurstöðum heimsráðstefnu SP 2005, *World Summit Outcome 2005*: <http://www.who.int/hiv/universalaccess2010/worldsummit.pdf>

#### 4.1.1 Verndun náttúru og umhverfis

Orkustefnan áskilur, að virkjanakostum sé forgangsraðað með kerfisbundnum og faglegum hætti. Við þá forgangsröðun og við nýtingu auðlinda sé borin virðing fyrir náttúru og sérkennum landsins. Hafa þarf hagsmuni komandi kynslóða í huga við stefnumótun og framkvæmd, og skila náttúru og umhverfi eins óspilltu og kostur er til þeirra. Ósnortin náttúra er einnig auðlind, sem skilar áþreifanlegum og óáþreifanlegum ávinningi.

Orkustefnan hvetur til fjölbreyttrar notkunar orkunnar, og þá ekki síst þeirrar sem lágmarkar mengun og/eða losun gróðurhúsalofttegunda. Að sama skapi þarf að draga úr notkun jarðefnaeldsneytis.

Orkustefnan kveður á um að við orkuvinnslu sé beitt bestu fáanlegri tækni hverju sinni þannig að dregið sé úr losun mengandi efna svo sem kostur er, og að orkan sé unnin og nýtt á sem skilvirkastan hátt.

#### 4.1.2 Samfélagslegir þættir

Orkustefnan miðar að því að efla öryggi og velferð samfélagsins og skila því ávinningi, og um hana þarf að ríkja víðtæk sátt til langs tíma. Mikilvægar forsendur slíkrar sáttar eru að þjóðin fái hverju sinni sanngjarnan arð af sameiginlegum auðlindum, og að gætt sé jafnvægis milli verndar- og nýtingarsjónarmiða.

Orkustefnan byggir á, að Íslendingar beri ekki aðeins ábyrgð gagnvart eigin samfélagi, heldur einnig gagnvart alþjóðasamfélaginu varðandi ábyrga nýtingu auðlinda, verndun óspilltrar náttúru og þátttöku í alþjóðlegri samvinnu, t.d. í loftslagsmálum.

Orkustefnan stuðlar að fjölbreyttu atvinnulífi með margs kyns atvinnutækifærum, en það er bakhjarl velferðarsamfélags sem nýjar kynslóðir Íslendinga kjósa að búa í.

#### 4.1.3 Hagrænir þættir

Meðal markmiða orkustefnunnar er að arður af sameiginlegum auðlindum sé hámarkaður til lengri tíma litið, og skili sér til samfélagsins, beint og óbeint. Að sama skapi þarf að hámarka þjóðhagslega framlegð orkubúskaparins, þannig að að hann mæti eftirspurn með lágmarks tilkostnaði, forðanotkun og álagi á viðskiptajöfnuð þjóðarinnar.

Orkustefnan hvetur til uppbyggingar fjölbreytts atvinnulífs á grundvelli orkuauðlindanna. Með því er áhættu dreift og samkeppni um orkuna eflað.

Úthlutun virkjanakosta þarf að vera gagnsæ og byggja á samkeppni á jafnræðisgrundvelli. Upphafsgjöld og afgangsgjöld af virkjaðri orku eiga að vera í samræmi við markmið um sjálfbæra þróun og hvetja til hennar.

Líta þarf til ávinnings ferðaþjónustu og annars atvinnulífs af sérstöðu hinnar íslensku náttúru og sérkennum landsins.

Hraði og taktur uppbyggingar þarf að vera hóflegur og jafn eftir því sem kostur er, þannig að komist sé hjá kollsteypum milli ofþenslu og samdráttar í atvinnulífi.

Orkustefnan miðar að því að minnka þörf fyrir innflutt jarðefnaeldsneyti. Með því er vöruskiptajöfnuður þjóðarbúsins bættur og áhætta í hagkerfinu minnkuð, en stórir hlutar þess reiða sig á stöðugt framboð olíuafurða.

## 5 Orkuþörf mætt með öruggum hætti

Eitt af grundvallarmarkmiðum orkustefnu hlýtur að vera að sjá til þess að orkuþörf samfélagsins sé mætt með öruggum og skilvirkum hætti.

Þar er átt við að næg orka, á viðeigandi og fjölbreyttu formi, sé jafnan fyrir hendi til að mæta þörfum heimila, grunnþjónustu og almenns atvinnulífs, hvort sem er í eðlilegu árferði eða við óvenjulegar aðstæður sem skapast kunna af völdum manna eða náttúru.

Orkuöryggi kann m.a. að vera ógnað við náttúruhamfarir, vegna skemmdarverka eða hryðjuverka, vegna slysa, óhappa eða stríðsástands, eða vegna truflunar á innflutningi eldsneytis sem m.a. getur tengst áðurnefndum orsökum eða hagrænum áhættuþáttum.<sup>8</sup>

### 5.1 Neyðarsamstarf raforkukerfisins

Með breytingum sem gerðar voru á raforkulögum árið 2008<sup>9</sup> var komið á laggirnar svonefndu neyðarsamstarfi raforkukerfisins (NSR), sem er samvinnuvettvangur vinnslufyrirtækja, flutningsfyrirtækis, dreifiveitna, stórnotenda og opinberra aðila á Íslandi, þ.m.t. Orkustofnun og iðnaðarráðuneyti, vegna vár sem steðjar að vinnslu, flutningi eða dreifingu raforku, og/eða stórnotendum. Nánar er kveðið á um starfsemina í samstarfsgrunni neyðarsamstarfs raforkukerfisins. Markmið hagsmunaaðila er að veita aðstoð og samræma aðgerðir í vá.

Þá er neyðarstjórnun skilgreind samkvæmt lögnum sem skipulag sem lýsir stjórnun í vá, en vá er atburður sem ógnar almannahag, öryggi fólks, mannvirkja og starfsemi, og kallar á að neyðarstjórnun verði gerð virk. Atburðurinn getur valdið stórfelldum truflunum á raforkuflutningi, framleiðslu eða dreifingu raforku á tilteknu svæði.

Á grundvelli framangreindra skilyrða raforkulaga ber þátttakendum í NSR að setja sér viðbragðsáætlun, sem er áætlun sem gerir grein fyrir aðgerðum og tengiliðum viðkomandi aðila í vá.

Umsjón NSR samstarfsins er í höndum Landsnets og annast fyrirtækið því samræmingu neyðaraðgerða í flutningskerfinu, ásamt því að bregðast við í vá og ef einhver aðili að NSR óskar þess, og tryggja tengsl við yfirstjórn almannavarna.

### 5.2 Náttúruhamfarir

Við náttúruhamfarir á borð við jarðskjálfta, eldgos, flóð og fárviðri geta orðið skemmdir á orkulindum, virkjanamannvirkjum, dreifikerfi, stjórnstöðvum, birgðastöðvum og öðrum þáttum orkukerfisins. Slíkar skemmdir geta haft í för

<sup>8</sup> Sjá m.a. *Áhættumatsskýrsla fyrir Ísland*, Utanríkisráðuneytið, mars 2009

<sup>9</sup> Sjá m.a. 3. og 9. gr. raforkulaga nr. 65/2003, <http://www.althingi.is/lagas/nuna/2003065.html>



með sér mikið tjón og öryggisbrest. Nauðsynlegt er að þekkja áhættuþætti fyrirfram, bæta úr veikum punktum og vinna viðbragðs- og viðlagaáætlanir.

- **Markmið**

Fyrir liggi á hverjum tíma uppfært heildstætt hættumat ásamt viðlaga- og viðbragðsáætlun vegna truflana af völdum náttúruhamfara í orkukerfi landsins.

- **Leiðir**

Hættumat og viðbragðsáætlun innifeli ekki aðeins raforkukerfið, undir hatti NSR, heldur einnig aðra þætti á borð við hitaveitur, olíubirgðir og –dreifingu.

### 5.3 Slyss og atburðir af mannavöldum

Meta skal hugsanlega hættu á að orkuöryggi sé ógnað af mannavöldum eða vegna slysa (svo sem bruna) og hvernig skuli bregðast við því. Sérstaklega skal horfa til viðkvæmra miðpunkta eða þéttipunkta í orkukerfinu, til dæmis í dreifikerfi og birgðastöðvum. Áhættugreining skal greina möguleg áföll, meta líkur á hverju þeirra fyrir sig, og tjón sem yrði í hverju tilviki. Forgangsráða þarf framkvæmdaatriðum með hliðsjón af margfeldi þessara þátta.

- **Markmið**

Fyrir liggi á hverjum tíma uppfært heildstætt hættumat ásamt viðlaga- og viðbragðsáætlun vegna truflana af völdum slysa eða atburða af mannavöldum í orkukerfi landsins.

- **Leiðir**

Hættumat og viðbragðsáætlun vegna slysa og atburða af mannavöldum innifeli ekki aðeins raforkukerfið, undir hatti NSR, heldur einnig aðra þætti á borð við hitaveitur, olíubirgðir og –dreifingu. Huga þarf að aðkomu Ríkislögreglustjóra að hættumati og viðbragðsáætlun.

### 5.4 Afhendingaröryggi raforku

Fjöldi rafmagnstruflana og heildarlengd straumrofs eru mælikvarði á afhendingaröryggi raforku. Á stærstum hluta landsins, þar sem flutningskerfið er hringtengt eða möskvatengt, er afhendingaröryggi gott; þar getur ein lína dottið út án þess að það valdi rafmagnsleysi. Landsnet hefur einnig möguleika á að skerða raforkuafhendingu til stóriðju ef meiriháttar truflun verður í raforkuframleiðslunni, t.d. ef ein virkjun dettur út, þannig að hætta á meiri háttar raforkuskorti fyrir almenna neytendur á Íslandi telst ekki vera mikil.

Á svæðum utan hringsins, t.d. á Vestfjörðum, er afhendingaröryggi lakara vegna þess að þar er svokölluð geislatenging, þ.e. að ein einungis ein lína, sem er undir miklu álagi vegna veðurfars, tengir Vestfirði við byggðalínuna.

- **Markmið**

Afhendingaröryggi raforku verði eins og best verður á kosið, hvarvetna á landinu.

- **Leiðir**

Flutnings- og dreifikerfi verði áfram styrkt til að auka afhendingaröryggi.

## 5.5 Jarðvarmi

Íslendingar nota jarðvarma m.a. til að hita hús, í rafmagnsframleiðslu, í iðnaði, í sundlaugar og í gróðurhúsum. Um 90% húsnæðis er hitað með hitaveitu frá jarðhitalindum, en um 10% með rafmagni. Hitun húsa er því í takmörkuðum mæli háð innfluttum orkugjöfum.

Tryggt framboð jarðvarma er mikilvægur þáttur orkuöryggis.

Nánar er fjallað um sjálfbæra nýtingu jarðhita í kafla 12.2.

- **Markmið**

Að vinnslugeta jarðvarmasvæða, einkum þeirra sem nýtast til húshitunar, sé tryggð til fyrirsjáanlegrar framtíðar, með gætilegri umgengni og sjálfbærri nýtingu.

- **Leiðir**

Fyrirkomulag útboða á nýjum jarðhitasvæðum tryggi að nýting þeirra verði með sjálfbærum hætti. Virkjanaleyfi séu tímabundin og skilyrt þannig að unnt sé að breyta vinnslunni og koma við hugsanlegum mótvægisáðgerðum í ljósi reynslunnar.

## 5.6 Innflutningur eldsneytis

Íslendingar nota innflutt jarðefnaeldsneyti til að knýja bílaflota, vélar og tæki, skip og flugvélar, auk iðnaðarnota.

Nægt framboð jarðefnaeldsneytis er forsenda öryggis á fjölmörgum sviðum, m.a. fæðuöryggis (vegna landbúnaðar, fiskveiða, innflutnings matvöru og vörudreifingar innanlands), almennra samgangna, löggæslu og sjúkraflutninga svo eitthvað sé nefnt.

IEA hefur skilgreint alþjóðlega viðbúnaðaráætlun<sup>10</sup> vegna hugsanlegrar truflunar á framboði olíu. Með aðild að IEA, og tilheyrandi fjárfestingu í birgðastöðvum og birgðum, gæti Ísland átt aðkomu að þeirri viðbúnaðaráætlun. Að sama skapi hefur Evrópusambandið sett reglur um lágmarks viðbúnaðarbirgðir aðildarlanda, sem Ísland uppfyllir ekki að svo stöddu.

---

<sup>10</sup> Sjá t.d. [http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/response\\_system.pdf](http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/response_system.pdf)

Í skýrslu um hugsanlega aðild Íslands að IEA<sup>11</sup> segir m.a.:

*Þegar tekin er afstaða til hagkvæmni aðildar þarf fyrst og fremst að meta hina fjárhagslegu hlið málsins, m.a. tjón fyrir atvinnulíf og þjóðarbú ef til tímabundins olíuskorts kæmi, kostnað við aukið olíubirgðahald til að uppfylla níutíu daga neyðarbirgðaskyldu Alþjóðaorkustofnunarinnar, nauðsyn þess að auka olíubirgðahald til muna hvort sem af aðild yrði eða ekki og hvert auknar líkur yrðu á olíusparnaði ef Ísland nyti aðhalds frá stofnuninni og fengi þar jafnóðum nýjustu upplýsingar um olíumál og orkumál almennt. Í þessu sambandi má nefna að réttar upplýsingar á réttum tíma geta komið að notum í sambandi við stefnumótun og þá um leið haft fjárhagslega þýðingu fyrir Íslendinga.*

Nánar er fjallað um jarðefnaeldsneyti og orkuöryggi í því sambandi í kafla 10.

#### ▪ **Markmið**

Orkuöryggi á sviði jarðefnaeldsneytis verði tryggt betur en nú er, í ljósi þess hve truflun á framboði þess getur haft víðtæk áhrif á Íslandi.

#### ▪ **Leiðir**

Leitast skal við að draga úr þörf fyrir innflutt eldsneyti svo sem kostur er. Þetta er í samræmi við markmið á öðrum sviðum stefnunnar, til dæmis hvað varðar loftslagsmál og hagræna sjálfbærni. Um leiðir í þessu sambandi er fjallað nánar í kafla 10.

Kannaðir verði möguleikar þess að Ísland gerist aðili að IEA, og viðbúnaðaráætlun stofnunarinnar vegna truflana á olíuframboði. Varsla neyðarbirgða er kostnaðarsöm og því þarf að meta ýmsa þætti varðandi kosti þess að gerast aðili að IEA.

