

**Frá nauðpurft til nýsköpunar:
Jarðhitanyting á Íslandi
frá 1900 - 2005**

**Höfundur:
Ásdís Ingólfssdóttir**

Leiðbeinandi: Örn D. Jónsson

Háskóli Íslands
Viðskipta- og hagfræðideild
Odda v/Suðurgötu, 101 Reykjavík
Heimasíða: www.vidskipti.hi.is

Samantekt

Árið 2008 verður haldið uppá 100 ára afmæli hitaveitu á Íslandi. Á þessum hundrað árum þróaðist íslenskt þjóðfélag frá sjálfsþurftarbúskap yfir í það að standa jafnfætis öðrum vestrænum þjóðum í atvinnulífi, menntun, tækni og lífsgæðum. Umtalsverður þáttur í þeim lífsgæðum sem við búum við í dag byggir á þeirri framþróun sem orðið hefur í nýtingu á jarðhita. Viðhorf til atvinnuvega og atvinnumöguleika Íslendinga hefur breyst. Til langs tíma var litið á sjávarfang og landgæði sem mikilvægustu náttúruauðlindir landsins. Á síðari hluta tuttugustu aldar var talið nauðsynlegt að efla iðnað til að auka lífsgæðin, einkum stóriðju. Hagnýting jarðhitans, sem í fyrstu var vandrötuð leið til að nýta innlenda auðlind í stað innfluttrar er nú orðin útrásargrein.

Í þessu riti verður fjallað um jarðhitanýtingu á Íslandi út frá sjónarhóli nýsköpunar- og stjórnunarfræða. Jarðhitanýtingin verður skoðuð sem heildstætt og afmarkað nýsköpunarkerfi og notaðar verða aðferðir sem miða að því að greina slík kerfi. Gengið er út frá því að Íslendingar hafi náð einstökum árangri í nýtingu jarðhita og byggt verður undir þá staðhæfingu með gögnum. Sjónarhornið er þverfaglegt; gengið er út frá því að sá árangur sem náðst hefur hafi verið drifinn áfram af mörgum ólíkum þáttum, bæði samfélagslegum og náttúrufarslegum. Leitað er gagna um margháttaðar breytingar sem orðið hafa á íslensku samfélagi til að reyna að greina hvað hafi haft áhrif og hvað ekki á nýtingu jarðhita. Markmiðið er að kanna breytingar og þróun í íslensku samfélagi samfara aukinni nýtingu á heitu vatni frá aldamótum fram til ársins 2005 með það fyrir augum að greina hvað hafði áhrif, neikvæð eða jákvæð, á jarðhitanýtingu. Leitast er við að svara spurningunni hvers vegna og hvernig jarðhitinn, sjálfbær auðlind, varð veigamikill drifkraftur í nútímavæðingu íslensks þjóðfélags.

Umfjöllunin skiptist í fimm kafla. Fyrst er fræðilegur kafli þar sem lýst er þeim kenningum sem jarðhitanýting á Íslandi verður mátuð inní. Fjallað er um jarðhita og jarðfræði landsins. Þá kemur sögulegt yfirlit sem ætlað er að varpa ljósi á það hvernig jarðhitinn varð leið Íslendinga útúr vösbúð og lausn í orkukreppum. Þar eru dregin saman gögn varðandi þróun orkunýtingar og samfélagsins með það fyrir augum að greina hvaða þættir höfðu mest áhrif á aukna nýtingu jarðhita í stað innfluttra orkugjafa. Að lokum eru dregnar niðurstöður af þeirri mynd af þróuninni sem gögnin sýna í ljósi þeirra fræðikenninga sem valið var að nýta.

Formáli

Þessi ritgerð er lokaverkefni í meistaranámi í stjórnun og stefnumótun við Viðskipta- og hagfræðideild Háskóla Íslands. Verkefnið er 15 eininga einstaklingsverkefni og byggir á sjálfstæðri rannsókn sem gerð er með það að markmiði að þjálfa nemandann í sjálfstæðum fræðilegum vinnubrögðum. Umfjöllunarefnið í ritgerðinni sameinar þrjú meginhugðarefni höfundar og lýstur þar saman þeim þremur ólíku fræðasviðum sem höfundur hefur lagt stund á í lífinu, jarðfræði, kennslufræði og viðskiptafræði.

Verkefnið var að hluta til unnið haustið 2007 og á vorönn árið 2008 undir handleiðslu Arnar D. Jónssonar. Eru honum færðar bestu þakkir fyrir langlundargeð og uppörvun. Einnig vil ég þakka Ingvari Birgi Friðleifssyni, forstöðumanni Jarðhitaskóla Sameinuðu þjóðanna, sem tók fyrirspurnum mínum einstaklega vel.

Þakkir fyrir veitta aðstoð og uppörvun fá allir þeir vinir mínir og samstarfsfólk í Kvennaskólanum í Reykjavík sem gaf sér tíma til að velta vöngum yfir viðfangsefninu eða lánuðu mér aðstöðu vegna skrifanna. Fjölskylda mín fær alúðarþakkir fyrir að hafa stutt mig og hvatt til dáða. Sérstaklega vil ég þakka Einari Ólafssyni, Gunnhildi Stefánsdóttur og Haraldi Jónssyni, eiginmanni mínum, fyrir yfirlestur og tengdamóðir mín, Guðný Ragnarsdóttir, fær sérstakar þakkir fyrir lán á bókum sem reyndust ómetanlegar.

Reykjavík 6.september 2008

Ásdís Ingólfssdóttir

Efnisyfirlit

1	Inngangur	10
1.1	Nálgunin að viðfangsefninu	12
1.2	Uppbygging	13
1.2.1	Fræðileg umfjöllun.....	13
1.2.2	Jarðfræði Íslands og jarðhitinn	14
1.2.3	Sögulegt yfirlit	14
1.2.4	Þróun orkunýtingar	14
1.2.5	Gögnin og greining á þróun jarðhitanytingar	15
1.2.6	Niðurstöður	15
2	Fræðileg umfjöllun	16
2.1	Fræðilegur bakgrunnur SI-nálgunar.....	17
2.2	Aðferðafræði og val á gögnum	18
2.3	Þekking og nám.....	19
2.3.1	Hvað er þekking?	20
2.3.2	Flokkun þekkingar	22
2.3.3	Nám, miðlun og uppbygging þekkingar	24
2.3.4	Uppbygging þekkingar innan skipulagsheilda	25
2.3.5	Þekkingarverðmæti og stjórnun þekkingarsköpunar	27
2.4	Nýsköpunarfræði.....	28
2.4.1	Hvað er nýsköpun?	29
2.4.2	Tæknibrautir.....	30
2.4.3	Umsköpun og umsköpunarþrýstingur.....	31
2.4.4	Þróunarsamfellur og þekking.....	31
2.5	Kenning Porters.....	32
2.5.1	Samkeppnisforskot þjóða.....	33
2.5.2	Ástæður þess að þjóðir missa forskot	35
2.5.3	Samþætting á „demanti“ Porters og SI-nálgun.....	35

3	Íslenskir staðhættir og jarðhiti	37
3.1	Uppruni og sérstaða jarðhita	37
3.2	Jarðhiti á Íslandi	39
3.2.1	Magn og ending jarðhitavatnsins	39
3.2.2	Vandkvæði við nýtingu jarðhitans	41
4	Sögulegt yfirlit	43
4.1	Frá landnámi til fyrstu hitaveitu í hús	43
4.2	Skipting í tímabil eftir orkugjöfum	45
4.2.1	Hitafar og þróun í húshitun	47
4.2.2	Ástandið í Reykjavík 1880 – 1920, lok kolatímabilsins	48
4.3	Breytingar á íslensku samfélagi 1900 – 2005	50
4.3.1	Stjórnskipan á Íslandi	50
4.3.2	Þjóðarbúskapur og hagsveiflur	51
4.3.3	Mannfjöldi á Íslandi frá árinu 1900 – 2005	53
4.3.4	Meðalaldur og ævilengd Íslendinga frá 1900-2005	55
4.3.5	Samsetning þjóðarinnar, stærð og gerð heimila	56
4.3.6	Athafnasemi og uppbygging	58
4.3.7	Skólaskylda á Íslandi – formleg þekking	60
4.3.8	Menntun umfram skólaskyldu	61
5	Orkumál – frá olíu til hitaveitu	65
5.1	Laugaveita, upphaf Hitaveitu Reykjavíkur	65
5.2	Raforkuframleiðsla með jarðvarma	68
5.2.1	Önnur nýting jarðhita	71
5.3	Rannsóknir á jarðhita og lagaumhverfi	72
5.3.1	Tækni og framfaraskref	75
5.4	Skipulagsheildir í jarðhitageiranum	76
5.4.1	Jarðhitaskóli SP – forsaga og stofnun	76
5.4.2	Áhrif jarðhitaskólans – lært af notkun	78
5.4.3	Samskipti og flæði þekkingar	79
6	Greining gagna	81