## 5.7 Fjölbreytni orkugjafa

Íslendingar nota lítið aðra orkugjafa en vatnsafl, jarðvarma og innflutt jarðefnaeldsneyti, svo sem lífeldsneyti, vind eða orku sjávarfalla. Bein hagkvæmni slíkra orkugjafa virðist enn töluvert lakari en hagkvæmni raforkuframleiðslu úr jarðhita og vatnsorku.

Fjölbreytni orkugjafa er á hinn bóginn til þess fallin að auka orkuöryggi og eftir atvikum að draga úr þörf fyrir innflutt eldsneyti. Sama markmiði þjóna einnig fjölbreyttir möguleikar til dreifðari orkuvinnslu í smærri einingum víða um land<sup>12</sup>. Sem dæmi um slíkt má nefna metanframleiðslu í landbúnaði, smávirkjanir, vinnslu eldsneytis úr lífmassa, repju o.fl.

<sup>11</sup> Sjá *Skýrsla nefndar til að kanna málefni Alþjóðaorkustofnunarinnar*. Viðskiptaráðuneytið, 1980.

<sup>12</sup> Dreifð kerfi (e. *distributed systems*) eru að jafnaði áreiðanlegri og sveigjanlegri gagnvart breytingum en miðlæg kerfi (e. *centralized systems*).

- **Markmið**

Orkuöryggi og sjálfbærni verði eflað með því að fjölga tegundum orkugjafa eftir því sem raunhæft er hverju sinni, og hvetja til dreifðari, smærri orkuvinnslukosta jafnhliða öðrum.

- **Leiðir**

Hagrænum hvötum (m.a. sköttum og gjöldum) verði beitt til að hvetja til notkunar annarra orkugjafa en innflutts jarðefnaeldsneytis.

Laga- og reglugerðarumhverfi sé fremur hvetjandi en letjandi til uppbyggingar dreifðra smávirkjana og annarra fjölbreyttra orkugjafa.

Styrkt verði minni tilraunaverkefni til þess að byggja upp þekkingu og tengsl við erlenda aðila sem koma að þróun og nýtingu annarra orkugjafa.

## 5.8 Orkugögn, tölfræði og spár

Orkustofnun fylgist með orkunotkun í landinu og skilar með reglulegum hætti upplýsingum um nýtingu jarðhita og raforkuframleiðslu. Hjá Orkustofnun liggur mikið magn gagna og rannsóknaniðurstaðna um íslenskan orkubúskap, jarðfræði honum tengda o.fl.

Orkuspárnefnd var stofnsett árið 1975, og hafði í upphafi það hlutverk að gera samræmdar raforkuspár fyrir einstaka landshluta og landið í heild. Í dag eru þrjár hópar sem starfa undir orkuspárnefnd til að fjalla um einstaka orkugjafa, þ.e. raforkuhópur, jarðvarmahópur og eldsneytishópur. Hlutverk orkuspárnefndar er að samræma störf hópanna, taka saman almennar forsendur sem notaðar eru í öllum spánum og leggja meginlínurnar í starfinu.

- **Markmið**

Jafnan liggi fyrir uppfærð gögn og upplýsingar um orkubúskap landsins, þar á meðal framleiðslu, innflutning og notkun. Þessi gögn styðja við stefnumótun og ákvarðanir í samræmi við orkustefnu hverju sinni.

Almenningi og atvinnulífi gefist kostur á að búa til viðbótarverðmæti úr þeim margvíslegu gögnum og upplýsingum sem fyrir liggja um íslenskan orkubúskap, jarðfræði og tengdar rannsóknir.

- **Leiðir**

Reglulega séu teknar saman áreiðanlegar tölur sem sýna orkunotkun í landinu, orkukostnað, og hvernig orkunotkun dreifist á mismunandi orkubera og notkunarsvið. Framsetning sé í samræmi við alþjóðlega gagnasöfnun. Reglulegar spár um orkunotkun taki annars vegar mið af óbreyttu umhverfi og hins vegar af hugsanlegum stjórnunaraðgerðum, t.d. breyttum sköttum eða sérstökum ívilnunum.

Umsjón með orkuspám verði áfram í hendi Orkustofnunar og Orkuspárnefndar.

Opinber gögn sem tengjast orkubúskap Íslendinga verði almennt aðgengileg og opin almenningi og atvinnulífi til frekari úrvinnslu og verðmætasköpunar, nema þar sem rökstuddar ástæður eru fyrir öðru.

- *Tímarammi og mælistikur*

---

## 6 Virðing fyrir náttúru og sérkennum

### 6.1 Verndargildi náttúru

Lega Íslands og jarðfræði skapar náttúru landsins sérstöðu á heimsvísu, þar sem virkt gosbelti á úthafshrygg er hvergi aðgengilegt annars staðar í heiminum. Á miðhálandi Íslands eru einar stærstu óbyggðir Evrópu. Verndargildi og verðgildi óbyggða fer vaxandi þar sem þeim fer fækkandi á heimsvísu. Hér er því um fágæta og takmarkaða auðlind að ræða.

Þessi náttúrufarslega sérstaða felur jafnframt í sér fjölbreytt tækifæri til atvinnusköpunar, t.d. í ferðapjónustu, útivist og vísindum, sem meta verður til auðlinda engu síður en virkjanleg fallvötn og háhitasvæði. Mikilvægt er að í ákvarðanatöku um landnotkun sé lagt hagrænt og samfélagslegt mat á slíka valkosti til atvinnusköpunar, til lengri og skemmri tíma.

Svo vill til að þar sem virkjanlegt vatnsafl er að finna í einhverjum mæli er oft einnig stórbrotið og eftirsótt landslag. Að sama skapi einkennast háhitasvæði af fjölbreytilegum jarðmyndunum, hverum, hraunum, gígaröðum og eldfjöllum. Því má ætla að verndargildi náttúru á virkjanlegum stöðum sé alla jafna hátt í samanburði við önnur landsvæði.

### 6.2 Verðgildi náttúru

OECD, Efnahags- og framfarastofnun Evrópu, hefur talað fyrir því að *verðgildi náttúru* (eða *umhverfiskostnaður*; sjá skilgreiningu í kafla 2) sé fellt inn í ákvarðanatöku, sem hluti af hagrænni kostnaðar- og ábatagreiningu, við mat á frekari uppbyggingu í orkufrekum iðnaði á Íslandi.

Þó ber að hafa í huga að hagrænt mat á umhverfiskostnaði getur aldrei verið *eina* mælistikan þegar ákvarðanir um uppbyggingu eru teknar, heldur er aðeins ein af fjölmörgum breytum sem horft er til.

- **Markmið**

Við frekari uppbyggingu orkuvera og orkufreks iðnaðar á Íslandi verði áhrif á náttúrugæði metin hagrænt og heilðrænt.

Við ákvarðanatöku verði litið til umhverfiskostnaðar og verðgildis náttúru með skýrum hætti.

- **Leiðir**

Skylt verði sem hluti af umhverfismati áætlana að leggja hagrænt mat á áhrif á náttúrugæði vegna framkvæmda.

Gerðar verði leiðbeiningar um framkvæmd slíks mats, sem gætu m.a. byggt á leiðbeiningum Umhverfisstofnunar Bandaríkjanna (EPA), bandaríska vísindaráðsins (*National Academy of Sciences*), og Evrópusambandsins.

- **Tímarammi og mælistikur**

Skylt verði að framkvæma hagrænt mat á náttúrugæðum við framkvæmdir frá og með árinu **xxxx**.

### 6.3 Skipuleg forgangsröðun virkjanakosta

*Rammaáætlun um vernd og nýtingu náttúrusvæða með áherslu á vatnsafl og jarðhitasvæði er matsferli á virkjunarkostum og náttúrugæðum sem leitar málamiðlunar milli verndar, annarrar nýtingar náttúrugæða og orkuframkvæmda.*

Í mars 1999 kynnti ríkisstjórnin framkvæmdaáætlun undir kjörorðinu *Maður - nýting - náttúra; Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma*. Þar sagði m.a.

*Markmið Rammaáætlunarinnar er að leggja mat á og flokka virkjunarkosti, jafnt vatnsafls og háhita, meðal annars með tilliti til orkugetu, hagkvæmni og annars þjóðhagslegs gildis, samhliða því að skilgreina, meta og flokka áhrif þeirra á náttúrufar, náttúru- og menningarminjar svo og á hagsmuni allra þeirra sem nýta þessi sömu gæði. Með þessu móti sé lagður grundvöllur að forgangsröðun virkjunarkosta með tilliti til þarfar þjóðfélagsins hvað varðar atvinnustarfsemi, varðveislu náttúrugæða, styrkingu landsbyggðar og hagsmuna allra þeirra sem nýta þessi sömu gæði með sjálfbæra þróun að leiðarljósi.*

Markmið rammaáætlunar er að meta helstu virkjunarkosti samtímis og fjalla um áhrif þeirra á náttúru og minjar, umhverfi, hlunnindi og þróun byggðar áður en einstakir virkjunarkostir komast á undirbúningsstig, þ.e. áður en of miklu er til kostað og meðan nægur tími gefst til að velja á milli hugmynda. Slíkt frummat á umhverfisáhrifum aðstoðar orkufyrirtæki við að velja virkjunarkosti og er vegvísir um hönnun er sneiðir hjá skaðlegum umhverfisáhrifum og lágmarkar óþarfan fórnarkostnað. Einnig getur slíkt mat leitt í ljós hvar verndargildi er svo mikið að stjórnvöld vilji vernda einstök landsvæði með lögum. Loks gagnast matið skipulagsfyrirvöldum við að skipuleggja landnotkun.

Frummati á vegum rammaáætlunar er ekki ætlað að koma í stað ítarlegra mats sem lög um mat á umhverfisáhrifum kveða á um. Það ætti hins vegar að beina athygli og fjármagni að þeim kostum sem líklegastir eru til að standast mat á umhverfisáhrifum og vera í samræmi við markmið um sjálfbærni.

- **Markmið**

Hverju sinni liggi fyrir forgangsröðun virkjanakosta með tilliti til þarfar þjóðfélagsins hvað varðar atvinnustarfsemi, varðveislu náttúrugæða, styrkingu

landsbyggðar og hagsmuna allra þeirra sem nýta þessi sömu gæði með sjálfbæra þróun að leiðarljósi.

Forgangsröðun virkjanakosta taki jafnframt til annarra kosta en vatnsafls- og jarðvarmavirkjana, ef raunhæfir teljast, svo sem sjávarfallavirkjana.

- **Leiðir**

Nýting virkjanakosta sé ákveðin í skipulegu, samræmdu ferli, þar sem gætt er að almannahagsmunum og hvatt til sjálfbærrar meðferðar auðlinda með hagrænum hvötum. Þegar um er að ræða auðlindir á ríkislandi (eða sveitarfélaga eftir atvikum) skal tryggt að almenningur fái arð af auðlindinni sem ræðst í samkeppni á markaði, svo sem með útboðs- eða uppboðsferli, eins og nánar er fjallað um í kafla 7.

- **Tímarammi og mælistikur**

[TBD]

## 6.4 Uppbygging og rekstur virkjana

### 6.4.1 Jarðvarmavirkjanir

Við uppbyggingu og rekstur jarðvarmavirkjana þarf að gæta m.a. að efnamengun, til dæmis vegna brennisteinssambanda og skaðlegra lofttegunda. Þá þarf að huga að sjálfbærni og endurnýjunarhæfni jarðhitaforðans sem gengið er á, sbr. umfjöllun í kafla 12.2 um sjálfbæra nýtingu jarðhita.

Við gjaldtöku vegna jarðvarmavirkjana, sbr. kafla 7.1, kemur til álita að beita hvötum til að tryggja að umgengni við jarðhitaforðann sé með ábyrgum hætti, til dæmis þannig að gefinn sé afsláttur af afgangi vegna vökva sem skilað er aftur niður í jarðhitageymi.

- **Markmið**

Jarðhitavirkjanir noti bestu fánlegu tækni hverju sinni til að takmarka efnamengun eins og kostur er.

Gjaldtökulíkan vegna jarðhitavirkjana feli í sér hvata til gætilegrar og ábyrgrar umgengni við jarðhitaforðann og umhverfi almennt.

- **Leiðir**

Útboðsferli nýrra jarðhitasvæða tryggi að nýting þeirra verði með sjálfbærum hætti. Virkjanaleyfi séu tímabundin og skilyrt þannig að hægt sé að breyta vinnslunni og beita hugsanlegum mótvægisaaðgerðum í ljósi reynslunnar.

### 6.4.2 Vatnsaflsvirkjanir

Rekstur vatnsaflsvirkjana hefur margvísleg umhverfisáhrif, til dæmis í og við miðlunarlón, og í og við árfarvegi neðan virkjana. Því er mikilvægt að eftirlit og



vöktun vatnakerfa sem eru undir áhrifum virkjana og miðlunarlóna sé með fullnægjandi hætti.

- **Markmið**

Að vatnsföll og miðlunarlón verði nýtt með lágmarks áhrifum á náttúru og umhverfi og að vinnslugeta þeirra sé tryggð til fyrirsjáanlegrar framtíðar.

Að vöktun og eftirlit með vatnakerfum sem eru undir áhrifum virkjana og miðlunarlóna séu skipuleg og viðvarandi.

- **Leiðir**

Útboðsferli nýrra vatnasvæða tryggi að nýting þeirra verði með sjálfbærum hætti. Virkjanaleyfi séu tímabundin og skilyrt þannig að hægt sé að breyta vinnslunni og beita hugsanlegum mótvægisaaðgerðum í ljósi reynslunnar.

## 7 Þjóðin njóti arðs af auðlindum

### 7.1 Leiga á vatns- og jarðhitaréttindum

Auðlindir jarðvarma og vatnsafls á Íslandi eru takmörkuð gæði. Stór hluti þeirra er í eigu hins opinbera (ríkis og sveitarfélaga) og fyrirtækja á þess vegum.

Allt fram til 2003, þegar Ísland innleiddi löggjöf ESB um samkeppni í orkuvinnslu, var nær öll raforkuvinnsla í höndum fyrirtækja í opinberri eigu. Með því fyrirkomulagi var í raun álitid að þjóðin, eigandi auðlindarinnar, nyti auðlindarentunnar í formi lægra orkuverðs og/eða arðs af fyrirtækjunum. Með tilkomu samkeppni og aðkomu einkafyrirtækja að greininni hefur þetta breyst og skýrari reglur um leigu á vatns- og jarðhitaréttindum eru nauðsynlegar.

Í þessu ljósi skipaði forsætisráðherra nefnd árið 2008<sup>13</sup>, sem hafði það hlutverk að gera tillögur um fyrirkomulag á leigu á vatns- og jarðhitaréttindum í eigu íslenska ríkisins. Nefndin skilaði tillögum sínum í marsmánuði 2010.

Nefndin byggir á og er sammála um nokkrar grundvallarforsendur:

- 1) Að þeim réttindum sem um ræðir verði ekki ráðstafað nema með tímabundnum hætti.
- 2) Að ríkið eigi undantekningarlaust að taka gjald fyrir rétt til nýtingar þessara auðlinda.
- 3) Að liðka eigi eftir föngum fyrir því að hin tímabundna ráðstöfun til tiltekins aðila verði framlengd hafi viðkomandi staðið við þau skilyrði sem sett voru og nýtt auðlindina með ábyrgum hætti.
- 4) Að það sé grundvallaratriði að þegar ríkið býður tímabundinn afnotarétt af tilteknum auðlindakosti, sé það gert með gagnsæjum hætti og með jafnræðissjónarmið að leiðarljósi.
- 5) Að reynt sé eftir föngum að binda með formlegri hætti en gert hefur verið réttarstöðuna vegna afnota þeirra auðlindakosta ríkisins sem þegar eru nýttir af hálfu opinberra aðila, og fá þá jafnframt gjald fyrir nýtingu þeirra.<sup>14</sup>

#### ▪ *Markmið*

Orkuauðlindir á svæðum í eigu ríkis og sveitarfélaga verði áfram í opinberri eigu.

Þjóðin, eða ríkissjóður í hennar umboði, hafi sanngjarnan arð af auðlindum á svæðum í eigu ríkis (og sveitarfélaga eftir atvikum).

<sup>13</sup> Sjá III. bráðabirgðaákvæði laga nr. 58/2008, <http://www.althingi.is/altext/stjt/2008.058.html>

<sup>14</sup> Sjá *Fyrirkomulag varðandi leigu á vatns- og jarðhitaréttindum í eigu íslenska ríkisins*, forsætisráðuneyti, mars 2010; <http://www.forsaetisraduneyti.is/media/Skyrslur/leiga-a-vatns-og-jardhitarettindum.pdf>

Nýtingarleyfum verði úthlutað með gagnsæjum hætti á grundvelli samkeppni og jafnræðis, með það að markmiði að ná fram sem mestri sátt, hagkvæmni og skilvirkni.

#### ▪ **Leiðir**

Að virkjanakostir séu skilgreindir með faglegum hætti, þeim forgangsraðað (sbr. umfjöllun um Rammaáætlun í kafla 6.3), og svo boðnir út í hóflegum takti við eftirspurn og aðstæður í hagkerfinu.

Að nýtingarleyfi verði til hóflegs tíma, til dæmis 40 ára í senn.

Að gjaldtaka verði í grundvallaratriðum sem hér segir, sbr. tillögur nefndar um fyrirkomulag varðandi leigu á vatns- og jarðhitaréttindum:

1. Ákveðið *grunnjald* sem ríkið ákveður í tengslum við útboð sem ávallt yrði að greiða og svarar að lágmarki til þess umhverfiskostnaðar sem talið er að fórnað sé með nýtingunni, og auk þess eftir atvikum rannsóknar- og öðrum undirbúningskostnaði.
2. *Viðbótarendurgjald*, sækist fleiri en einn aðili eftir viðkomandi kosti og til uppboðs kemur.
3. Hluta af *auðlindarentunni* þegar verkefnið er farið að skila slíkum umframardi.

Viðmið um sjálfbærni verði hluti af útboðsskilmálum og skilyrðum þeirra leyfa sem veitt verða.

Í þeim tilvikum þar sem ríkið hefur, yfirleitt með samningum, ráðstafað auðlindum af þessum vettvangi til annarra og óskyldra aðila, svo sem sveitarfélaga, annarra félaga, sem ekki eru þá alfarið í ríkiseigu, eða einstaklinga, vari slíkir samningar út líftíma sinn í samræmi við efni sitt, en eftir atvikum verði þeim samningum sem uppsegjanlegir eru sagt upp og auðlindinni síðan ráðstafað í samræmi við orkustefnu. Eftir atvikum mætti bjóða einstökum afnotahöfum að fá útgefið leyfi í samræmi við stefnuna.<sup>15</sup>

#### ▪ **Tímarammi og mælistikur**

[TBD]

<sup>15</sup> Sjá *Helstu niðurstöður nefnar um fyrirkomulag varðandi leigu á vatns- og jarðhitaréttindum í eigu ríkisins*, <http://www.forsaetisraduneyti.is/frettir/nr/4172>

## 8 Hámörkun þjóðhagslegrar hagkvæmni

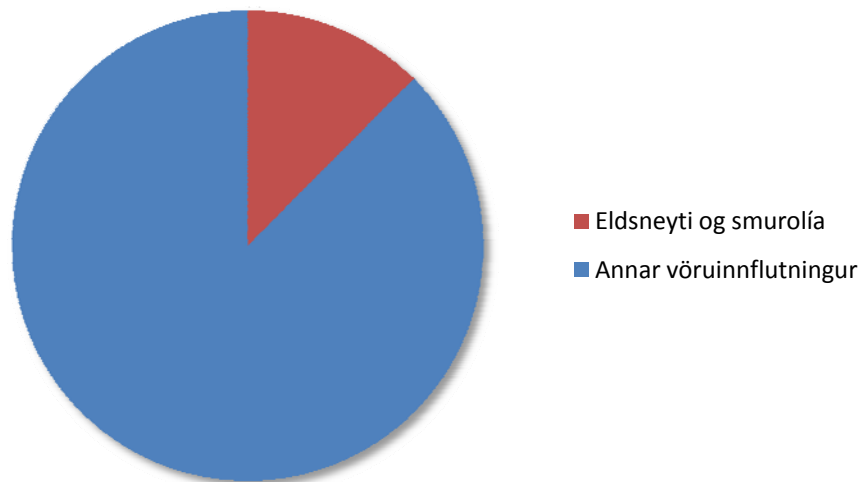
Þjóðhagsleg hagkvæmni orkubúskaparins er hámörkuð þegar þeirri þörf sem orkan er nýtt til að uppfylla, er mætt með sem minnstum tilkostnaði, beinum og óbeinum. Sparnaður á þessu sviði leiðir til þess að meira fé eða forði verður laust til að mæta öðrum þörfum.

Því er mikilvægt að leita leiða til að mæta þörf landsmanna fyrir samgöngur, hlýjar vistarverur, daglegt líf, og vörur og þjónustu atvinnulífs, með sem minnstum tilkostnaði við orkuna sem notuð er. Hér er átt við hvers kyns orkusparnað – t.d. sparneytnari ökutæki og aukna hlutdeild almenningsgangna – en einnig skipti á óhagkvæmum orkugjöfum og eldsneytistegundum fyrir hagkvæmari, og bætta nýtingu orkulinda.

### 8.1 Innflutningur eldsneytis

Innflutningur eldsneytis vegur tiltölulega þungt í vöruinnflutningi þjóðarinnar og þar af leiðandi í viðskipta- og gjaldeyrisjöfnuði hennar. Verðmæti innflutts eldsneytis og smurolíu var 51 milljarðar króna (FOB) árið 2009. Allur vöruinnflutningur nam 410 milljörðum (FOB) sama ár.<sup>16</sup>

#### Innflutningur 2009 (FOB)



Mynd 1: Innflutningur 2009 (FOB)

Nægur gjaldeyrisafgangur þarf að vera hverju sinni til að greiða fyrir innflutninginn; að öðrum kosti veikist íslenska krónan með tilheyrandi efnahagslegum afleiðingum.

<sup>16</sup> Heimild: Hagstofa Íslands.

Af þessum ástæðum, meðal annarra, eykur það hagræna sjálfbærni að draga sem mest úr þörf fyrir innflutta orkugjafa, auk þess sem það er í samræmi við markmið í umhverfis- og loftslagsmálum og markmið um orkuöryggi.

Ítarlega er fjallað um jarðefnaeldsneyti, og markmið og leiðir til að minna notkun og innflutning þess, í kafla 11.

## 8.2 Orkusparnaður

Miklar framfarir hafa orðið á undanförunum árum þegar kemur að orkunotkun tækja. Heimilistæki og algeng skrifstofutæki fást nú merkt með orkumerkingum sem leiðbeina neytendum við að velja vörur sem nota sem minnsta orku. En neytendur geta einnig lagt sitt af mörkum með því að nota tæki og búnað þannig að sem minnst orka fari til spillis. Dæmi um slíkt eru ljósastýring og að slökkva einfaldlega á tækjum sem ekki eru í notkun.

Vinnubrögð við matargerð og þvotta skipta einnig máli. Í atvinnuhúsnæði og öðrum byggingum geta orkusparandi perur, hreyfiskynjarar og tímarofar sparað talsverða orku. Víða í fyrirtækjum eru tækifæri til betri orkunýtingar í sérhæfðum og orkufrekum búnaði. Greining á orkupörf og orkunotkun fyrirtækja er fyrsta skrefið og leiðir til úrbóta eru síðan fundnar í framhaldi af því.

Hérlendis er raforka notuð til húshitunar á svokölluðum köldum svæðum. Það er kostnaðarsamara en að nota jarðhita og því hefur verið skoðað hvernig draga megi úr rafhitun. Tilraunir hafa verið gerðar með varmadætur og gefa þær góða raun við að minnka þörf á rafhitun<sup>17</sup>. Betri einangrun húsa og orkustýring gefa einnig góða raun, og á það einnig við um byggingar sem hitaðar eru með jarðvarma.

- **Markmið**

Að draga úr orkukostnaði.

Að ganga hægar á auðlindir.

- **Leiðir**

Að hvetja almenning til að fylgjast með orkunotkun heimila og gera ráðstafanir til að draga úr henni, svo sem með bættri einangrun húsa og nýtnari raftækjum.

Að hvetja fyrirtæki, sérstaklega meðalstóra og stóra notendur, til orkusparnaðar og bættrar nýtingar, og skipta á innfluttu eldsneyti yfir í innlenda orku.

- **Tímarammi og mælistikur**

[TBD]

---

<sup>17</sup> Orkustofnun, 2005

### 8.3 Bætt nýting vatnsafls

Nýtni við vinnslu rafmagns úr vatnsafla er tiltölulega há. Algengt er að miðað sé við um 92% orkunýtni. Orðið hafa miklar framfarir í bættri orkunýtingu eldri vatnsorkuvera. Þar ber hæst endurbætur sem gerðar voru á Búrfellsvirkjun þar sem eldri hönnun var endurbætt, bæði hvað varðar hönnun vatnshjóla og hluta rafbúnaðar, með þeim árangri að heildaraflíð var aukið úr 220 MW í 270 MW. Í Sigölduvirkjun jókst afl úr 150 MW í 165 MW og áform eru um endurbætur í ýmsum fleiri virkjunum Landsvirkjunar.

Stærð stífla og uppistöðulóna eru af nauðsyn miðuð við vatnsbúskap í lélegum vatnsárum, þannig að unnt sé að standa við afhendingu tryggjar orku jafnvel í erfiðu árferði. Það leiðir til þess að flest ár er unnt að framleiða meiri raforku en fastir afhendingarsamningar hafa verið gerðir um. Þessa umframgetu væri unnt að nýta annars vegar fyrir kaupendur sem ekki gera kröfu um afhendingaröryggi, og hins vegar með sölu raforku á öðrum mörkuðum í gegn um sæstreng. Um seinni kostinn er fjallað nánar í kafla 8.5.

#### ▪ *Markmið*

Að bæta nýtingu við umbreytingu vatnsafls í raforku, og bæta framlegð af því vatnsafla sem virkjað er.

#### ▪ *Leiðir*

Að halda áfram endurbótum á þeim virkjunum sem fyrir eru til að bæta nýtingu vatnsaflsins.

Að hanna nýjar virkjanir með hámarksnýtingu og hagkvæmni í huga.

Að leita kaupendahópa sem geta notað umframorku sem fyrir hendi er í góðum vatnsárum, og þurfa ekki fullt afhendingaröryggi raforku til langs tíma.

#### ▪ *Tímarammi og mælistikur*

[TBD]

### 8.4 Bætt nýting jarðvarma

Við vinnslu raforku úr jarðvarma er reiknuð nýting að jafnaði mun lægri en í tilviki vatnsafls, eða á bili í kringum 10-13%. Þetta orsakast að verulegu leyti af öðru lögmáli varmafræðinnar og þeirri staðreynd að varma er ekki hægt að umbreyta í annað form orku, s.s. vinnu, nema að hluta til.<sup>18</sup> Þau vensl virka einnig í hina áttina, þannig að með varmadælu getur hvert kWh af raforku skilað 3-4 kWh af varmaorku til hitunar. Því getur það gefið ranga mynd af

<sup>18</sup> Hlutfallið er nefnt Carnot-nýtni og segir til um hversu háa fræðilega nýtni er hægt að ná út úr virkjunum sem umbreyta varma í raforku, en stærsti hluti raforkuvinnslu í heiminum er með þeim hætti (kol, kjarnorka og jarðvarmi). Carnot nýtni er reiknuð sem  $100\% \times (1 - T_c/T_h)$ . Hér táknar  $T_c$  hitastig kælimiðils (kalda vatnsins úr kæliturnunum) og  $T_h$  hitastig gufunnar, hvort tveggja mælt á Kelvin-skala. Í tilfalli jarðvarmavirkjunar með  $250^\circ\text{C}$  (523 Kelvin) gufu og  $20^\circ\text{C}$  (293 Kelvin) kælivatni verður fræðileg hámarksnýtni því  $100\% \times (1 - 293/523) = 44\%$ .

raunverulegri nýtingu virkjunar ef varmaorka til hitunar og raforka eru lögð að jöfnu.

Þegar unnt er að nýta affallsvarma til hitaveitu með svipuðum hætti og Orkuveita Reykjavíkur gat gert á fyrstu áratugum jarðvarmavirkjunar, verður útkoman mjög góð heildarnýtni. Með síðari tíma virkjunum hefur þessi nýtni minnkað, þar sem þörf fyrir hitaveitu hefur verið mætt að mestu leyti á svæðum nálægt jarðvarma, og afgangsvarminn því ónýttur.