6.1	Þróun samkeppnisforskots í jarðhitanytingu á Íslandi.....	82
6.2	Þróun jarðhitanytingar í breyttu samfélagi	83
6.2.1	Staðsetning, húshitun og stærð markaðar	85
6.2.2	Þekking, nám og færni	86
6.2.3	Stjórnsýsla og efnahagur.....	87
6.2.4	Stefnumótun stjórnvalda	88
6.2.5	Stjórnun þekkingar, nýsköpun og þróunarsamfellur	90
6.2.6	Stoðgreinar og skyldar greinar.....	91
7	Niðurstöður.....	92
	Heimildaskrá	95

Töflu- og myndayfirlit

Mynd 1.1 Hlutfall endurnýjanlegrar orku meðal þjóða	10
Mynd 1.2 Skipting frumorkunotkunar á Íslandi árið 2005.	11
Mynd 2.1 Megininnviðir greiningar Fagerbergs.	19
Mynd 2.2 Frá gögnum til innsæis.	21
Mynd 2.3 Framsetning á kenningum Polanyis og Ryles.	22
Tafla 2.1 Skipting þekkingar í dulda og formlega þekkingu.	23
Mynd 2.4 SECI-líkan Nonaka og Takeuchi.	25
Tafla 2.2 Þekkingarmyndun í skipulagsheildum.	26
Tafla 2.3 Samanburður á stjórnunarháttum og þekkingarmyndun.	28
Mynd 2.5 Myndin lýsir þróunarsamfellu. Þekkingu og færni miðar fram á við.	32
Mynd 2.6 „Demantur Porters“	33
Tafla 2.4 Greiningarþættir og staðsetning útfrá SI-nálgun og „demanti“ Porters.....	36
Tafla 3.1 Ýmsar landfræðilegar staðreyndir um Ísland.	37
Tafla 3.2 Eldgos á Íslandi á tímabilinu 1901- 2005.....	38
Mynd 3.1 Yfirlit orkuforða jarðvarma á Íslandi.	40
Mynd 3.2 Hlutfallsleg skipting jarðhitanýtingar á Íslandi árið 2005.....	40
Mynd 4.1 Notkun frumorku á Íslandi frá 1901 - 2005.	45
Mynd 4.2 Aukning á heildarraforkunotkun á 1000 íbúa á Íslandi 1960 - 2005.	46
Mynd 4.3 Útreiknað magn hvers orkugjafa á Íslandi frá 1901 – 2005.....	47
Tafla 4.1 Meðalhitastig í Stykkishólmi frá 1901-2005.....	47
Mynd 4.4 Íbúðarhúsnæði á Íslandi frá 1910 – 1960.....	49
Mynd 4.5 Verg þjóðarframleiðsla á verðlagi hvers árs frá 1901 - 1941.....	52
Mynd 4.6 Magnvísitölur vergrar landsframleiðslu á mann frá 1945 – 2005.....	52
Mynd 4.7 Verg landsframleisla á mann á árunum 1945 – 2005.....	53
Mynd 4.8 Mannfjöldi á Íslandi frá 1900 til 2005.	54
Mynd 4.9 Mannfjöldi í Reykjavík frá 1900 til 2005.	55

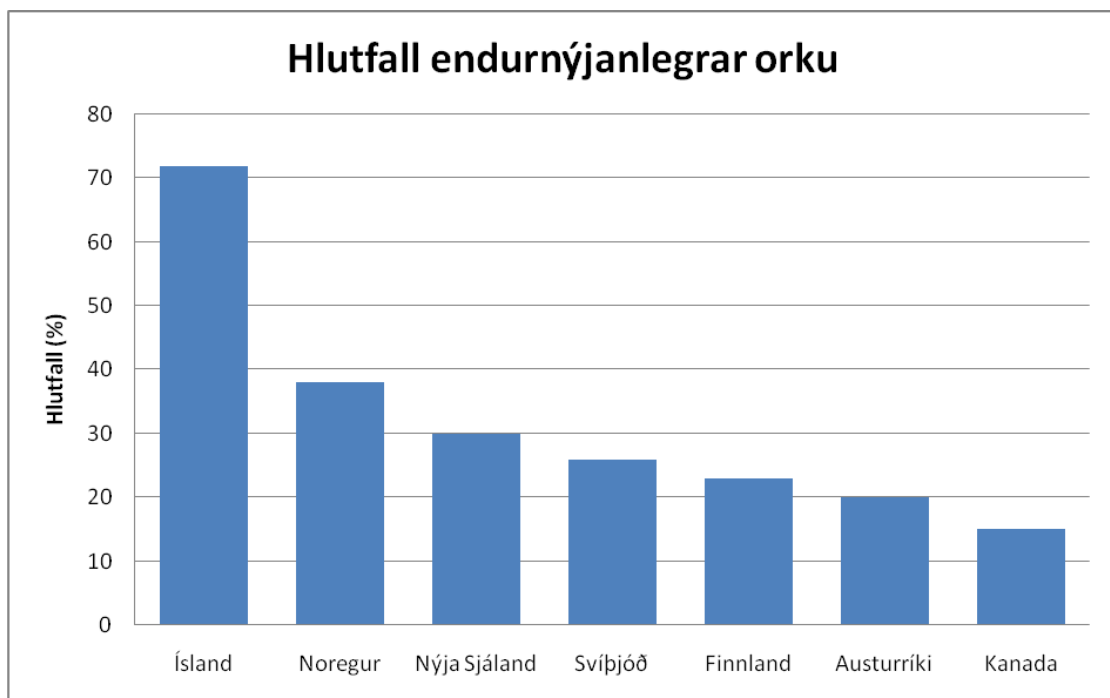
Tafla 4.2 Meðalaldur Íslendinga og breytingar frá 1901 – 2005.....	55
Mynd 4.10 Meðalævilengd Íslendinga frá 1901 – 2005.....	56
Mynd 4.11 Fjöldi heimila á Íslandi frá 1901 – 1960.....	57
Mynd 4.12 Fjöldi einstaklinga á hverju heimili frá 1901 til 2005.....	57
Mynd 4.13 Hlutfall erlendra ríkisborgara á Íslandi frá 1930 til 2005.	58
Mynd 4.14 Fjöldi íbúða sem fullgerðar voru á ári frá 1930 – 2004.	59
Mynd 4.15 Bílaeign landsmanna hefur margfaldast frá 1950.	60
Tafla 4.3 Lengd skólaskyldu á Íslandi frá upphafi til 2005.....	60
Tafla 4.4 Fjöldi nemenda og kennara í barnaskólum frá 1908 til ársins 2005.	61
Mynd 4.16 Fjöldi skóla á Íslandi sem útskrifa stúdenta.	62
Mynd 4.17 Fjöldi stúdenta við Háskóla Íslands frá 1903 – 2005.....	63
Mynd 4.18 Fjöldi félagsmanna í Verkfræðingafélagi Íslands frá stofnun.....	64
Mynd 5.1 Fjöldi hitaveitna á Íslandi frá árinu 1935 – 1990.	66
Mynd 5.2 Hlutfall íbúa Reykjavíkur sem búa við hitaveitu frá upphafi til 1990.	67
Mynd 5.3 Fjöldi íbúa á Íslandi sem bjuggu við hitaveitu, frá 1955-1990.	68
Mynd 5.4 Þróun raforkuvinnslu eftir uppruna 1905 - 2005.....	69
Mynd 5.5 Raforkuvinnsla með jarðhita frá 1969 til ársins 2005.....	70
Mynd 5.6 Skipting raforku milli almennings og stóriðju	70
Tafla 5.1 Lög um auðlindir og gildistökuár þeirra.	72
Tafla 5.2 Lög um rannsóknir, nýtingu og nýsköpun tengdar orku og jarðhita.	73
Tafla 5.3 Lög tengd jarðhita, hitaveitum og orku.....	73
Mynd 5.7 Framlag ríkissjóðs til rannsókna og þróunarstarfsemi	74
Tafla 5.4 Stofnanir tengdar jarðhitanýtingu og stofnár þeirra.	77
Tafla 6.1 Áhrifaþættir og staðsetning útfrá SI-nálgun og „demanti” Porters.....	81
Mynd 6.1 Íslensk jarðhitanýting mátuð við „demant“ Porters:	83
Tafla 6.2 Þróun jarðhitanýtingar í Reykjavík og á landsbyggðinni.....	84
Mynd 6.2 Samband hitastigs og fjölda hitaveitna á Íslandi árin 1900-2005.	84

Mynd 6.3 Samband fjölgunar Íslendinga og raforkunotkunar 1960 – 2005.....	85
Mynd 6.4 Nokkrir áhrifaþættir settir inní þróunarsamfelluna.	88
Mynd 6.5 Verðbreytingar á heitu vatni og olíu til húshitunar frá 1980 – 2005.....	89
Mynd 6.6 Þróun kaupmáttar launa og verðs á heitu vatni frá OR 1989-2005.....	89

1 Inngangur

Eitt megineinkenni vestrænnar iðnvæðingar er umfangsmikil hagnýting náttúruauðlinda og þar leikur orkunotkun lykilhlutverk (Schumacher 1983). Það er ekkert sem kemur í stað orku, þ.e. engin staðkvæmdarvara er til fyrir orku. Nú hefur komið í ljós að ódýr orka er ein af forsendum hagsældar (Ágústa Loftsdóttir 2006). Einnig virðist ljóst fyrir að tímabili ódýrra, óendurnýtanlegra orkulinda, þ.e. olú og gass, er lokið. Sjálfbær orka er orðin einn af lykilþáttum velferðar.

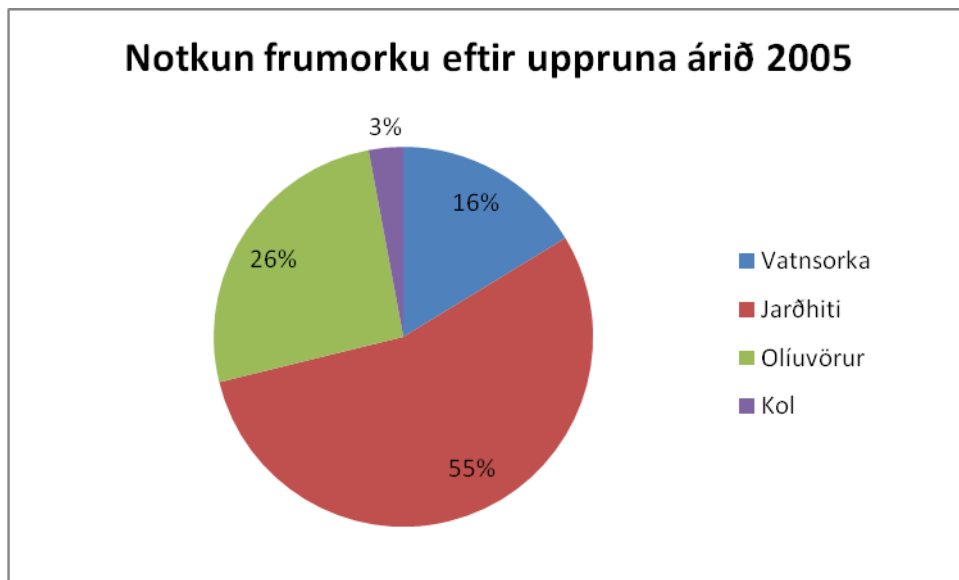
Íslendingar hafa náð miklum árangri í nýtingu á jarðhita og vatnsorku. Árið 2005 voru 72% orkunotkunar hér á landi endurnýjanleg, sem er hæsta hlutfall á heimsvísu. Þau lönd sem næst koma eru Noregur með 38%, Nýja Sjáland með 30% og Svíþjóð með 26% (sjá mynd 1.1). Árangur Íslendinga í nýtingu þessara auðlinda er afleiðing af yfir hundrað ára þróun og uppbyggingu þekkingar á sviði jarðhitanýtingar sem átt hefur sér stað samfara stórstígum lýðfræðilegum umskiptum í landinu. Nú er svo komið að meira en helmingur frumorku sem notuð er á Íslandi kemur úr jarðhita (sjá mynd 1.2) (Ingvar Birgir Friðleifsson 2006). Markmið þessa verks hér er að rannsaka hvernig þessi árangur náðist.



(Heimild: Ingvar Birgir, 2006, IEA 2006)

Mynd 1.1 Hlutfall endurnýjanlegrar orku meðal þjóða sem fremstar eru í heiminum

Atvinnuuppbygging á Íslandi hefur breyst mikið á síðastliðnum hundrað árum. Hún hefur þróast frá landbúnaðarþjófdeglagi til sjávarútvegssamfélags í iðnaðar- og þjónustusamfélag. Stór þáttur í þeim lífsgæðum sem við búum við á Íslandi í dag byggir á þeirri miklu framþróun sem orðið hefur í nýtingu á heitu vatni frá jarðhitasvæðum landsins (Björn Hróarsson 1991). Undanfarið hefur sjónum verið beint að ýmsum möguleikum íslenskra orkufyrirtækja í jarðhitafyrirtækjum erlendis, einkum fjárhagslegum. Sú þekking sem við búum yfir á möguleikum jarðhitanytingar til orkuvinnslu getur veitt innsýn í framtíðarþróun landa sem eru styttra komin í nýtingu jarðhita (Magnús Halldórsson 2008). Frá árinu 2007 hefur komið í ljós að þekkingarútlutningur á sviði sjálfbærrar hagnýtingar á orku er margslungið verkefni, um það verður ekki fjallað frekar hér.



(Heimild: Árni Ragnarsson 2006)

Mynd 1.2 Skipting frumorkunotkunar á Íslandi árið 2005.

Hér verður fjallað um þá sérstöðu sem nýting jarðhita hefur á Íslandi en hlutur hans var um 55% af heildarorkunotkun landsmanna árið 2005 (sjá mynd 1.2). Til þess að svara meginspurningunni: Hvernig varð jarðhitinn sú auðlind og uppspretta velmegunar sem hann er í dag fyrir íslenskt samfélag, verða eftirfarandi þættir skoðaðir:

- Hvernig var þróun jarðhitanytingar á Íslandi frá 1900- 2005?
- Hvaða meginþættir, sögulegir og samfélagslegir, höfðu áhrif á þróun í nýtingu jarðhita?
- Hvað áhrif höfðu þessir þættir á þá þróun?
- Hvernig tengist þessi þróun öðrum breytingum í samfélaginu?
- Hvernig fellur þróunin að kenningum um uppbyggingu og flæði þekkingar?

- Hvernig fellur jarðhitanýtingin að kenningum um samkeppnisstöðu þjóða?
- Er hægt að greina ákveðnar þróunarsamfellur?

1.1 Nálgunin að viðfangsefninu

Hitaveita og jarðhitaorkuver eru í dag eðlilegur þáttur í íslensku samfélagi, samofin daglegu lífi (Björn Hróarsson 1991). Skoðandinn stendur á sjónarhóli nýsköpunar- og stjórnunarfræða og lítur yfir sögu þjóðarinnar og nýtingu hennar á jarðhita til að greina þróun og áhrifaþætti. Samtvinnun fræðigreina gerir það að verkum að afmörkun umfjöllunarefnisins felur ekki í sér að þrengja sjónarhornið heldur hitt að halda sjóndeildarhringnum víðum og jafnframt greina frá og nýta þá þætti sem skipta máli á hverju sviði fyrir sig. Ekki er hægt að horfa framhjá því að óskyldir þættir, t.d. landfræðilegar aðstæður og olíuverð á heimsmörkuðum, geta haft áhrif á langtímaþróun á þessi sviði.

Hér er um að ræða skoðun á langtímabreytingum og verður notast við kerfisbundna nálgun að nýsköpun, svokallaða SI-nálgun (e. Systems of Innovation Approach). Sú nálgun er þverfagleg og heildstæð. Þar koma við sögu fræðigreinar eins og hagfræði, félagsfræði, landafræði og hagsaga. Kenningar um „nýsköpunarkerfi þjóða“ komu fram vegna þess að erfitt var að nota hugtök nýklassískrar hagfræði til að skýra með sannfærandi hætti hvaða þátt tækni ætti í hagvexti. Að grunni til er umræðan um nýsköpun byggð á hugmyndum Joseph A. Schumpeter um þátt tækni í atvinnuþróun. Hann gerði greinarmun á því sem hann nefndi smáskrefanýsköpun (e. Incremental Innovation) og grundvallarnýsköpun (e. Radical Innovation). Smáu skrefin fólust í því að tengja saman þekktu þætti á nýjan hátt. Nýsköpun af þeim toga var síðar nefnd „lært af gerð“ eða aðgerðafærni en þá tilgátu setti Kenneth Arrow fram.

Síðari tilgátu Schumpeters, og er sú talin vera róttækari, nefndi hann „skapandi eyðileggingu“ (e. Creative Destruction) og vísaði til þess hvernig smáskrefanýjungar safnast upp og verða til þess að breyta í grundvallaratriðum leikreglum atvinnu lífsins (Örn D. Jónsson 2008).