Huga þarf að iðnþróun þar sem varmaflek ferli eru knúin með tiltækum afgangsvarma frá jarðhitavirkjunum. Notkun tvívökvakerfa er ein leið til að bæta nýtni jarðvarmavirkjana. Um er að ræða mikinn fjölda vökva, annarra en vatns, sem geta hentað mjög vel til þess að virkja lægri hita, vegna eðliseiginleika á borð við suðumark þeirra.

#### ▪ *Markmið*

Að auka framlegð af virkjuðum jarðvarma með því að bæta nýtingu hans við framleiðslu raforku, til hitaveitu og til að knýja önnur varmaflek ferli.

#### ▪ *Leiðir*

Að auðvelda uppbyggingu iðngarða nálægt jarðvarmavirkjunum, þar sem umhverfi og aðstæður leyfa, sem nýta affallsvarma.

#### ▪ *Tímarammi og mælistikur*

[TBD]

## 8.5 Sæstrengir til flutnings raforku milli markaða

Með framþróun háspennustrengja er orðið tæknilega og jafnvel fjárhagslega gerlegt að leggja rafstrengi frá Íslandi til annarra landa.

Slíkan streng mætti leggja frá Íslandi í þrenns konar tilgangi:

- Til að selja orku úr nýjum orkuverum beint á erlendan markað.
- Til að tengja íslenska orkumarkaðinn beint við þann evrópska, sem myndi að óbreyttu færa verðlagningu orkunnar, einkum í smásölu, til jafns við það sem gerist í Evrópu.
- Til að eiga kost á að selja umframorku úr íslenska kerfinu á erlendan markað, einkum á álagstímum þegar verð er hæst, enda er umframgeta í íslenska kerfinu í flestum árum, þar sem það er hannað til að mæta tiltekinni orkuþörf jafnvel í þröngum vatnsbúskap. Að sama skapi gæti slíkur strengur orðið til þess að nýjar virkjanir þyrftu ekki eins mikla umframgetu, vegna möguleika á innflutningi orku í lélegum vatnsárum.

Erlendir fjárfestar bæði austan hafs og vestan hafa sýnt áhuga á að koma að lagningu sæstrengja, einkum í þeim tilgangi að selja orku úr nýjum orkuverum á erlendum markaði. Er þar jafnvel reiknað með að orkuna verði unnt að selja á

hærra verði en aðra orku vegna þess að hún kemur úr endurnýjanlegum orkulindum.

Á vegum hins opinbera hefur a.m.k. tvisvar verið ráðist í athugun á fýsileika þess að leggja sæstreng til Skotlands eða meginlands Evrópu með útflutning raforku í huga. Til að slíkur strengur geti verið fjárhagslega hagkvæmur er líklegt að flutningsgeta hans þurfi að vera mikil, eða minnst 500 MW.

Árið 2007 var gerð úttekt á möguleikum þess að leggja streng frá Íslandi til Færeyja. Raforkuþörf eyjanna er að mestu mætt með dísilrafstöðvum og hefur rekstrarkostnaður þeirra hækkað með hækkandi olíuverði á undanförunum árum. Úttektin leiddi í ljós að það væri ekki fjárhagslega hagkvæmt að leggja slíkan streng, þar sem raforkuverð til notenda yrði umtalsvert hærra en það sem greitt er í dag. Heildarraforkunotkun Færeyja nam árið 2005 2.783 GWst, og þar af var landnotkun 1.463 GWst.

- **Markmið**

Að innan 20 ára verði einangrun íslenska raforkukerfisins rofin, til að hækka meðalverð seldrar orku, koma umframgetu í verð, draga úr þörf fyrir umframgetu vegna lélegra vatnsára, og auka rekstraröryggi kerfisins og aðlögunarhæfni.

- **Leiðir**

Gert verði ráð fyrir mögulegri lagningu sæstrengs í raforkulögum og/eða öðrum lögum.

Stuðla þarf að gerð hagkvæmnikönnunar á lagningu slíkra strengja. Ef niðurstöður reynast jákvæðar er valkostur að fjármögnun, lagning og rekstur verði boðin út (sk. *Build-Operate-Transfer* aðferð). Landsneti, sem fulltrúa ríkisins, verði þá afhentur strengurinn til eignar að afskriftartíma liðnum.

- **Tímarammi og mælistikur**

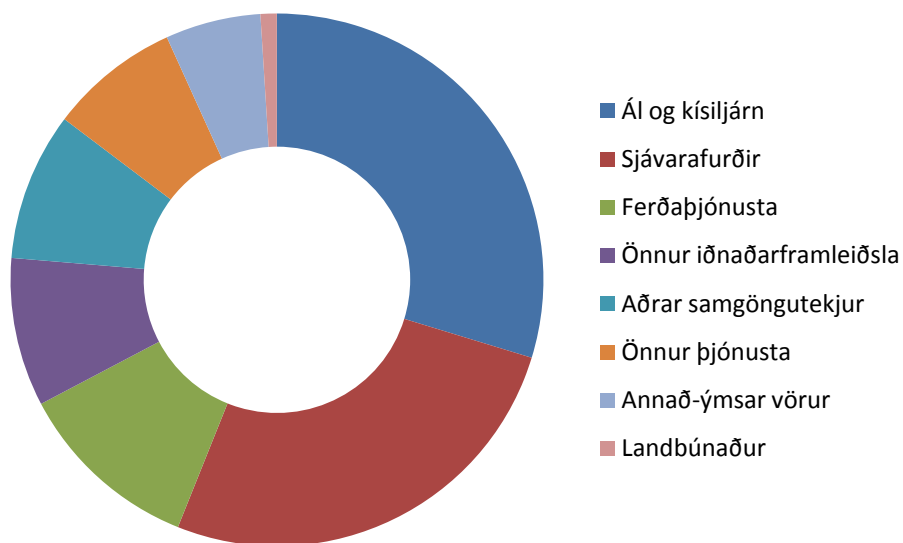
[TBD]



## 9 Uppbygging fjölbreytts atvinnulífs

Íslenskt atvinnulíf hefur lengst af byggt á tiltölulega fáum meginstöðum. Til að auðvelda hagstjórn og stuðla að stöðugleika er æskilegt að atvinnuvegirnir hafi ólíka eiginleika hvað hagsveiflur varðar, þannig að samdráttur eða þensla í einum þeirra sé í sem minnstu orsakasambandi við samdrátt eða þenslu í öðrum. Fjölbreytt atvinnulíf dregur þannig úr efnahagslegri áhættu, eykur stöðugleika og þol gagnvart sveiflum og áföllum, og styður við sjálfbærni hagkerfisins og þjóðfélagsins.

### Útflutningur vöru og þjónustu 2008



Mynd 2: Útflutningur vöru og þjónustu 2008

Á árinu 2008 var ál og kísiljárn um 30% og sjávarafurðir um 26% af útflutningi vöru og þjónustu frá Íslandi. Samtals var því útflutningur þessara vörutegunda um 56% af öllum útflutningi það ár.<sup>19</sup>

Eitt af markmiðum orkustefnunnar er að styðja uppbyggingu fjölbreytts atvinnulífs á grundvelli orkuauðlinda þjóðarinnar, eðlis þeirra sem endurnýjanlegra auðlinda, og reynslu og þekkingar á sjálfbærri nýtingu slíkra auðlinda.

### 9.1 Virkjanakostnaður og kaupendur

Virkjun jarðvarma og vatnsafls til raforkuvinnslu er tiltölulega dýr í upphafi, miðað við kola- og gasver, sem eru ráðandi aðferðir við raforkuvinnslu í heiminum í dag (yfir 62% árið 2007 skv. IEA<sup>20</sup>).

<sup>19</sup> Hagstofa Íslands, *Útflutningur vöru og þjónustu eftir atvinnugreinum 1990-2008*.

Tafla 1 að neðan sýnir áætlaðan og einfaldaðan einingarkostnað við byggingu mismunandi tegunda virkjana [tilvísun]. Miðað er við s.k. skyndikostnað (e. *overnight cost*), þannig að ekki er litið til fjármagnskostnaðar á byggingartíma.

Kjarnorka	4038	USD/kW
Kol	2214	USD/kW
Gas	869	USD/kW
Vatnsafl	[2500]	USD/kW
Jarðvarmi	[3000]	USD/kW

Tafla 1: Einfaldaður einingarkostnaður við byggingu virkjana

Vatnsafls- og jarðvarmavirkjanir hafa á hinn bóginn þá kosti að þær afskrifast á lengri tíma en gas- og kolaorkuver, og að þær þurfa engin rekstrarhráefni sem afla þarf sérstaklega (hvorki gas né kol). Því eru lánveitendur reiðubúnir að fjármagna slíkar virkjanir með lengri lánnum en í tilviki kola og gasorkuvera. Til að fá sem best kjör hjá lánveitendum reyna orkufyrirtækin að tryggja sölu raforkunnar til jafn langs tíma.

Sá tími sem fer í undirbúning og byggingu virkjana er einnig mismunandi og nokkurn veginn í samræmi við kostnaðinn, þ.e.a.s. lengri hjá dýrari virkjunum. Almennt er áætlað að bygging vatnsaflsvirkjana taki [5-8 ár] frá veitingu rannsóknarleyfis og jarðvarmavirkjana um [x-y ár].

Vegna smæðar raforkumarkaðarins hér á Íslandi hafa orkufyrirtækin almennt ekki treyst sér að hefja byggingu virkjana fyrr en að sala raforkunnar er tryggð. Þessi staða hefur valdið því, fyrir stærri kaupendum hið minnsta, að þeir þurfa að staðfesta orkukaupin 3-4 árum áður en fyrsta afhending fer fram.

Iðngreinar sem hvíla á gömlum grunni hvað framleiðslutækni og markað varðar, s.s. álvinnsla, geta orðið við þessum kröfum orkufyrirtækjanna um langan samningstíma og bið eftir fyrstu afhendingu. Hinsvegar eiga fyrirtæki sem starfa á nýrri og kvikari mörkuðum erfiðara með að taka áhættuna sem slíkri bið fylgir.

Leiða má að því rök að núverandi form sölusamninga leiði til áframhaldandi fjárfestingar í tilteknum tegundum stóriðju, en skapi ekki umhverfi fyrir stofnun og vöxt minni og hugsanlega meira nýskapandi fyrirtækja. Þetta getur leitt til áframhaldandi einhæfni í orkufrekum iðnaði, minni fjölbreytni í störfum og áhættu fyrir þjóðarbúið við framtíðar tæknibreytingar eða breytingar á neyslumynstri.

Í sölusamningum orkufyrirtækjanna hefur verið tilhneiging til að deila áhættu með stórum kaupendum, með því að tengja raforkuverð við afurðaverð þeirra. Þetta fyrirkomulag gerir samanburð á verði sem ólíkir kaupendum eru tilbúnir að

<sup>20</sup> Sjá IEA Key World Energy Statistics 2009, [http://iea.org/Textbase/nppdf/free/2009/key\\_stats\\_2009.pdf](http://iea.org/Textbase/nppdf/free/2009/key_stats_2009.pdf), bls. 24

greiða erfiðari og ógagnsærri. Jafnframt verður erfiðara að spá um framlegð af orkusölnunni til lengri tíma.

- **Markmið**

Orkufyrirtæki í opinberri eigu leitist við að dreifa markaðs- og gagnaðilaáhættu sinni (e. *market and counterparty risk*), m.a. með því að auka og viðhalda fjölbreytni í hópi viðskiptavina.

Orkufyrirtæki í opinberri eigu beiti gegnsærri verðlagningu og taki ekki á sig aðra áhættu en þá sem tilheyrir eigin rekstri.

- **Leiðir**

[TBD]

- **Tímarammi og mælistikur**

[TBD]

## 9.2 Styttri og fyrirsjáanlegri ferli

Rannsókn-, skipulags- og matsferli sem tengjast uppbyggingu raforku- og jarðvarmavera eru nokkuð flókin. Þetta veldur því að uppbyggingartími er langur og að hluta ófyrirsjáanlegur.

- **Markmið**

Rannsókn-, skipulags- og matsferli verði einfölduð og samræmd.

Tímarammar verði fyrirsjáanlegir og raunhæfir, þannig að unnt sé að gera áætlanir um framgang nýtingarkosta og gera bindandi samninga um afhendingu þeirra kosta sem komnir eru vel á veg hverju sinni.

- **Leiðir**

Rannsókn-, skipulags- og matsferli verði einfölduð og samræmd þannig að skilvirkni sé sem mest, tímaáætlanir séu skýrar og geri ráð fyrir lýðræðislegu ferli, en jafnframt að tímamörk séu virt í afgreiðsluferli hins opinbera.

Útbúin verði handbók yfir ferlin.

Framkvæmd stjórnsýslu á þessu sviði verði sett undir samræmt gæðakerfi, t.d. skv. ISO 9000 stöðlum.

Frestsákvæði í lögum verði endurskoðuð og samræmd raunverulegri afkastagetu stjórnsýslunnar.

- **Tímarammi og mælistikur**

[TBD]

## 9.3 Fjölbreyttara orkuframboð

Í samræmi við það sem áður hefur verið rakið um eðli orkusöluverkefna til þessa, hafa orkusölusamningar verið gerðir til langs tíma, oftast 20 ára í senn. Af því leiðir að verð og skilmálar eru bundin til langs tíma, og takmarkaðir möguleikar til að semja um hagstæðari kjör við fyrri eða nýja viðskiptavini, til dæmis ef verð orku eða losunarheimilda hækkar á heimsmarkaði.

Nú styttest í að stórir orkusölusamningar renni sitt skeið, eins og sjá má á mynd **X** hér að neðan.

*GRAF með tímalengd allra tvíhliða orkusölusamninga á Íslandi.  
Tilbúið að mestu en iðnaðarráðuneytið á eftir að staðfesta heimild til birtingar.*

Þróun í byggingu stærri jarðvarmavirkjana á Íslandi undanfarin ár gefur vonir um að þaðan verði hægt að uppfylla þarfir iðnaðar sem getur ekki beðið jafn lengi og hefðbundin stóriðja frá ákvörðun fram að fyrsta afhendingardegi. Stækkun jarðvarmavirkjunar, þar sem rannsóknir liggja að verulegu leyti fyrir, tekur mun styttri tíma en bygging nýrrar. Má áætla að afhendingartími slíkrar orku gæti verið allt niður í 1-2 ár.

Ef höfða á til fjölbreyttari nýtingar, þarf einnig og ekki síður að bjóða orku til smærri verkefna með styttri fyrirvara og með einfaldara og fyrirsjáanlegra afhendingarferli.