Haft er eftir E. H. Carr að rannsóknir á sögunni séu rannsóknir á orsökum. Joseph A. Schumpeter segir að „að góð greining á hagfræðilegum breytingum verði einungis gerð með sagnfræðilegri vinnu“ (Schumpeter 1991:408). Það gefur augaleið að sagnfræði skipar stóran sess við skoðun á þróun jarðhitanýtingar þar sem hún hefur breyst mjög mikið í árána rás. Sagnfræðin leggur til bakgrunninn með frásögnum af framgangi þeirrar þróunar sem hér á að skoða. Hún gerir grein fyrir þeim þáttum sem

hafa áhrif á hvernig þróunin varð. Sagnfræðin leggur einnig til lýsingu á því ástandi sem ríkir í þjóðfélaginu þegar hvert skref í framþróuninni er stigið. Það ástand er orsakavaldur og eru sagnfræðirit og tölfræðilegar heimildir frá fyrri tíð því mikilvæg gögn í greiningunni. Gögnin verða skoðuð í ljósi kenninga nýsköpunar-, hag- og stjórnumarfræða. Þannig verður fortíðin lykill að framtíðinni.

Jarðfræðin leggur til lýsingu á náttúruauðlindinni sem verið er að fjalla um og veitir skilning á sérstöðu hennar, eðli, umfangi og möguleikum. Jafnframt eykur jarðfræðin skilning á þeim vandamálum sem fylgja því að hagnýta jarðhitann og hversu mikilsverðar þær lausnir, þekking og nýsköpun, sem með tímanum hefur safnast upp, eru (María J. Gunnarsdóttir 2002). Jarðfræðin er ekki einungis mikilvæg vegna skilnings á jarðhitnum og náttúruhamförum heldur einnig vegna staðháttu og landfræðilegrar legu Íslands sem hvetur til nýtingar á innlendum auðlindum en takmarkar hana jafnframt vegna fjarlægðar við aðra markaði.

Tímakvarðar fræðigreina eru mismunandi. Hér er fjallað um rösklega hundrað ára sögu nýtingar auðlindar sem hefur orðið til á milljónum ára sem eru utan okkar reynsluheims og sá tími er okkur óræður í raun. Ísland er jarðfræðilega mjög ungt land á tímakvarða jarðfræðinnar, þannig eru tveir tímakvarðar sem marka svið nýtingarinnar og það skiptir máli við ákvörðun á möguleikum til framtíðar. Getum hefur verið að því leitt að gengið sé hraðar á auðlindina en hún endurnýjast. (Björgólfur Thorsteinsson 2006).

1.2 Uppbygging

Umfjöllunin í þessari rannsókn miðar að því að tengja saman jarðfræði, samfélagsþróun, þekkingu og samkeppnisforskot þjóða. Hún hefst á fræðilegum kafla. Í næsta kafla er fjallað um jarðhita á Íslandi og jarðhitanytingu. Í þriðja lagi er sögulegt yfirlit samfélagsþróunar á Íslandi frá 1900- 2005. Í fjórða hluta er umfjöllun um orkunýtingu á Íslandi á þeim rúmlega hundrað árum sem ritgerðin spannar og í fimmta hluta er þróunin greind. Að lokum eru dregnar saman helstu niðurstöður.

1.2.1 Fræðileg umfjöllun

Fjallað verður um kenningar um þekkingu og nýsköpun auk þess sem gerð er grein fyrir fræðilegum bakgrunni og aðferðum SI-nálgunar. Farið verður yfir kenningar sem fjalla um við hvaða aðstæður þekking getur orðið til, hvernig henni er haldið við, hvernig hún byggist upp og flæðir innan skipulagsheilda.

Fjallað verður um hugmyndir Porters um samkeppnisforskot þjóða og gerð grein fyrir þeim meginþáttum sem hann telur að komi þjóðum í fremstu röð. Greint er frá nýsköpunarkenningum um þróunarsamfellur, innri spennu og afturvirka þróun (Dahmén 2004). Kenningar um þá breytingu sem hefur orðið á því hvernig nýsköpun á sér stað þ.e. þróunin frá því að frumkvöðullinn, einstaklingurinn og snillingurinn kemur með nýjungar yfir í það að skipulagsheildir með rannsóknar- og þróunardeildir vinna kerfisbundið að því að þróa nýjungar (Hughes 1989).

1.2.2 Jarðfræði Íslands og jarðhitinn

Jarðfræðilegri og landfræðilegri sérstöðu Íslands er lýst og jarðhita á Íslandi gerð lítillaga skil. Jarðfræðilegum aðstæðum er lýst til að draga fram þau vandamál sem upp kunna að koma við jarðhitanýtingu og hvað það er sem þarf að finna lausnir á. Gerð verður grein fyrir þeim atburðum sem geta hamlað nýtingu á jarðhita og skoðuð sérstaða landsins. Þessi umfjöllun gefur innsýn í hvaða stórvirki það er í raun sem unnið hefur verið við virkjun jarðhita, hvort heldur er til húshitunar eða raforkuframleiðslu.

1.2.3 Sögulegt yfirlit

Rakin er í stuttu máli sagan frá 1900 – 2005 en söguna er hægt að nota til að greina framþróunina. Skoðað er hvernig hitaveitukerfi landsins byggðust upp með tilliti til þess hvaða tækniþekking og nýting er í gangi hverju sinni. Einnig er litið til aðstæðna í þjóðfélaginu. Skoðað er hvenær tímamót urðu í nýtingu og í hverju þau voru fólgin. Hvað var að gerast í umhverfinu sem gæti hafa haft áhrif?

1.2.4 Þróun orkunýtingar

Í þessum hluta er fjallað um kerfið sem á að greina. Skilyrðum á Íslandi frá 1900 fram til ársins 2005 eru gerð skil. Safnað er saman tölulegum upplýsingum um nýtingu ásamt með yfirliti yfir fyrirtæki og stofnanir sem tengjast jarðhitanýtingu. Helstu þættir sem taldir eru geta haft áhrif eru dregnir fram s.s. mannfjöldi, ástand menntamála og orkunýting landsmanna. Tölulegum upplýsingum um þá þætti sem taldir eru geta haft áhrif á þróunina er fléttað saman við sögulega frásögn. Teknar eru saman upplýsingar um lagasetningar, skipulagsheildir og fjallað um Jarðhitaskóla Sameinuðu þjóðanna.

1.2.5 Gögnin og greining á þróun jarðhitanytingar

Þær upplýsingar sem dregnar hafa verið saman í fyrri köflum eru notaðar til að finna þá áhrifaþætti sem urðu til þess að framþróun varð. Skoðaðar eru þróunarsamfellur og afturkippir í þróuninni.

Við greininguna verður að velja ákveðna þætti sem viðmið og gera grein fyrir því hvers vegna þeir eru valdir, kostir og gallar, takmarkanir og möguleikar. Áður hefur verið gerð fræðilega grein fyrir þeim aðferðum sem beitt var við val á gögnum.

Aðferðir og líkön nýsköpunar- og stjórnunarfræða eru notaðar til að greina á hvern hátt endurbætur við nýtingu verða uppspretta tækninýjunga og framfara. Notaðar eru hugmyndir Porters (1990) um samkeppnishæfni þjóða og aðferð Fagerbergs við að greina áhrifaþætti þróunar. Kenningar Nonaka (1991) um áhrif umhverfis á þekkingarflæði eru nýttar til þess að reyna að svara því hvers vegna og hvernig þekking flæddi milli manna og fyrirtækja.

1.2.6 Niðurstöður

Að lokum eru dregnar saman niðurstöður greiningarinnar. Þar eru tekin saman þau meginatriði sem talin eru geta skýrt hvers vegna þróun jarðhitanytingar á Íslandi varð með þeim hætti sem raun ber vitni.

2 Fræðileg umfjöllun

Fræðilegur bakgrunnur ritgerðarinnar er í raun tvískiptur, annars vegar eru kenningar um þekkingu og nýsköpun, þ.e. nýsköpunarkenningar Schumpeters og útfærslur á henni um nýsköpunarkerfi þjóða. Hins vegar eru kenningar Porters og svokölluð SI-nálgun Fagerbergs sem eru bakgrunnur við val á gögnum. Hér verður greint stuttlega frá aðkomu þessara kenninga að þessari rannsókn.

SI-nálgunin byggir á grunni nýsköpunarfræða en er í sjálfu sér ekki kenning sem hægt er að máta raunveruleikann við heldur félagsleg greining sem getur veitt innsýn og þar með grunn að stefnu eða ákvarðanatöku. Grunnskilgreining á vísindalegum yrðingum er að þær sé hægt að sanna eða afsanna. Nálgunin er tæki til að hjálpa greinandanum að skoða þætti sem leiða til kenningar. Þá kenningu er síðan hægt, með empirískum hætti, að fella eða styðja. (Jan Fagerberg 2006)

Þekkingarstjórnun leggur okkur til kenningar um hvernig þekking verður til innan fyrirtækja og jafnframt hvernig hún flyst milli manna og breytist með tíma. Þekkingarstjórnun, rétt eins og SI nálgunin, er þverfagleg og að baki kenninga hennar liggja skilgreiningar annarra fræða s.s. heimspeki og kennslufræða (Jashapara 2004). Þær eru í nokkru samhengi við stefnur um nám og kennslu sem kennslufræðin leggur til fræðanna. Nonaka og Byosiére settu fram kenningar um þekkingarmyndun innan skipulagsheilda og þær aðstæður sem verða að ríkja til að þekkingarmyndun eigi sér stað (Ikujiro Nonaka 2003).

Nýsköpunarfræðin leggja til sjónarhorn sem sýnir þá áhrifaþætti sem hvetja eða letja framþróun. Þau veita skilning á því hvernig tæknibrautir þróast og varpa ljósi á þá umbreytingu sem hefur átt sér stað á tækniþekkingu á sviði jarðhitanýtingar á Íslandi. Með „gleraugum Schumpeters“ er horft á samfellur í þróuninni og þá innri spennu sem veldur framþróun (Coyle 1997; Dahmén 2004). Hugtakaskilgreiningar hjálpa til við að sjá betur þær sjálfstæðu þróunarbrautir sem eru að markast í tímans rás og þar með finna áhrifavalda sem gert hafa kleift að ná settum markmiðum í nýtingu jarðhita. Michael Porter hefur reynt að svara því hvað komi þjóðum í fremstu röð á ýmsum sviðum atvinnuvega og hefur hann sett fram líkan þar sem áhrifaþáttum er lýst (Porter 1990). Líkanið og kenningar hans hjálpa til við að velja þá þætti sem vert er að skoða til að skilja hvað hefur fleytt Íslendingum áfram á vegferð þeirra í nýtingu jarðhitans. SI-nálgunin og aðferðafræði Fagerbergs nýtist vel til að skoða innviði

samfélagsins á meðan Porter ber saman þjóðir og gefur annað sjónarhorn þ.e. sýn út frá stefnumiðaðri stjórnun. Saman gefa þessar nálganir vonandi nýja mynd af því sem hér er verið að skoða s.s. langtímaþróun í nýtingu einnar náttúruauðlindar á Íslandi, tækniframfarir og þekkingaruppbyggingu sem tengjast þeirri nýtingu.

2.1 Fræðilegur bakgrunnur SI-nálgunar

SI er skammstöfun fyrir enska heiti nýsköpunarkerfa þ.e. Systems of Innovation. SI-nálgunin er ekki formleg kenning þar sem skoðuð eru tengsl breyta og ályktað um þau. Hér er um að ræða aðferðafræði sem hægt er að beita til að setja fram tilgátur sem síðan má færa rök fyrir og nota til að leggja grunn að rannsókn. Af notkun þessarar aðferðar leiðir kenning sem hægt er að hafna eða styðja. Nálgunin gengur útfrá því að nýsköpun eigi sér stað í heildstæðu kerfi sem samanstendur af einstökum þáttum og tengslunum sem eru á milli þeirra. Tilteknir hlutar af heildinni hafa það hlutverk að framkvæma fyrirfram ákveðnar aðgerðir og hafa útmörk, þ.e. aðgreina sig frá öðru í umhverfinu. Nýsköpun á sér ekki stað í tómarúmi og þótt verið sé að skoða þróun á Íslandi þýðir það ekki að utanaðkomandi áhrifa gæti ekki.

SI-nálgunin gengur útfrá því að nýsköpunarkerfi megi skipta í tvo meginþætti. Annars vegar eru skipulagsheildir og hins vegar umhverfisþættir. Skipulagsheildir eru formlegar heildir sem stofnaðar eru í ákveðnum tilgangi og hafa ákveðið hlutverk, þ.e. fyrirtæki, háskólar, stofnanir sem bera ábyrgð á nýsköpunarstefnu, fjármálastofnanir og samkeppnisstofnanir. Umhverfisþættir eru utanaðkomandi áhrifavalda s.s. venjur, siðir, gildi, ferlar, reglur og lagaumhverfi sem skipulagsheildin starfar í. Þessum tveim meginstofnum nýsköpunarkerfa hefur verið líkt við leikmenn og leikreglur. Innan nýsköpunarkerfis eru framkvæmdar athafnir, skapaðar tækninýjungar og ákveðin virkni á sér stað sem þróar og nýtir nýsköpunina.

Nálgunin gerir ráð fyrir að ákveðnir þættir séu mikilvægar vísbendingar um getu til nýsköpunar. Til dæmis um slíka þætti mætti nefna nýja tækniþekkingu, uppbyggingu þekkingar, menntun og þjálfun auk lærdóms einstaklinga. Einnig þættir eins og uppgötvun nýrra markaða, auknar kröfur neytenda um gæði, stofnanir og fyrirtæki sem breytast og aðlagast sem og lög og reglugerðir breytast og aðlagast. Þá breytist aðgengi að aðföngum og fjármögnun nýsköpunar og ráðgefandi umhverfi styrkist.

Mismunandi er milli landa hvernig skiptingu þessara þátta er háttað, t.d. eru háskólar í Bandaríkjunum og Svíþjóð mjög öflugir í rannsóknum og þróun á meðan einkageirinn er veikburða. Í Þýskalandi er þessu er öfugt farið. (Jan Fagerberg 2006).

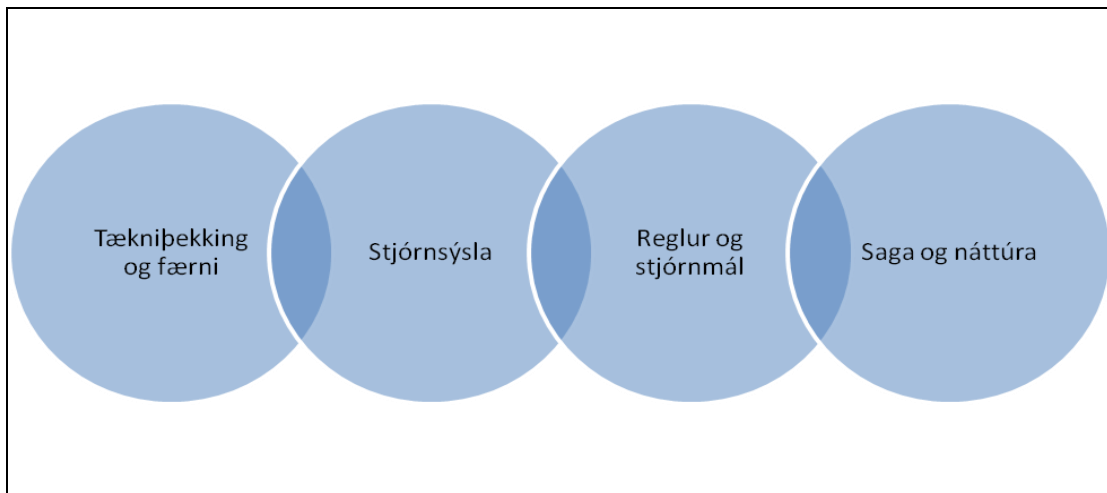
2.2 Aðferðafræði og val á gögnum

Rannsóknaraðferðir sem notaðar eru í þessari rannsókn eru blanda af meginlegum og eigindlegum aðferðum. Fyrirliggjandi talnagögnum var safnað samhliða sögulegri greiningu. Að hluta til er rannsóknin tilviksgreining og að hluta til haglýsing sem tekur mið af því sem talið er skipta máli við rannsókn á þróun jarðhitanýtingar á Íslandi. Rannsakandinn hefur hér frjálsar hendur ekki einungis um val á aðferðum og heimildum heldur jafnframt um val á þeim þáttum sem skoðaðir eru. Þar sem umfjöllunarefni er flókið verður aldrei hægt að gera tæmandi úttekt á öllu sem því viðkemur. Frumheimildir úr íslenskum veruleika þess tímabils sem hér er fjallað um eru uppspretta sem vart þrýtur og talnagögn eru til í ótrúlegu magni. Það er vandi þeirra sem rannsaka nútímasögu að magn heimilda og gagna er mikið og því er vandi rannsakandans að velja. Valið getur aldrei verið tæmandi (Eggert Þór Bernharðsson 1998). Hvað þessa rannsókn varðar hefur verið reynt að velja gögn sem ná yfir allt tímabilið frá árinu 1900 til 2005. Í sumum tilvikum er það ekki nauðsynlegt þar sem tiltekin starfsemi er tímabundin og hefur ekki hafist fyrr en eftir 1900. Einstaka tilvik eru þar sem gögn eru ekki fyrir hendi eða hafa ekki fundist. Vegna flækjustigsins er útilokað er að skoða alla hugsanlega þætti sem gætu verið áhrifavaldar og nauðsynlegt er að vanda val þeirra þátta sem skoðaðir eru og reyna að velja rétt. (Jan Fagerberg 2006)

Staða rannsakandans hefur áhrif á val þess sem skoðað er. Þar kemur inn alþekkt áhrifastærð sem iðulega er rædd í aðferðafræði félagsvísinda. Áhugi rannsakandans liggur á tilteknu sviði og mun það eflaust fylgja honum við valið. Það hefur einnig áhrif á val á greiningaraðferðum og heimildum. Til þess að vera ekki háð tilviljunum hvað varðar val á gögnum verður að nálgast viðfangsefni með kerfisbundnum hætti. Því var leitað til nýsköpunarfræðanna eftir nálgun sem gæti hjálpað til við að greina og flokka sauðina frá höfrunum og var SI-nálgunin talin gagnleg. Kenning Porters um samkeppnisforskot og nálgun Fagerbergs nýttust vel við val á gögnum (Fagerberg 2006; Coyle 1997).