### ▪ **Markmið**

Í boði verði hverju sinni orka til fjölbreyttra verkefna, í smærri (1-10 MW) og meðalstórum (10-50 MW) einingum, til afgreiðslu innan þess tímaramma sem uppbygging verkefna af þeim stærðargráðum tekur að jafnaði, þ.e. 1-4 ára.

Raforkulög og reglur um tengingar við flutningsnet, dreifinet eða beint við virkjun séu þess eðlis að þær geti hentað smærri og meðalstórum orkunotendum.

### ▪ **Leiðir**

Orkufyrirtæki leitist við að byggja upp starfsemi sína þannig að hægt sé að þjóna smærri og meðalstórum kaupendum einnig. Vinna þarf með slíkum kaupendum til að greina þarfir þeirra. Markaðssetning taki síðan mið af því. Afhendingartími

orku verði ásættanlegur bæði fyrir orkufyrirtæki og fyrir smáa og meðalstóra kaupendur.

Að orkusölusamningar verði sem fjölbreyttastir að stærð og lengd og þeir renni út á mismunandi tímum.

Að leitað verði kaupenda sem geta nýtt umframgetu í raforkukerfinu í góðum vatnsárum, án tryggingar fyrir afhendingu í lélegum vatnsárum.

- ***Tímarammi og mælistikur***

[TBD]

## 9.4 Heildsölumarkaður

## 9.5 Iðngarðar

Ein leið til að selja raforku og varma frá jarðhitavirkjunum er að byggja upp iðngarða við hlið virkjananna. Slíkir iðngarðar hýsa þá klasa iðnfyrirtækja sem jafnvel geta nýtt framleiðslu og/eða affallsefni hvers annars, til dæmis í efnaiðnaði, pappírsvinnslu o.fl. Einnig er ýmis grunngerð gjarnan sameiginleg, til dæmis raforkuvirki og varmakerfi, geymslu-, vörumóttöku- og flutningaaðstaða og fleira.

- ***Markmið***

Hugað verði að möguleikum til uppbyggingar iðngarða, þ.á.m. hvaða hindranir kunni að standa í vegi og hvernig best væri að haga slíkri uppbyggingu.

- ***Leiðir***

[TBD]

## 9.6 Sérþekking og reynsla

[Hér kemur texti um markmið varðandi útflutning þekkingar og reynslu á sviði orkumála.]

---

## 10 Skuldbindingar í loftslagsmálum

Á loftslagsráðstefnu SP í Rio de Janeiro<sup>21</sup> árið 1992 var eitt af meginmarkmiðunum að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda (GHL) í samræmi við sjálfbæra þróun, sem þýðir að draga skal úr útstreymi gróðurhúsalofttegunda án þess að hafa neikvæð áhrif á hagsæld eða samfélag.

Útstreymi gróðurhúsalofttegunda á Íslandi nam 4.482 þúsund tonnum árið 2007, (miðað við CO<sub>2</sub>-ígildi). Það er 32% meira en árið 1990. Verði ekkert að gert, er búist við að útstreymi frá Íslandi verði 33-76% meira árið 2020 en árið 1990.

Orkutengt útstreymi gróðurhúsalofttegunda á Íslandi er aðallega tvenns konar.

1. Útstreymi gróðurhúsalofttegunda vegna raforkuframleiðslu.
2. Notkun jarðefnaeldsneytis í samgöngum og sjávarútvegi.

### 10.1 Útstreymi vegna raforkuframleiðslu

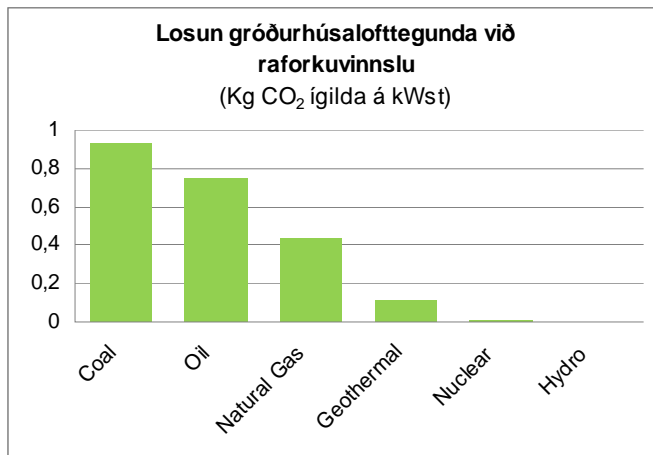
Raforkuvinnsla á drjúga hlutdeild í heildarlosun gróðurhúsalofttegunda af mannavöldum í heiminum. Brennsla jarðefnaeldsneytis ýmiskonar, aðallega kolum og jarðgasi, skiptir þar mestu. Raforka á Íslandi er nær eingöngu unnin með vatnsafli og jarðvarma, sem hvort um sig valda lítilli losun í samanburði við brennslu jarðefnaeldsneytis, en útstreymi vegna raforkuframleiðslu var um 4,1% af heildarútstreymi Íslands árið 2007.

Í tilviki jarðvarmavirkjana kemur koltvísýringur upp með jarðhitavökvanum og sleppur að lokum út í andrúmsloftið. Vatnsaflsvirkjunum fylgja uppistöðulón, en þau sökkva gróðurlendi sem leiðir til útstreymis, aðallega vegna rotnunar lífmassa. Þetta magn er talið með í bókhaldi vegna loftlagssamningsins en ekki vegna Kyoto bókunarinnar.

---

<sup>21</sup> Sjá <http://www.un.org/geninfo/bp/enviro.html>

Á Mynd 3 að neðan má sjá meðallosun GHG frá helstu tegundum raforkuvinnslu.



Mynd 3: Losun gróðurhúsalofttegunda við raforkuvinnslu

## 10.2 Notkun jarðefnaeldsneytis í samgöngum og sjávarútvegi

Útstreymi GHG frá samgöngum er tilkomið vegna innanlandsflugs, strandsiglinga og vegasamgangna. Árið 2007 var skiptingin þannig að vegna innanlandsflugs voru 2%, strandsiglinga 6% og vegasamgangna 92%. Í heildina jókst útstreymi frá samgöngum úr 608 þúsund tonnum árið 1990 í 1017 þúsund tonn árið 2007, eða um 67%. Útstreymi frá innanlandsflugi minnkaði lítillega á tímabilinu, en útstreymi vegna strandsiglinga jókst um 1%. Útstreymi frá vegasamgöngum jókst hins vegar um 81% frá 1990 til 2007 eða úr 516 þúsund tonnum í 1017 þúsund tonn.

Útstreymi frá sjávarútvegi skiptist árið 2007 í útstreymi frá fiskiskipum (87%) og fiskimjölsverksmiðjum (12%). Frá 1990 til 2007 minnkaði útstreymi frá fiskiskipum um 13,8% og frá fiskimjölsverksmiðjum um 37,8%.

## 10.3 Viðskiptakerfi með losunarheimildir

Með staðfestingu Kyoto bókunarinnar (*Kyoto protocol*<sup>22</sup>) árið 2002 voru íslensk stjórnvöld skuldbundin til að tryggja að losun gróðurhúsalofttegunda á Íslandi myndi ekki aukast umfram 10% m.v. losun ársins 1990. Hinsvegar heimilar viðauki 14 CP/7 við bókunina smærri hagkerfum á borð við Ísland að auka útblástur á tímabilinu að uppfylltum ákveðnum skilyrðum. Þessi viðauki hefur oft verið nefndur íslenska ákvæðið.

Kyoto bókunin heimilar ríkjasamböndum að takast á við skuldbindingarnar sínar sameiginlega. Þessa heimild ákvað ESB að nýta sér frá og með 2003 þegar tilskipun 2003/87/EC um viðskiptakerfi ESB með losunarheimildir<sup>23</sup> tók gildi. Tilskipunin gildir einnig á evrópska efnahagssvæðinu og því á Íslandi. Fyrsti áfangi viðskiptakerfisins (Emission Trading Scheme - ETS) tók gildi í janúar

<sup>22</sup> Sjá m.a. [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php)

<sup>23</sup> Sjá <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2003L0087:20090625:EN:HTML>

2005 og annar áfangi í janúar 2008. Þriðja áfangi er ætlað að leysa annan áfangann af hólmi í ársbyrjun 2013. Í fyrstu tveimur fösunum er orkuverum sem fara yfir ákveðin mörk gert að mæla og tilkynna losun sína. Þeim var úthlutaður losunarkvóti á grundvelli forsögu (*grandfathering*) án endurgjalds og heimilað að eiga viðskipti með kvóta sem þau nýttu ekki. Losun íslensku orkuveranna er undir þeim mörkum sem skilgreind voru. Þrátt fyrir endurgjaldslausu úthlutun, olli takmörkunin því að markaðsverði losunarheimildanna var velt út í raforkuverðið að fullu (*full pass through*).

Í þriðja fasa viðskiptakerfisins verður meginreglan sú að losunarheimildir verða boðnar upp. Iðngreinar sem valda útblæstri þurfa að kaupa sér heimildir þegar fram í sækir. Í upphafi munu þó þær iðngreinar, sem eru í hættu vegna samkeppnisstöðu gagnvart öðrum heimshlutum, ekki þurfa að kaupa sér kvóta. Á þetta m.a. við ál- og kísilmálmíðnaðinn sem stundaður er á Íslandi. Vegna lítillar losunar frá orkuverum á Íslandi mun verð losunarheimilda ekki hafa teljandi áhrif á kostnað við raforkuvinnslu.

#### ▪ **Markmið**

Yfirlýst markmið Íslands um minnkun á nettólosun gróðurhúsalofttegunda eru tvíþætt:

- Að draga úr útstreymi gróðurhúsalofttegunda um 50-75% árið 2050, miðað við 1990
- Að Ísland mun draga útstreymi gróðurhúsalofttegunda um 1140-1485 þúsund tonn miðað við venjubundna þróun ársins 2020.

#### ▪ **Leiðir**

Samráðsnefnd um aðgerðir til að draga úr nettólosun gróðurhúsalofttegunda hefur sett fram aðgerðaáætlun sem uppfylla á markmið Íslands. Margar þeirra aðgerða sem lagðar eru til tengjast með beinum hætti þróun í orkubúskap Íslendinga svo sem:

1. Innleiðing evrópsks viðskiptakerfis með losunarheimildir
2. Breytt kerfi skatta og gjalda á bíla og eldsneyti og aukin fræðsla
3. Efling göngu, hjólríða og almenningsgangna
4. Notkun lífildsneytis í fiskiskipaflotanum
5. Rafvæðing fiskimjölsværsmiðja
6. Efldar rannsóknir og nýsköpun svo sem:
  - a. Framleiðsla metanóls úr CO<sub>2</sub> útstreymi iðjuvera og orkuvera.
  - b. Framleiðsla eldsneytis með þörungum
  - c. Djúpbörur
  - d. Tilraunaverkefni með vetni sem eldsneyti
  - e. Notkun metans úr hauggasi sem eldsneyti
  - f. Eldsneytissparandi tækni um borð í skipum

Orkustefnan styður í hvívetna aðgerðaáætlun í loftslagsmálum.



## 11 Jarðefnaeldsneyti

Jarðefnaeldsneyti er óendurnýjanleg auðlind. Nýjustu tölur Alþjóða orkustofnunarinnar (International Energy Agency – IEA) sýna að staðfestar olíubirgðir sem hagkvæmt er að nýta (*proven reserves*) eru milli 1,2 til 1,3 þúsund milljarðar tunna, sem mun duga við óbreyttan notkunarhraða olíu í um 40 ár til viðbótar<sup>24</sup>. Þess að auki eru olíuauðlindir sem ekki er hagkvæmt að nýta að svo búnu, auk óhefðbundinna olíuauðlinda svo sem tjörugrýtis (*oil shale*) og olíusanda.

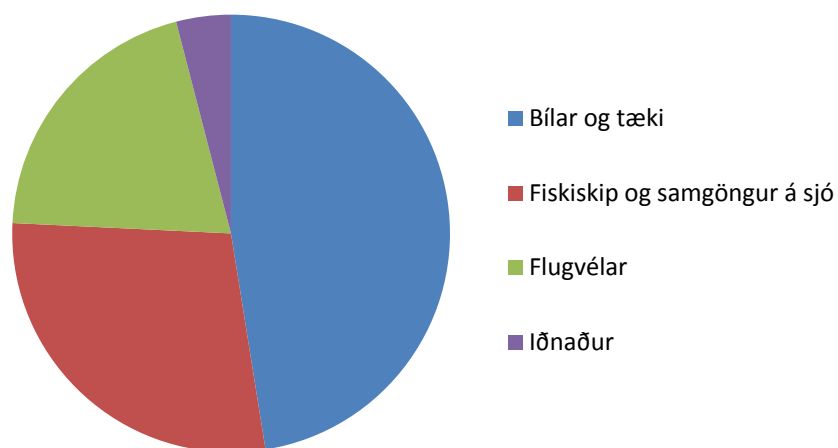
Gaslindir sem staðfestar hafa verið, og hagkvæmt er að nota, telja um 180 tcm og við óbreyttan hraða notkunar munu þær duga í 60 ár<sup>25</sup>. Að auki eru gaslindir sem ekki telst hagkvæmt að nota, ásamt óhefðbundinna linda svo sem metan-ís (*methane ice*) og metan í kolalögum (*coalbed methane*).

Auk þessa er mikill hluti olíubirgða jarðarinnar á pólitískum óróasvæðum, og þrjú lönd, Rússland, Íran og Katar, eiga 56% af staðfestum gasbirgðum.

Vegna dvínandi framboðs, og möguleika á áframhaldandi pólitískum óróa á jarðefnaeldsneytissvæðum, má búast við viðvarandi flökki og leitni til hækkunar á verði jarðefnaeldsneytis.

Árið 2008 var 18% af heildarorkunotkun Íslendinga fengin úr innfluttu jarðefnaeldsneyti. Þar af var olía 90% og kol 10%. Kol eru aðallega notuð í sementsverksmiðjunni á Akranesi sem eldsneyti, og í járnblendiverksmiðjunni við Grundartanga sem hluti af framleiðsluferli.

### Notkun innfluttrar olíu



Mynd 4: Notkun innfluttrar olíu

<sup>24</sup> IEA World Energy Outlook 2009, bls. 42.