Jan Fagerman og Martin Srholec (2005) komust að því með þáttagreiningu í rannsókn sinni að hægt er að flokka áhrifaþætti þróunar í löndum heims í fimm meginflokkum: Þekking, opnun, fjármagn, stjórnvald og lýðræði. Þeir tóku saman hvaða þætti er mögulegt að mæla. Þeir fundu ekki tengsl milli hagvaxtar og þess hversu opnar þjóðir

væru fyrir nýjungum utan frá og láta það liggja á milli hluta við framsetningu á innviðum greiningarinnar (Jan Fagerberg 2005). Hægt er að flokka þá þætti sem hér voru valdir í fjóra af þessum meginflokkum. (sjá mynd 2.1).



(Heimild:Fagerberg 2005)

Mynd 2.1 Megininnviðir greiningar Fagerbergs. Fjórir flokkar eru taldir ná yfir þau svið sem geta gefið mynd af áhrifaþáttum þróunar.

2.3 Þekking og nám

Það hefur verið álit fræðimanna undanfarna áratugi að þekking sé lykilatriði til að tryggja samkeppnisstöðu og hagsæld þjóða. Meðal þeirra sem hafa haldið þessu fram er Peter F. Drucker sem telur að samkeppnisforskot muni ráðast af menntun og kunnáttu vinnuafis. Telur hann að þekking sé orðin grunnauðlind í bandarísku hagkerfi sem hafi breyst úr framleiðsluhagkerfi í þekkingarhagkerfi (Drucker 1999). Þannig muni ný þekking skapa grundvöll fyrir endurnýjun fyrirtækja og viðhalda samkeppnisforskoti (Prahalad og Hamel 1994). Til þess að þekking nýtist sem skyldi verður hún að vera færanleg bæði milli fyrirtækja en ekki hvað síst innan fyrirtækis (Grant 1996). Til þess að aukin þekking bæti samkeppnisstöðu atvinnulífsins verður að tryggja tilfærslu þekkingar frá rannsóknaraðilum til fyrirtækja (Hellen M. Gunnarsdóttir 1992).

Nýsköpunarhæfni byggist á tækniþekkingu og færni og er nátengd nýsköpunarkerfi landsins. Niðurstaða Fagerbergs og Srholecs (2005), sem sækja hugmyndir sínar til Abramovitz (1986), er að þekking sé undirstaða þess að lönd geti þróað og náð að brúa þekkingargjána og þannig unnið upp forskot annarra þjóða. Mikil fylgni er á milli þekkingar og vaxtar þjóðarframleiðslu. Þekking ein og sér getur ekki komið af stað þeirri þróun sem þarf heldur verður hún að vera studd af góðu stjórnskerfi og stöðugu fjármálaumhverfi.

Þekking eða að kunna hluti er huglægt fyrirbæri sem hefur margar birtingarmyndir. Það getur átt við um fræðilega þekkingu sem byggist á skilningi á fyrirbærum. Það getur einnig átt við hagnýta þekkingu sem byggist á skilningi á orsaka- og afleiðingasambandi sem reynsla hefur sýnt að gangi upp án þess að skilningur á undirliggjandi lögmálum sé þekktur. Unnt er að öðlast þekkingu með skólanámi, með reynslu í starfi, eða með því að herma eftir öðrum. Uppbygging þekkingar þarf ekki að hafa hagrænan tilgang en hefur það oft en ekki. T.d. hefur tæknifræði sem kennd er í skóla oft augljósan hagrænan tilgang (Fagerberg 2005).

Í heimi þar sem markaðir, framleiðsluvörur, reglur og jafnvel þjóðfélög breytast mjög hratt hafa nýsköpun og þekking orðið mjög mikilvæg aðföng til að viðhalda samkeppnisforskoti. Uppbygging þekkingar með lærdómi innan skipulagsheilda er því mikilvæg til að tryggja samkeppnisstöðuna vegna þess að hana er ekki hægt að kaupa og mjög erfitt er að herma eftir henni. Slík þekking er mjög dulin, samofin í getu og ferla skipulagsheildarinnar og er sérsniðin að þörfum hennar (Ikujiro Nonaka 2003).

Hér á eftir fara skilgreiningar og kenningar um nám, þekkingu og stjórnun þekkingar.

Leitast verður við að svara eftirfarandi spurningum:

- Hvað er þekking?
- Hvað er nám og hvernig verður þekking til?
- Hvernig flyst þekking milli manna?
- Hvaða aðstæður verða til þess að ný þekking verður til?
- Hvernig er þekkingu stjórnað?

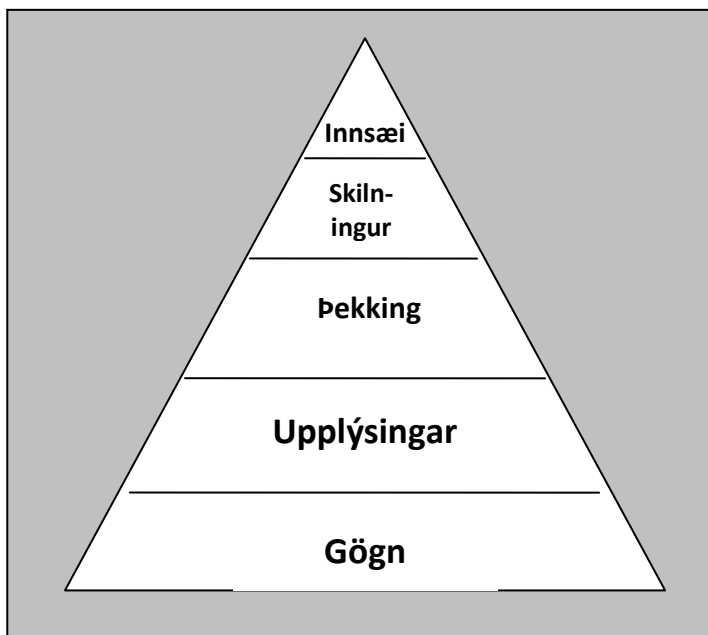
2.3.1 Hvað er þekking?

Spurningin er heimspekileg og hefur verið umfjöllunarefni heimspekinga í gegnum aldirnar allt frá forngríkkjum til vorra daga (Jashapara 2004). Innan heimspekinnar er undirgreinin þekkingarfræði sem fjallar um eðli og uppsprettu þekkingar og skyld hugtök. Einfaldasta skilgreining heimspekinnar er að þekking sé sönn og rökstudd skoðun (Dretske 1981).

Skilgreiningar innan stjórnumarfræða gera ráð fyrir að þekking sé „upplýsingar ásamt reynslu, samhengi, túlkun og íhugun. Hún er afurð vandlegrar úrvinnslu upplýsinga sem eru tilbúna til notkunar við ákvarðanatöku og í athöfnum“ (T. Davenport o.fl., 1998). Samkvæmt þessu er þekking sambland margra þátta. Hún er flæðandi og formleg og byggir á skilningi einstaklings og býr því innra með honum og er hluti af

einstaklingseðli hans. Í skipulagsheildum er þekking samofin venjum, ferlum og gildum (Davenport og Prusak, 2000).

Runólfur Smári (2000) skilgreinir þekkingu sem þátt í rekstri fyrirtækja sem „innsæi og skilning á öllu því sem skiptir máli í starfsemi tiltekins fyrirtækis eða stofnunar t.d. skilning á tilteknum lykilorði í starfsemi fyrirtækis, mikilvægu atriði í samskiptum milli manna eða aðgerðum á ákveðnu starfssviði.“ Þekking er samkvæmt þessu það ástand að skilja eitthvað og geta hagnýtt sér þann skilning á staðreynd í einhverjum tilgangi. Það sem er vitað eru staðreyndir eða upplýsingar. Þegar við getum beitt því höfum við öðlast þekkingu (Jashapara 2004).



(Heimild: Jashapara 2004)

Mynd 2.2 Frá gögnum til innsæis.