<sup>25</sup> *Ibid.*, bls. 42

Innflutt olía er notuð á bíla og tæki (47%), á fiskiskipum og við samgöngur á sjó (28%), á flugvélar (20%) og í iðnaði (4%). Olíunotkun bíla og tækja hefur aukist um 65% síðan 1990, og notkun flugvéla hefur aukist um 80% á sama tíma. Önnur notkun hefur minnkað síðan 1990.

Árið 2007 voru 666 fólksbílur á hverja 1000 íbúa á Íslandi, sem er með því mesta sem gerist í heiminum. Í Evrópu voru aðeins Lúxemborg og Liechtenstein með fleiri bíla m.v. fólksfjölda. Til samanburðar voru í aðildarríkjum evrópska efnahagssvæðisins (EES 32) að meðaltali 460 bílar á hverja 1.000 íbúa árið 2005. Undanfarin ár hefur orkunotkun nýrra bifreiða verið hærri á Íslandi en í öðrum Evrópulöndum, en minnkaði þó um 8% milli árána 2002 og 2007.

## 11.1 Viðbúnaðarbirgðir

Viðbúnaðarbirgðir (*strategic petroleum reserves*), eru birgðir af hráolíu sem lönd hafa komið sér upp til að tryggja orkuöryggi og hagrænan stöðugleika í tilviki orkukreppu.

Árið 2001 samþykktu öll 28 aðildarlönd IEA að hvert aðildarland yrði að hafa viðbúnaðarbirgðir af olíu í landinu sem samsvarar 90 daga innflutningi olíu ársins á undan. Svipaðar reglur gilda hjá Evrópusambandinu þar sem hvert aðildarland Evrópusambandsins verður að hafa viðbúnaðarbirgðir sem samsvara að minnsta kosti 90 daga meðalneyslu olíu innanlands.

Markmið um viðbúnaðarbirgðir olíu er að finna í kafla 5.3.

## 11.2 Innlend framleiðsla – minni notkun innflutts jarðefnaeldsneytis

Ljóst er að hægt er að auka orkuöryggi Íslendinga, og stuðla að markmiðum um minni losun gróðurhúsalofttegunda, með því að draga úr notkun á innfluttu jarðefnaeldsneyti. Skipta má leiðum í átt til þess markmiðs í þrjú flokka:

1. Að bæta nýtingu jarðefnaeldsneytis.
2. Að auka innlenda framleiðslu á vistvænu eldsneyti eða orkubera sem koma í stað jarðefnaeldsneytis. Auk þess að styðja við tækni sem slíkt eldsneyti eða orkuberar krefjast.
3. Að auka innflutning á vistvænu eldsneyti svo sem lífildsneyti, að því marki sem slíkt telst stuðla að sjálfbærnimarkmiðum.

**Að bæta nýtingu jarðefnaeldsneytis.** Eins og kemur fram hér að framan, er bílafloti Íslendinga stór og orkufrekur. Hægt væri að draga umtalsvert úr notkun olíu og bensíns ef bílafloti landsmanna væri sparneytnari, auk annarra aðgerða í samgöngum, svo sem eflingu almenningsgangna. Að sama skapi má spara eldsneyti í skipaflotanum með ýmis konar bestunartækni, bæði vél- og hugbúnaði.

**Að auka innlenda framleiðslu á orkuberum og eldsneyti sem kemur í stað jarðefnaeldsneytis.** Margir möguleikar eru fyrir hendi í aukningu á innlendri framleiðslu á vistvænum orkuberum og eldsneyti.

### 11.2.1 Lífeldsneyti

Lífeldsneyti er samheiti fjölmargra eldsneytistegunda og má skipta þeim í tvo meginflokkka: (i) venjulegt lífeldsneyti, sem þegar er til sem verslunarvara og er einnig kallað fyrstu kynslóðar lífeldsneyti, og (ii) þróað, annarrar kynslóðar lífeldsneyti, sem almennt er enn á tilraunastigi.

Fyrstu kynslóðar lífeldsneyti er ýmist gert úr jurtaolíu eða sterkju úr jurtum sem einnig eru nýttar til manneldis. Erlendis er framleitt etanól úr sykri eða sterkju og lífdísilolía úr jurtaolím (t.d. repju, sólblómafræjum og sojabaunum) sem umbreytt er í metýlestera. Hafin er tilraunaræktun á repju til eldsneytisframleiðslu á Íslandi.

Etanól er framleitt úr jurtum eins og maís og sykurreyr. Etanól má einnig framleiða úr grasi eða lúpínu sem unnt er að afla innanlands. Til þess að framleiða nóg etanól úr heyi til þess að blanda 3% í allt bensín sem selt er, þyrfti 2.500–3.000 ha af landi, en 5.000–7.500 ha ef etanólið væri framleitt úr lúpínu. Ný tækni í framleiðslu etanóls, þar sem plöntuleifar eru nýttar, gerir þessa leið ákjósanlegri, auk þess sem flestir nýir bílar geta gengið fyrir etanólblönduðu bensíni, allt að 10–30%, án teljandi breytinga.

Auk þessa lífeldsneytis er **metangas** nýtt á bifreiðar. Metan hefur verið notað hér á landi undanfarin ár sem eldsneyti á nokkrar bifreiðar og er metan selt á einni dælustöð á höfuðborgarsvæðinu, og er undanþegið eldsneytisgjöldum. Metan er ýmist einangrað úr hauggasi sem myndast á urðunarstöðum, líkt og gert er í Álfsnesi, eða framleitt t.d. með gerjun kúamykju eða annars lífræns úrgangs. Bílar sem keyra á metani og bensíni, svokallaðir fjölorkubílar, eru nú þegar á markaði. Hugsanlegt er að safna metani á fleiri sorphaugum eða vinna það úr öðrum úrgangi, til dæmis skólpi eða kúamykju. Einnig væri hægt framleiða metan úr ræktuðum plöntum, líkt og etanól og lífdísilolíu.

Annarrar kynslóðar lífeldsneyti byggir á þróun tækniáferða til þess að vinna eldsneyti úr sellulósa og lífrænum úrgangi, aðallega frá landbúnaði. Þessar gerðir eldsneytis eru enn ekki framleiddar fyrir almennan markað. Nokkrar gerðir annarrar kynslóðar lífeldsneytis eru Fischer-Tropsch-dísilolía (sjá kafla 4.2), etanól sem framleitt er úr ligninsellulósa, HTU-dísilolía (HydroThermalUpgrading) sem gert er t.d. úr sykurrófuhrati eða krömdum sykurreyr, og líf-metanól. Framleiðsla lífmetanóls byggir líkt og FT-dísilolía á blöndu kolmónoxíðs og vetnis sem unnið er úr lífmassa<sup>26</sup>. Hægt er að nýta metanól bæði sem eldsneyti í bíla sem ganga fyrir brennsluhreyflum og bíla sem nýta efnarafala. Að auki er hægt að blanda metanólinu út í bensín líkt og etanól.

Metanól, etanól, dímetýleter, metan og FT-dísilolíu má einnig framleiða úr koldíoxíði sem t.d. er fangað úr útblæstri frá jarðvarmavirkjunum, orkuverum sem nýta jarðefnaeldsneyti eða hugsanlega frá orkufrekum iðnaði, samanber áætlanir Carbon Recycling International ([www.carbonrecycling.is](http://www.carbonrecycling.is)).

<sup>26</sup> Sjá t.d. <http://www.refuel.eu/> og *Biofuels in the European Union - A vision for 2030 and beyond* – <http://ec.europa.eu>

Miklar umræður hafa verið undanfarin ár um **sjálfbærni** í sambandi við framleiðslu lífoldsneytis. Máli skiptir hvaða land er tekið til ræktunar, t.d hvort skógi er rutt úr vegi eða votlendi þurrkað. Einnig þarf að gæta að verndun líffræðilegrar fjölbreytni, áhrifum á matvælaframleiðslu, vernd vatns- og jarðvegsgeða og samfélagslegum áhrifum. Framleiðsla lífoldsneytis veldur útstreymi gróðurhúsalofttegunda og því er nauðsyn á upplýsingum um raunverulegan ábata af því að nota lífoldsneyti í stað jarðefnaeldsneytisins. Í drögum að tilskipun Evrópusambandsins um endurnýjanlega orkugjafa er, auk ákvæða um sjálfbærni, ákvæði um að ábati m.t.t. losunar gróðurhúsalofttegunda sé a.m.k. 35%. Frá árinu 2017 er ákvæðið hert og gert ráð fyrir 50% ábata af notkun lífoldsneytis framleiddu af starfandi fyrirtækjum, og 60% ábata af notkun lífoldsneytis frá fyrirtækjum sem taka til starfa 2017 eða síðar.

### 11.2.2 Vetni

Vetni er áhugaverður kostur til að miðla rafmagni frá rafkerfinu í því skyni að knýja farartæki, skip og jafnvel flugvélar. Í hreinni mynd þess má líta á vetnið sem orkubera sem geymir rafmagn í sama skilningi og rafhlöður. Þá er hugsað til þess að innlent rafmagn fengið úr rafkerfinu væri notað til að rafgreina vetni úr vatni, vetnið sé geymt í farartækinu og því aftur breytt í rafmagn við notkun. Rafgreiningin getur annað hvort farið fram í sérstökum vetnisstöðvum eða í smærri stíl, svo sem við heimahús eða vinnustaði. Síðara ferlið, umbreyting vetnisins í vatn og rafmagn, gerist í svokölluðum efnarafölum. Líklegt er að ekki þurfi að endurbæta rafdreifikerfið svo nokkru nemi til þess að rafdreifikerfið beri það aukna álag sem dreifð framleiðsla vetnis hefði í för með sér.

Hængurinn á slíkri vetnisvæðingu er sá helstur að tæknin er enn í þróun og allur búnaður enn afar dýr, einkum efnarafalarnir, enda er vart hægt að tala um fjöldaframleiðslu í þessum efnum ennþá.

### 11.2.3 Tvinnbílar

**Tvinnbílar**, þ.e. bílar sem bæði hafa rafhreyfil og bensín- eða dísilvél sem aflagjafa, eru nú þegar á markaði og fór fyrsti fjöldaframleiddi tvinnbillinn á götuna 1997. Þetta eru ekki eiginlegir rafmagnsbílar í þeim skilningi að orkugjafinn sé rafmagn, en þeir eru sparneytnari en hefðbundnir bílar. Þessir bílar eru lítið eitt dýrari í innkaupum en sambærilegir bílar, enda kemur hinn sérstæði rafbúnaður til viðbótar öðrum hlutum venjulegs bíls. Þrátt fyrir verðmuninn njóta tvinnbílar æ meiri vinsælda, hér á landi sem annars staðar, og sífellt fleiri bílaframleiðendur bjóða fram tvinnbílum eða eru með áform um slíkt. Hér á landi hefur verið gefinn afsláttur af vörugjöldum fyrir tvinnbílana sem og aðra vistvæna bíla og hefur afslátturinn komist nálægt því að vega upp á móti verðmuninum.

**Tengiltvinnbílar**, þ.e. tvinnbílar sem stinga má í samband, en ganga líka fyrir öðru eldsneyti s.s. bensíni, eru tæknilega mögulegir og fjöldaframleiðsla þeirra er talin vera handan við hornið. Nú hafa fyrirtæki í Bandaríkjunum hafið átak í þróun þessara bifreiða, og forsvarsmenn Toyota tilkynntu nýlega að þeir væru að vinna að gerð tengiltvinnbils. Munurinn á tengiltvinnbil og tvinnbílsgerð þeirri sem lýst er að framan er nær einvörðungu fólgin í því að tengiltvinnbilinn hefur

öflugri rafhlöðu, sem gerir það kleift að hlaða bílinn með rafmagni beint úr rafkerfinu, úr „tengli“, svo sem um nætur. Þannig má aka hluta af daglegri vegalengd á rafmagni sem á uppruna sinn í hinu almenna rafkerfi. Því öflugri sem rafhlaðan er þeim mun nær því er tengiltvinnbíllinn að vera hreinn rafbíll. Athyglisvert er að mikið af þeirri tækniþróun sem orðið hefur við gerð tvinnbíla mun nýtast að fullu verði það ofan á að vetni verði orkuberinn.

Líklega getur raforkunetið (flutnings- og dreifikerfið) á Íslandi borið þá auknu notkun sem tengiltvinnbílar hafa í för með sér án verulegs viðbótartilkostnaðar ef bílarnir eru hlaðnir að mestu leyti á næturnar. Þetta gildir jafnvel þótt reiknað sé með því að alfarið yrði skipt yfir í slíka bíla, sem líklega verður seint.

Flöskuhálsinn í gerð tengiltvinnbíla eru rafhlöðurnar en hingað til hefur reynst erfitt að framleiða rafhlöður sem eru allt í senn ódýrar, endingargóðar og nógu fyrirferðarlitlar og léttar til þess að hagkvæmt sé að nota þær til að knýja bíla.

#### 11.2.4 Rafbílar

Rafbílar eru bílar sem ganga beint og alfarið fyrir rafmagni sem geymt er í rafhlöðum um borð. Þróun í gerð rafhlaðna hefur til þessa ekki gert þennan kost fýsilegan. Sem leið til að knýja skip er hún ekki í auglýsingu og enn fjær eru rafmagnsknúnar flugvélar. Eigi að síður eru hreinir rafbílar talsvert notaðir víða erlendis í sértækri notkun, þar sem aksturslengdir eru stuttar og auðvelt að koma við tíðri hleðslu. Þetta á við um ýmis konar atvinnuakstur, svo sem við pósthúsið. Því miður hefur aldrei náðst að gera marktæka tilraun á þessu sviði hér á landi. Benda má á að rafbílar til sendiferða hafa að einhverju leyti verið notaðir í grannlöndunum.

##### ▪ *Markmið*

Leitast verði við að draga úr notkun jarðefnaeldsneytis eins og kostur er, með tilliti til viðskiptajöfnuðar þjóðarbúsins, losunar gróðurhúsalofttegunda og annarrar mengunar, og orkuöryggis.

##### ▪ *Leiðir*

Skattar og gjöld á bíla, skip og eldsneyti hvetji til minnkandi notkunar innflutts jarðefnaeldsneytis.

Hvatt verði til rannsókna, úttekta, nýsköpunar og eftir atvikum vöruþróunar á eftirfarandi sviðum m.a.:

- Framleiðsla lífeldsneytis á Íslandi þar sem farið er eftir lögmálum sjálfbærrar þróunar.
- Framleiðsla metanóls úr CO<sub>2</sub> útstreymi orku- og iðjuvera.
- Framleiðsla eldsneytis með þörungum og örverum.
- Tilraunaverkefni með vetni sem orkubera.
- Notkun metans úr hauggasi sem eldsneyti.
- Rafvæðingu bílaflotans.