Í þekkingarstjórnun er talið gagnlegt að setja fram mynd sem sýnir tengsl gagna, upplýsinga og þekkingar. Þar er gert ráð fyrir nokkurs konar stigskiptingu (sjá mynd 2.2). Á neðsta stigi eru gögn þ.e. upplýsingar sem hægt er að safna. Gögn sem slík geta verið margvísleg en hafa í sjálfu sér ekkert gildi ef þau eru ekki nýtt. Þ.e. þegar gögnum hefur verið safnað er nauðsynlegt að meðhöndla þau þannig að þau veiti upplýsingar. Upplýsingar koma að gagni í ákveðnu samhengi og upplýsingar í sjálfu sér segja tiltekna hluti um aðstæður. Þekking fæst hins vegar ef upplýsingum er beitt á réttum stað, á réttum tíma, á réttan hátt, þá hefur skapast þekking á tilteknu sviði. Þekking felur í sér skilning á samhengi upplýsinga, hluta og atburða og getur þannig veitt innsýn í framtíðina (Jashapara 2004). Stigin ofar þekkingunni eru skilningur og innsæi og er lítið á þau sem æðri þekkingunni. Awad og Ghaziri (2004) hafa notað

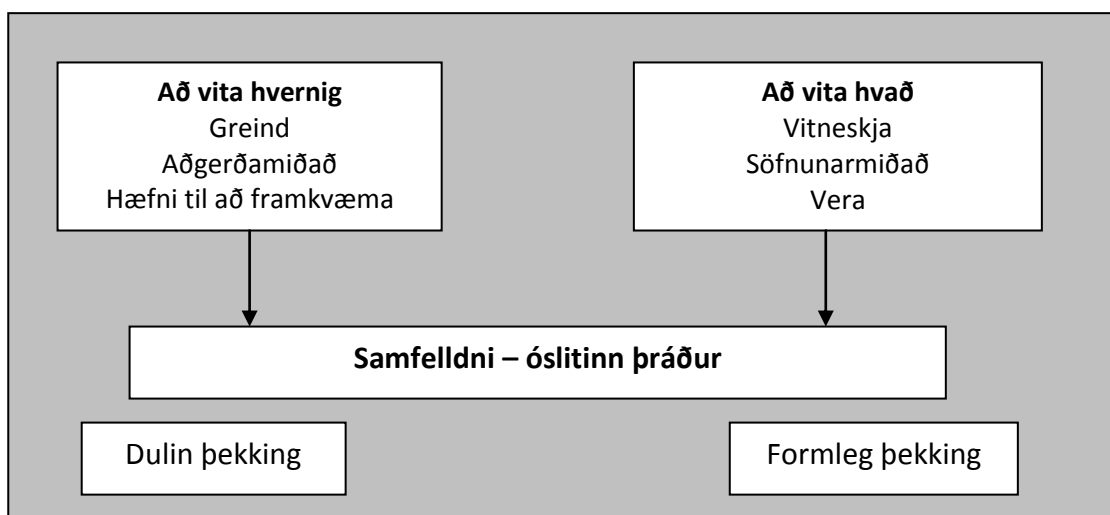
svipaða myndlíkingu sem sýnir hvernig gögn breytast í upplýsingar sem aftur breytast í þekkingu með skilningi. Til þess að þekking sé nýtt á nýjan hátt verði að beita innsæi.

Þessi stigskipting á sér ýmsar hliðstæður í fræðunum en þrepin eru mismörg. Guns (1998) skiptir þekkingaröflun í þrjú þrep:

1. Þrep: Vitund og öflun upplýsinga, þekkingar og hæfni.
2. Þrep: Beiting þekkingar
3. Þrep: Hæsta þrepið í þekkingaröfluninni er umbreyting, viðhorf til okkar sjálfra, gilda okkar og hugmynda (Guns 1998)

2.3.2 Flokkun þekkingar

Algeng nálgun þekkingar í nýlegri ritum um þekkingarstjórnun sækir hugmyndir sínar til kenninga heimspekinganna Michaels Polanyi og Gilberts Ryle (Dohn 2000). Samkvæmt kenningum þeirra er þekking tvenns konar; dulin þekking og formleg (sjá mynd 2.3). Eitt af viðfangsefnum þekkingarstjórnunar er að gera dulda þekkingu formlega (Jashapara 2004). Nonaka notaði hugmyndir þeirra Polanyi og Ryle. Hann sagði: „Þekking sem er falin í orðum eða táknum er þekking sem hægt er að miðla á formlegu, kerfisbundnu máli. Á hinn bóginn hefur dulin þekking persónuleg einkenni sem gera að verkum að erfitt er að formgera hana og tjá hana öðrum“ (I. Nonaka, 1994).



(Heimild: Jashapara 2004)

Mynd 2.3 Framsetning á kenningum þeirra Michaels Polanyis og Gilberts Ryles um dulda og formlega þekkingu (Jashapara 2004).

Dulin þekking er þekking byggð á reynslu sem erfitt er að færa í orð, móta og miðla (Polanyi 1966). Ýmsir hafa sett fram kenningar í framhaldi af þessari kenningu. Þar er

reynt að festa hendur á muninum á þessum tveimur tegundum þekkingar og skilgreina hann. Marr og Starovic (2003) telja að dulda þekkingu sé ekki hægt að kenna, segja frá eða skoða í notkun heldur sé hún sé hluti af kerfi öfugt við formlega þekkingu sem sé sjálfstæð, einföld og bæði hægt að skoða, segja frá og kenna (sjá töflu 2.2).

Samkvæmt þessu getum við annars vegar vitað hvernig og hins vegar vita hvað. Þeir sem aðhyllast kenningar Polanyis telja að við vitum meira en við vitum eða getum sagt frá. Ekki eru allir sammála þessari nálgun. Deilur standa um það hvort athafnir á borð við það að kunna að hjóla á tvíhjóli sé þekking eða ekki (Dohn 2000).

Dulin þekking	Formleg þekking
Ekki kennsluhæf	Hægt að kenna
Ekki hægt að segja frá	Hægt að segja frá
Ekki hægt að skoða í notkun	Hægt að skoða í notkun
Flókin	Einföld
Hluti af kerfi	Sjálfstæð

(B. Marr 2003; Sigrún Kjartansdóttir 2004)

Tafla 2.1: Skipting þekkingar í dulda og formlega þekkingu.

LaDuke (2005) álitur að hugmyndir Polanyi um dulda þekkingu gangi ekki upp. Það sem komi í veg fyrir að dulin þekking verði formleg sé eitt af þrennu:

1. Þekking er ekki til staðar
2. Þekking er ekki tjáð
3. Þekking er ekki samþykkt

Eigi samfélagið eða fyrirtæki að hafa hag af þekkingu verður hún að vera til staðar. Það verður að tjá hana og það verður að taka við henni. Hér liggur hundurinn grafinn hvað varðar hugsanavillu um dulda þekkingu. Það er ekki hægt að vita meira en við getum tjáð. Þekking myndast með því að búa til rökrétta uppbyggingu af táknum og orðum. Þessi rökrétta uppbygging er það sem gerir okkur kleift að kalla fram vitneskju okkar (LaDuke 2005). Þetta er í andstöðu við túlkun Nonaka (1994) sem gerir ráð fyrir því í SECI-líkaninu að þekking umbreytist úr dulinni í formlega og öfugt. SECI stendur fyrir *socialization*, *externalization*, *combination* og *internalization* (sjá mynd 2.4 og töflu 2.2). Til eru þeir sem segja það mikla einföldun og rangtúlkun að unnt sé að líta á þekkingu sem hlut eða afurð sem hægt er að leggja mat á óháð hvernig það varð til og notað í samfélaginu (Nonaka 1991).

Colin McFarlane fjallar um áhrif þekkingar og lærdóms á þróun borga, þjóðfélags og atvinnuvega í þróunarlöndum. Hann segir þekkingu og lærdóm hafa mikla þýðingu en sú sýn að þróun og uppbygging þekkingar sé línulegt ferli, n.k. Evklíðsk sýn, þar sem lokamarkmið sé tæknileg lausn á vandamáli, sé ekki góð. Hún greini heiminn að í rík lönd og fátæk, norður og suður, rétt og rangt (McFarlane 2006). Þessi nálgun getur átt við um Ísland á því tímabili sem hér er til umfjöllunar þar sem Ísland var fátækt fram til 1960 (Stefán Ólafsson 1992).

Einnig telur Colin McFarlane að með slíkri nálgun sé þekking smættuð niður í tæknilega útfærslu. Með þessu verði þróun einungis talin eiga sér stað ef um er að ræða tæknilegar framfarir. Það sé fjarri raunveruleikanum hvað varðar þjóðfélagsþróun. Greinir hann sýn fræðimanna á þekkingu sem hlutbundna þar sem hægt sé að greina þekkingarskort sem verði að bæta úr og nýrrar þekkingar sé aflað og bætt við þekkingarforðann sem fyrir er. Þannig sé lausn þróunarlanda fólgin í því að setja á stofn skóla á æðra stigi og kenna tæknigreinar og bæta tölvu- og netvæðingu þjóða. Telur hann gagnlegra að skoða hvernig þekking sé nýtt í víðara samhengi en hingað til hefur verið gert (McFarlane 2006).