Hvatt verði til rannsókna og nýsköpunar á sviði eldsneytissparandi tækni fyrir skip, og notkunar lífoldsneytis í stað olíu.

Fræðsla um vistakstur og sparneytni verði aukin.

Almenningssamgöngur og annar vistvænn ferðamáti, t.d. hjólreiðar, verði styrktar með tilliti til þess að draga úr notkun jarðfnaeldsneytis.

- ***Tímarammi og mælistikur***

Að auka notkun vistvæns eldsneytis eða orkubera. Stefnt er að því að **x%** af öllu eldsneyti í sjávarútvegi og **x%** í samgöngum sé vistvænt í síðasta lagi árið 2020.

## 12 Sjálfbær nýting auðlinda

Sjálfbær nýting orkuauðlinda felur í sér hvernig nýtingu auðlindarinnar er háttað; annarsvegar að ganga ekki svo á endurnýjanlega orkulind að hún hafi ekki undan að endurnýjast, og hinsvegar að nýtingin sem slík leiði til samfélagslegs ábata án þess að spilla náttúru og umhverfi.

### 12.1 Sjálfbær nýting vatnsorku

Raforkuframleiðsla með vatnsafli telst almennt ekki ágeng, þar sem vatnsforðinn endurnýjast, en hins vegar geta miðlunarlon í jökulvötnum fyllst á löngum tíma og getan til miðlunar eftir árstíðasveiflum minnkað.

HSAF (*Hydropower Sustainability Assessment Forum*) er sérstakur vinnuhópur með þátttöku samtaka virkjanaaðila, almennasamtaka, fjármögnunaraðila, fulltrúa stjórnáráðgjafarinnar o.fl., sem hefur að markmiði að skapa sameiginlegan matslykil fyrir vatnsaflsvirkjanir. Fyrsta útgáfa hans mun liggja fyrir um mitt ár 2010.

Helstu atriði sem koma til mats eru eftirfarandi:

1. Verkefnið sé byggt til þess að sinna raunverulegri þörf. Þetta er í flestum tilvikum talið vera ef það er til markaður fyrir raforkuna. Í mati IHA er ekki sérstaklega tekið á því til hvers raforkan er nýtt.
2. Hvernig stefna og markmið ríkisstjórnar og virkjanaaðila falla saman.
3. Stjórnmalaleg áhætta og stjórnáráðgjafarinnar
4. Val á virkjunarstað og hönnun virkjunar
5. Áhættumatvið hönnun byggingu og rekstur virkjunarinnar og sjálfbærnisvísar samstarfsaðilja og birgja
6. Fjárhagsleg áhætta í verkefninu
7. Efnahagslegur stöðugleiki og afhendingaröryggi
8. Markaður, nýsköpun og rannsóknir
9. Jákvæð hliðaráhrif, menntun og þjálfun
10. Áreiðanleiki til lengri og skemmri tíma
11. Skipulag og virkni rekstrar
12. Viðhorf og afstaða samfélagsins
13. Greining á félagslegum áhrifum og aðgerðir til þess að draga úr eða bæta fyrir þær
14. Félagsleg, efnahagsleg og menningarleg áhrif á haghafa sem verða fyrir beinum áhrifum
15. Öryggissjónarmið og hættumat
16. Menningarminjar
17. Mat á umhverfisáhrifum og umhverfisstjórnun
18. Fyrirsjáanleg áhrif á umhverfi og mat á mikilvægi þeirra
19. Mengun loftslags, láðs og lagar og meðhöndlun úrgangs.
20. Gróðurhúsalofttegundir



- **Markmið**

Meta skal, auk beinna hagrænna áhrifa, umhverfis- og samfélagsáhrif nýrra vatnsorkuverkefna.

- **Leiðir**

Framkvæmt verði hagrænt heildarmat á áhrifum vatnsorkuverkefna, þar sem metin eru bein hagræn áhrif, auk samfélagslegra og umhverfislegra þátta.

- **Tímarammi og mælistikur**

[TBD]

## 12.2 Sjálfbær nýting jarðhita

Endurnýjun jarðhitaforðans á nýtanlegu dýpi er takmörkuð en magn forðans er það mikið að miðað við þann tímaskala sem við miðum sjálfbæra þróun við (100-300 ár) er langt frá því að nýting jarðhitaforðans sé ágeng. Hins vegar munu hitastig og þrýstingur einstakra svæða lækka og þá sérstaklega lághitasvæða utan gosbeltisins sem nýtt eru til hitunar.

*Sjálfbær vinnsla jarðhitasvæðis felst í vinnslu sem gengur ekki á varma- og vatnsforða svæðisins og hefur hvorki neikvæð áhrif á hvergi og laugar sem ástæða er til að varðveita né fjölbreytni og nýtingarmöguleika, s.s. nýtingarmöguleika lífríkis svæðisins.*

Orka hverasvæða endurnýjast með varmastreymi úr iðrum jarðar. Hún er því í eðli sínu endurnýjanleg auðlind. Varmauppstreymið er hinsvegar víðast hægvirkt nema þar sem virk eldstöð er í nánd. Vinnsla svæðisins verður að haldast í hendur við varma- og vatnsstreymið til að geta talist sjálfbær.

Sett hefur verið fram skilgreining á sjálfbærri vinnslu jarðhita á einu jarðhitasvæði (Guðni Axelsson o.fl, 2001): „Fyrir sérhvert jarðhitasvæði, og sérhverja vinnsluaðferð, er til ákveðið hámarksvinnslustig, E0, sem er þannig háttað að með lægra vinnslustigi en E0 er unnt að viðhalda óbreyttri orkuvinnslu frá kerfinu yfir mjög langt tímabil (100-300 ár). Sé vinnsluálag meira en E0, er ekki unnt að viðhalda óbreyttri orkuvinnslu svo lengi. Jarðvarmavinnsla minni en eða jöfn E0 er skilgreind sem sjálfbær vinnsla en vinnsla umfram E0 er ekki sjálfbær.“

Víðast mun farið varlega við vinnslu einstakra jarðhitasvæða því venjulega er samfélagslega hagkvæmast að vinnslu svæðisins verði viðhaldið sem lengst. Á vefsíðu Orkustofnunar (2. okt. 2001) segir að af þeim varma sem streymi inn undir landið teljist u.þ.b. 60 TWst/ári vera nýtanlegir og að þar af hafi um 14-15 TWst þegar verið nýttar 1999. Af því sem þá hafi verið eftir sé sumt vafalítið of dreift til að það verði nýtt á hagkvæman hátt. Þar segir einnig að sjálfbær orkuvinnsla úr háhita hafi verið metin um 20 TWst/ári miðað við núverandi tækni og reynslu.



Á liðnum árum hefur sjaldnast verið sérstaklega reynt að tryggja tilvist einstakra hvera og lauga á virkjunarsvæðum. Dæmi um lágheatavæði þar sem allir laugar eru horfnar er Höfuðborgarsvæðið. Ljóst er að þegar allir hverir og laugar hverfa af jarðheatavæði hefur stór hluti hitakærra örverutegunda horfið með þeim. Einhverjar örverutegundir lifa þó enn undir yfirborðinu ef þar er nægur hiti, vatn og aðrar aðstæður sem viðkomandi tegund þarfnast. Vegna landfræðilegrar einangrunar jarðheatavæða hvert frá öðru og mismunandi vistfræðilegum eiginleikum þeirra er engan veginn tryggt að nákvæmlega sömu örverutegundir séu að finna á öðrum svæðum, hvort sem er hér á landi eða annarsstaðar í heiminum. Það má því að nokkru leyti líkja þessu við eyðingu regnskóganna sem valda út dauða tegunda. Alþjóðlegt mikilvægi sem af þessu leiðir felur í sér ábyrgð og rannsóknarskyldu þar sem gæta verður að varúðarsjónarmiðum.

Hægt er einnig að tala um *sjálfbæra vinnslu jarðhita*. Sé annað ekki tiltekið felst hún í að vinna ekki meiri orku en endurnýjar sig að samanlögðu á þeim svæðum sem ákveðið verður að nýta til orkuvinnslu. Sjálfbær vinnsla einstakra jarðheatavæða í takt við endurnýjun þeirra jarðhitaauðlinda sem til ráðstöfunar eru þurfa að fara saman til þess að jarðhitavinnsla á Íslandi sé í jafnvægi og geti talist sjálfbær.

*Sjálfbær nýting jarðheatavæða* er aðeins víðtækara hugtak en sjálfbær vinnsla þeirra því það tekur einnig til hagnýtingar á varmaorkunni sem er í því vatni sem unnið hefur verið á jarðheatavæðinu. Orkunýting jarðvarmans við framleiðslu raforku er eingöngu 3-13% á svæðum þar sem djúphiti er 130-374°C (Sveinbjörn Björnsson 2001). Því er nýting jarðvarmaorku til raforkuframleiðslu einungis sjálfbær að takist að nýta afgangorkuna eða að affallsvatninu sé jafnóðum dælt á ný niður í varmageyminn.

Til eru aðrir nýtingarmöguleikar jarðheatavæða. Hægt er t.d. að nýta svæðin á sjálfbæran hátt í þágu ferðamennsku, heilsubóta og til rannsókna og vinnslu erfðaefnis úr hveraörverum.

- **Leiðir**

Haft skal reglubundið eftirlit, a.m.k. árlega, með nýtingu jarðheatavæða. Komið verði upp “gátlista” þannig að hægt sé að meta nýtingu orkulinda á samræmdan hátt. Slíkur gátlisti sé endurskoðaður reglulega eftir því sem þekkingu og tækni vex fiskur um hrygg.

---

## 13 Fræðsla, rannsóknir og alþjóðlegt samstarf

### 13.1 Fræðsla

#### 13.1.1 Jarðhitaskóli Háskóla Sameinuðu þjóðanna

Háskóli Sameinuðu þjóðanna var stofnaður 1975 með það að markmiði að koma á laggirnar alþjóðlegum háskóla þar sem aðstoð við þróunarlöndin væri í brennidepli. Aðalstöðvar HSþ eru í Tókýó í Japan, en kennsla fer fram í fjölmörgum stofnunum um allan heim. Jarðhitaskólinn starfar innan Orkustofnunar. Orkustofnun varð tengdastofnun HSþ árið 1978 og Jarðhitaskóli Háskóla Sameinuðu þjóðanna hefur verið starfræktur frá 1979. Nám við skólann til meistaragráðu var tekið upp í samvinnu við Háskóla Íslands árið 2000.

Markmið Jarðhitaskólans er að aðstoða þróunarlönd, þar sem nýtanlegur jarðhiti finnst, við að byggja upp og efla hóp sérfræðinga í jarðhitafræðum, sem geta unnið á hinum ýmsu sérsviðum í rannsóknum á jarðhita og nýtingu hans. Þetta er gert með því að bjóða upp á sérhæfða sex mánaða þjálfun. Þessi þjálfun er opin háskólamenntuðum einstaklingum sem hafa minnst ársreynslu í starfi við jarðhitarannsóknir í heimalandinu. Nýlega hefur námið verið útvíkkað með því að bjóða bestu nemendunum upp á framhaldsnám til meistaragráðu í jarðhitavísindum eða jarðhitaverkfræði. Allmargir nemendur eru þó þegar komnir með meistaragráðu og sumir doktorsgráðu áður en þeir koma til náms við Jarðhitaskólann.

### 13.2 Rannsóknir

Hér kemur texti um markmið varðandi rannsóknir í orkumálum.

### 13.3 Alþjóðlegt samstarf

Hér kemur texti um markmið varðandi alþjóðlegt samstarf í orkumálum.

## 14 Orkumál Íslendinga – yfirlit, tölfræði

### 14.1 Orkulindir

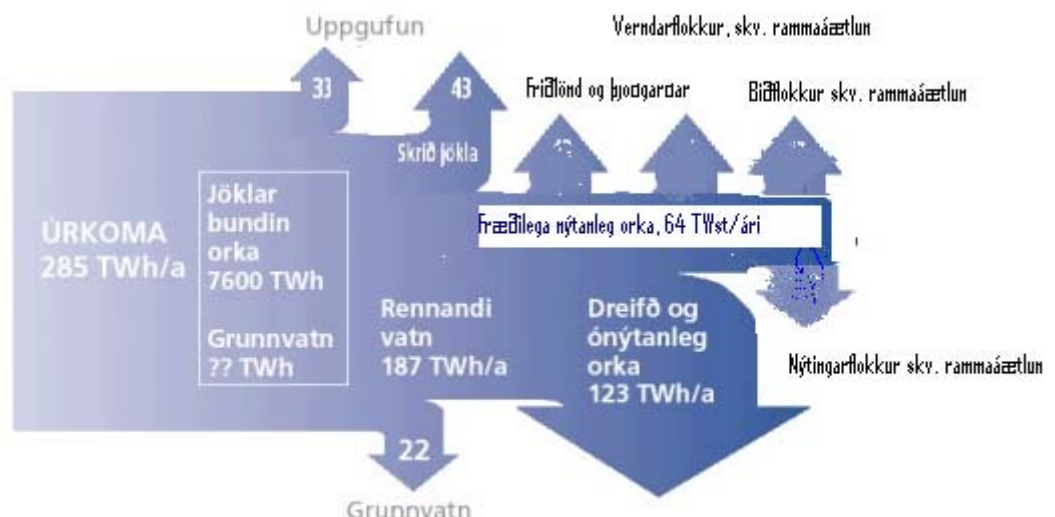
#### 14.1.1 Vatnsorka og jarðhiti

Vatnsorka og jarðhiti eru mikilvægustu orkulindir á Íslandi. Báðar þessar orkulindir hafa sín séreinkenni, en sameiginleg einkenni þeirra skipta einnig miklu máli fyrir nýtingu þeirra. Myndrænn samanburður á jarðhita og vatnsorku er sýndur á Mynd 4 og Mynd 5.

Í báðum tilvikum einkennast orkulindirnar af orkustraum. Vatnsorkan byggir á þeim orkustraum sem kemur að ofan - úrkomunni, en jarðhitinn lifir á þeim orkustraum sem kemur að neðan, þ.e. þeim varma sem kemur úr iðrum jarðar í formi bráðinnar kviku og varmaleiðni.

Orkustraumur úrkomunnar er gefinn sem 285 TWh/a en orkustraumur að neðan sem 263 TWh/a. Skekkjumörk í þessu mati eru veruleg þannig að rétt er að segja að orkustraumarnar að ofan og neðan séu álíka.

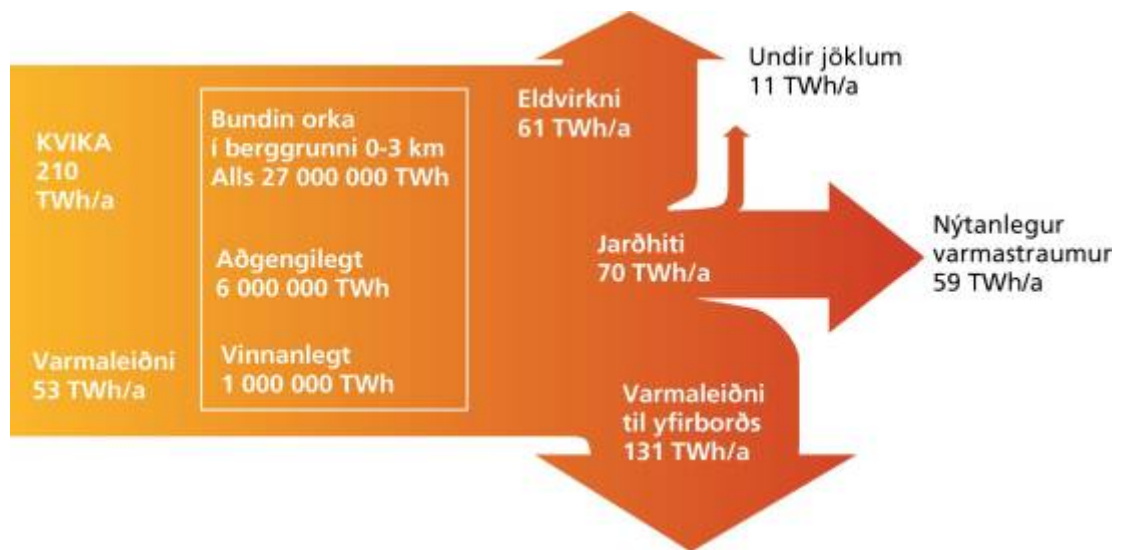
Bæði jarðhiti og vatnsorka hafa það einkenni að orka safnast saman á vissum stöðum í náttúrunni. Auk hins samfellda orkustraums eru þannig fyrir hendi orkubirgðir (eða bundin orka) sem hluti af orkukerfinu. Í vatnsorkunni eru það fyrst og fremst jöklarnir sem geyma bundna vatnsorku, en grunnvatnsgeymar, stöðuvötn og miðlunarlon eru einnig dæmi um bundna vatnsorku. Áætlað er að bundin orka í jöklum landsins sé 7.600 TWh. Þessi orka flokkast sem óvinnanleg.



Mynd 5: Yfirlit um vatnsorku á Íslandi

Í berggrunni landsins er bundin mjög mikil varmaorka. Í efstu þremur kílómetrum jarðskorpunnar er fræðilega áætlað að þessi varmaorka samsvari 27.000.000 TWh. Þá er átt við alla varmaorku við hærri hita en 5°C sem er meðalárshiti á Íslandi. Aðeins lítill hluti þessarar orku er talinn vera vinnanlegur eða um 1.000.000 TWh, án tillits til umhverfis- eða hagrænna þátta. Samt er bundin vinnanleg jarðhitaorka mjög mikil, eða sem samsvarar allri núverandi orkunotkun Íslendinga í 40.000 ár. Þess ber þó að geta að óvissa er um raunverulega afkastagetu jarðhitageymisins, m.a. vegna þess að eðli auðlindarinnar verður ekki þekkt fyrr en við nýtingu, og vegna hættu á óafturkræfum umhverfisáhrifum.

Ýmis afföll verða að ofan og að neðan eins og sýnt er á myndum. Þegar upp er staðið telst fræðilega nýtanlegt vatnsafl vera 64 TWh/a. Þessa orku er að finna á svæðum sem skipta má í fjóra flokka, þ.e. friðlönd og þjóðgarðar, svæði sem munu lenda í biðflokki rammaáætlunar um vatnsafl og jarðvarma, svæði sem munu lenda í verndarflokki rammaáætlunar og að lokum svæði sem lenda í nýtingarflokki rammaáætlunar. Orka frá síðasttöldu svæðunum er virkjanleg og nýtanleg í reynd.



Mynd 6: Yfirlit um jarðhita á Íslandi

Fræðilega nýtanlegur straumur varmaorku er áætlaður um 10-30 TWh/a miðað við 100-300 ára nýtingartíma, sem telst vera viðmiðunartími sjálfbærrar nýtingar<sup>27</sup>. Svæðunum sem orkuna geyma má skipta í sömu flokkana, þ.e. friðlönd og þjóðgarða auk verndarflokks, biðflokks og nýtingarflokks skv. rammaáætlun. Síðastnefndi flokkurinn geymir þann varmastraum sem á hverjum tíma telst nýtanlegur. Þessar stærðir eru bundnar talsverðri óvissu og byggja á takmörkuðum gögnum.

<sup>27</sup> „Þegar afkastagetu svæðanna var metin 1985 var miðað við nýtingu til 50 ára og er í þessari skýrslu miðað við sama árafjölda til samanburðar. Sjálfbær nýting á jarðhita gengur hinsvegar út frá nýtingu til 100-300 ára og til að fá mat á afkastagetu svæðanna þarf aðeins að deila með 2 upp í niðurstöðurnar fyrir 100 ára nýtingartíma og 6 fyrir 300 ára nýtingartíma.“  
<http://www.os.is/gogn/Skyrslur/OS-2009/OS-2009-009.pdf>

Mikill stærðarmunur er á bundinni vatnsorku og jarðhita. Sá munur kemur fram í eftirfarandi:

- Bundin (óvinnanleg) vatnsorka er 7.600 TWh, eða jafn mikil orka og fellur sem úrkoma á allt landið á 27 árum.
- Bundin jarðhitaorka í efstu 3.000 m jarðskorpunnar er 27.000.000 TWh, en það er jafn mikil orka og streymir upp í gegnum allt landið á 100.000 árum.
- Bundin vinnanleg jarðhitaorka í efstu 3.000 m jarðskorpunnar er 1.000.000 TWh, sem samsvarar varmastraumi úr iðrum jarðar í 3.800 ár.

Orkustraumar jarðhita og vatnsorku eru samfelldir straumar og hafa verið stöðugt í gangi í mjög langan tíma. Ætla má að úrkoman á landið hafi verið mjög svipuð síðan á síðustu ísöld eða í 10.000 ár. Varmastraumurinn upp í gegnum landið hefur verið svipaður og nú a.m.k. þann tíma sem landið hefur verið að hlaðast upp eða í 10.000.000 ár, líklega þó lengur. Af þessum sökum er talað um að bæði vatnsorka og jarðhiti séu endurnýjanlegar orkulindir. Það táknar að orkulindirnar klárast ekki, á stórsæjum tímamælikvarða, þó af sé tekið. Orkulindirnar endurnýja sig sem heild, eða eru hluti af samfelldum straumi í náttúrunni. Þetta á þó ekki endilega við um einstaka virkjunarkosti, en endurnýjanleiki jarðhitasvæða veltur t.d. á jarðeðlisfræði svæðanna og hraða nýtingar.

### **Skipting jarðhitasvæða á Íslandi**

Jarðhita á Íslandi er skipt í háhita- og lághitasvæði eftir jarðfræðilegri legu þeirra, eðli og útliti. Streymi jarðhitavatns til yfirborðs tengist sprungum og berggöngum sem liggja þvert á jarðlagastaflann og veita vatni upp til yfirborðs. Allur jarðhiti á Íslandi tengist reki hafsbotnsins, eldvirkni og jarðskjálftum.

**Háhitasvæði** eru innan gosbeltanna og tengjast þannig beint virkri eldvirkni. Vatn háhitasvæðanna getur verið langt að runnið en hitnar upp innan svæðanna og stígur þar upp eða rennur neðanjarðar í burtu. Á þessum svæðum er hiti í jarðhitakerfinu yfir 200°C á 1 km dýpi. Á yfirborði kemur jarðhiti fram sem gufuhverir, brennisteinshverir, leirhverir og stundum vatnshverir<sup>28</sup>. Brennisteinn og litskrúðugar útfellingar og ummyndun einkenna háhitasvæðin. Mikið er af uppleystum efnum í jarðhitavökvanum og er efnafræði hans flókin. Háhitasvæðin eru notuð til raforkuframléiðslu og einnig til húshitunar, í minna mæli til iðnaðar. Ekki er unnt að nota vatn háhitasvæðanna beint til neyslu og erfitt er að nota það beint til húshitunar án vandamála við útfellingar og tæringu.

**Lághitasvæði** eru yfirleitt utan gosbeltanna, undantekningin er þegar afrennslí frá háhitasvæðum kemur fram í vatnshverum og laugum, t.d. við Mývatn og í Öxarfirði. Á lághitasvæðum kemur jarðhitinn nær undantekningalaust fram sem vatnshverir og er talað um jarðhita frá 10°C og upp að suðumarki, 100°C. Lághitasvæðin tengjast eldvirkninni óbeint, vatn sitrar niður í heit jarðlög og hitnar þar, en getur runnið langar leiðir áður en það kemur til yfirborðs. Hiti í

<sup>28</sup> Sjá nánar Háhitavef unninn af Orkustofnun, <http://www.os.is/jardhiti/>

lághitakerfum er yfirleitt innan við 150°C á 1 km dýpi. Útfellingar eru yfirleitt hvítar, að mestu kísill og ummyndun lítil. Mun minna er um uppleyst efni í lághitavatni en vatni sem kemur frá háhitasvæðum, vatnið er basískara og efnafræðin oft einfaldari. Þess vegna er yfirleitt unnt að nota vatn lághitasvæðanna beint til neyslu og húshitunar. Lághati er aðallega notaður til almennrar neyslu, húshitunar og í sundlaugar.

#### 14.1.2 Sjávarfallaorka

Rannsóknir á nýtingu sjávarfalla eru á byrjunarstigi, og tækni til ölduvirkjunar enn styttra á veg komin. Settar hafa verið upp prófunarstöðvar t.d. í Bretlandi.

Enn er mjög óljóst hversu mikilli orku er hægt að ná úr sjávarföllum eða í ölduvirkjunum.

Fyrsti áfangi er öflun mæliganga til að meta umfang auðlindarinnar og gera áætlanir um nýtingu hennar.

#### 14.1.3 Vindorka

Orkustofnun og Orkusjóður hafa staðið að kortlagningu vindorku á Íslandi. Niðurstöður mælinga og kortlagninga er birt í gagnavefsjá Orkustofnunar.

Þar má finna upplýsingar um 142 veðurstöðvar, staðarnafn, staðsetningu, númer, hæð mælis, meðalhraða og áætlaða vindorku-framleiðslu. Nýtanleg vindorka er gefin upp í wöttum á fermetra og áætlaðri ársframleiðslu í GWh.<sup>29</sup>

#### 14.1.4 Aðrar orkulindir

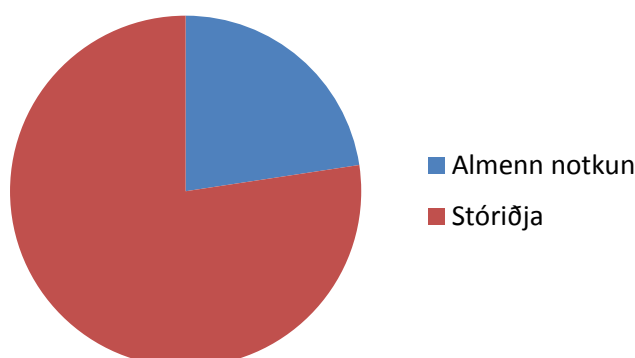
[TBD]

### 14.2 Orkunotkun

[Hér kemur sundurliðun á orkunotkun á Íslandi, þar með talin stóriðja, önnur atvinnustarfsemi, heimili, samgöngur og svo framvegis.]

<sup>29</sup> Sjá [http://www.os.is/page/gagnavefsja\\_vindatlas](http://www.os.is/page/gagnavefsja_vindatlas)

## Stóriðja og almenn notkun raforku 2008 (GWh)



Mynd 7: Stóriðja og almenn notkun raforku 2008<sup>30</sup>

80% af frumorkunotkun Íslendinga er í formi endurnýjanlegrar vatns- og jarðvarmaorku. Þau 20% sem eftir standa eru að mestu í formi jarðefnaeldsneytis og skiptast gróflega í þriðjunga, þ.e. til bifreiða, skipa og flugvéla.

### [Graf]

Vatnsorku er eingöngu breytt í raforku og tapast mjög lítið af orku vatnsfallsins við þá umbreytingu. Nýtingu vatnsorku fylgir oft talsverð landnotkun undir lón og vatnsvegi. Í nýjustu áætlunum er oftast gert ráð fyrir að veitur séu að mestu í jarðgöngum og stöðvarhús neðanjarðar. Til þess að koma raforku til notenda er háspennt raforka að mestu flutt eftir loftlínunum, en lágspenntari í vaxandi mæli í jarðstrengjum.

Varmaorka er notuð til rafmagnsframleiðsluog húshitunar auk annarar auk beinnar notkunar í m.a. iðnaði, ylrækt, hitunar stétta og bílastæða og sundlaugar. Um 90% af húsnæði á Íslandi eru hituð með jarðvarma.

**Xxxx%** af þeirri varmaorku sem nýtt er, er notuð til húshitunar, aðallega frá lágheatasvæðum. **Xxxx%** er notuð til rafmagnsframleiðslu.

Þegar varmaorka er nýtt til að framleiða raforku nýtast aðeins um 10% varmans en 90% er skilað sem afgangsvarma við lægri hita. Þennan varma má nýta til nýta til margvíslegrar atvinnu og verðmætasköpunar s.s. til eldis, ræktunar, upphitunar og til iðnaðar. Þeirri orku sem ekki tekst að nýta er dreift út í umhverfið eða dælt aftur niður í jarðhitakerfið.

Mikilvægt er að virðisauki sé sem mestur af nýtingu auðlindarinnar og því mikilvægt að flæði afgangsvarma út í umhverfið sé lágmarkað.

<sup>30</sup> Heimild: Hagstofa Íslands