2.3.3 Nám, miðlun og uppbygging þekkingar

Öflun þekkingar er nefnd lærdómur eða nám, það er ferli sem fer fram ef þekkingu er miðlað. Kenningar um nám í kennslufræðum byggja á þekkingarfræðilegum forsendum. Til eru nokkrar mismunandi stefnur sem hver um sig á sína fylgjendur meðal fræðimanna. (Illeris 2006) Ein þessara stefna er atferlisstefna (e. Behaviourism). Hún gerir ráð fyrir algildri, hlutlægrri þekkingu sem er óháð þeim sem lærir. Hugsmíðahyggja (e. Cognitive Constructivism) lítur á þekkingu sem algilda en gengur útfrá því að hver einstaklingur byggi upp þekkingu sína í samræmi við þroska og fyrri þekkingu. Félagsleg hugsmíðahyggja (e. Social Constructivism) lítur svo á að þekking sé byggð á túlkun sem háð er aðstæðum hverju sinni. Þekking er afurð þess hvernig einstaklingur skapar merkingu úr reynslu sinni. Þekking er einstaklingsbundin en verður til í félagslegu samhengi sem er hluti af þeirri menningu sem einstaklingur er hluti af (Guðmundur Birgisson 16. október 2008).

Þeir sem aðhyllast kenningar hugsmíðahyggju ganga útfrá því að merking verði til þegar einstaklingur túlkar fyrirbæri og byggir þá túlkun á viðhorfum og reynslu. Hugsmíðahyggjan gengur útfrá tveimur frumforsendum: Þekking flyst ekki áreynslulaust á milli manna heldur verður hver og einn að búa til sína einstaklings-

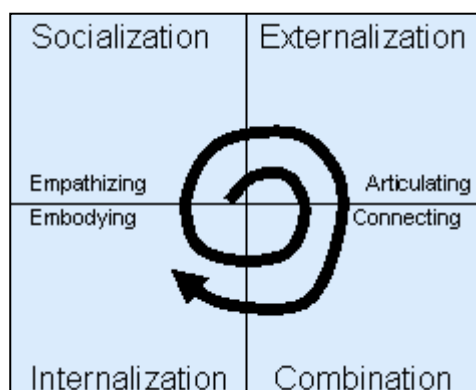
bundnu þekkingu. Þekking er afrakstur viðleitni einstaklinga til að leggja skilning í tilveru sína en ekki lýsing á ytri veruleika (Glaserfeld 2002).

Hugsmíðahyggjusinnar líta svo á að þeir séu í andstöðu við þá sem telja þekkingu algilda og óháða nemandanum og flytja þannig áhersluna frá kennsluáðferðum til námsumhverfis nemandans. Það er í samræmi við hugmyndir Nonaka og fleiri um sérstakan stað eða rými þar sem nám getur farið fram sem þeir nefna *ba* á japönsku (Dierkes 2001). Forþekking og menningarbundin þekking hefur áhrif. Virkni er nauðsynleg til þess að nám fari fram og þekking byggist upp, það sem Dewey og fleiri hafa nefnt „lært af notkun“ (Illeris 2006).

2.3.4 Uppbygging þekkingar innan skipulagsheilda

Nonaka og Takeuchi (1995) gera ráð fyrir að þekking sé háð aðstæðum, samhengi og tengslum í umhverfinu. Þekking sé hreyfanleg og verði til við félagslegar athafnir einstaklinga. Þeir setja fram líkan um þekkingarmyndun, þar sem gert er ráð fyrir að þriggja laga ferli sem verði að eiga sér stað þannig að svokallaður þekkingarspírall myndist. Við það verði til ný þekking. Lögin þrjú samanstanda af *ba*, SECI og þekkingarauði sem til er innan fyrirtækisins. Þekkingarauður skipulagsheildar er nýttur og settur í samhengi í *ba*, sem er staður þar sem þekking verður til. Þar breytist dulin þekking í formlega með víxlverkun (Ikujiro Nonaka 2003).

SECI-líkanið var sett fram af Nonaka og Takeuchi (1995). SECI er skammstöfun fyrir grunneiningar líkansins og stendur fyrir *socialization* (félagsmótun), *externalization* (ytri þekkingarform), *combination* (samsetningarform) og *internalization* (innri þekkingarform).



(Heimild: http://www.12manage.com/methods_nonaka_seci.html)

Mynd 2.4 SECI-líkan Nonaka og Takeuchi.

Í líkaninu er gert ráð fyrir að þekkingarsköpun sé hringferli þar sem hlutlæg og huglæg þekking víxlverka. Þekking færist frá því að vera dulin og yfir í það að vera formleg. Við þá víxlverkun skapast þekking (Sjá mynd 2.4).

Ba er hugtak komið úr japönsku sem merkir staður. Það getur einnig merkt aðstæður, s.s. huglæg eða hlutlæg staðsetning þar sem skipst er á þekkingu, hún er nýtt og ný þekking getur orðið til. *Ba* er skipt í fjóra flokka sem hver um sig á þátt í umsköpun þekkingarinnar. Flokkarnir eru:

1. Uptaka *ba*, þar sem skipst er á tilfinningum, reynslu og hugsmíðum. Þar fer dulin þekking frá einum einstaklingi til annars.
2. Samskipta *ba*, er þar sem hugsmíðum og getu er breytt í sameiginleg hugtök. Þar er dulin þekking gerð formleg.
3. Kerfis *ba*, er fremur sýndarveruleiki en hlutlægur staður í tíma og rúmi. Hér verður til ný kerfisbundin formleg þekking með því að mismunandi formleg þekking er kerfisvædd. Notast er við gagnabanka, netkerfi, skýrslur og gátlista.
4. Æfinga *ba*, þar verður til dulin þekking við umbreytingu formlegrar þekkingar. Þar fer fram sjálfsnám með virkri þátttöku einstaklinga í framleiðslu (Ikujiro Nonaka 1998).

Þekkingarauðurinn er efniviðurinn sem unnið er úr og stjórnar þekkingarsköpuninni. Nonaka og Konno (1998) ganga útfrá því að til séu fjórar tegundir þekkingarauðs: Reynsluþekking, sem er sameiginleg dulin þekking byggð á sameiginlegri reynslu. Hugtakaþekking, sem er formleg þekking sem hefur safnast og birtist í menningu og tungumáli. Kerfisþekking er formleg þekking sem fólgin er í aðferðum og tækni. Auk þess er sú þekking sem fólgin er í ferlum.

Þáttur	Ummyndun þekkingar
Félagsmótun (Socialization)	Frá dulinni þekkingu til dulinnar þekkingar Stjórnendur safna og skiptast á upplýsingum utanfrá Tengsl við viðskiptavini, birgja og samkeppnisaðila
Ytri þekkingarform (Externalization)	Frá dulinni þekkingu til formlegrar þekkingar Stjórnendur virkja sköpunarkraft og samskipti Myndlíkingar og samstarf við hönnuði í framleiðslu
Samsetningarform (Combination)	Frá formlegri þekkingu til formlegrar þekkingar Stjórnendur setja fram áætlanir og spár Gerð handbóka og gagnabanka, kynnt starfsfólki
Innri þekkingarform (Internalization)	Frá formlegri þekkingu til dulinnar þekkingar Stjórnendur leita nýrra gilda, samstarf þvert á deildir Nýjum hugmyndum hleypt að og skipst á skoðunum

(Heimild: Nonaka og Konno 1998)

Tafla 2.2 Þekkingarmyndun í skipulagsheildum.

Þekkingarsköpun á sér ekki stað í tómarúmi. Þekking flæðir ekki bara innan skipulagsheilda, hún kemur einnig frá umhverfinu. Viðskiptavinir, birgjar og samkeppnisaðilar veita þekkingu sem er sett í samhengi og nýtt innan skipulagsheildarinnar (Jashapara 2004).

2.3.5 Þekkingarverðmæti og stjórnun þekkingarsköpunar

Uppsöfnuð þekking er talin vera ein mikilvægasta eign skipulagsheilda og hagfræðin reynir að ná utan um þekkinguna og þekkingarverðmæti með því að breyta dulinni þekkingu í formlega. Sumir fræðimenn hafa kallað þetta „þekkingarhagfræði“ (Bell 1973, Drucker 1992). Þó svo þekking hafi ekki verið bókfærð eða verið viðurkennd sem mikilvæg aðföng fyrir á tímum má ætla að þekkingunni hafi verið stjórnað. Menn hafa beitt aðferðum sem virkuðu. Þannig getur verið gott að líta liðna tíð í ljósi nýrra fræða. Upplýsingar verða þekking þegar þær eru notaðar til framkvæmda. Til langs tíma hefur framkvæmdum markvisst verið stjórnað og á þann hátt hefur þekkingu ómeðvitað verið stjórnað. Í dag er þekkingarstjórnun að vaxa sem fræðigrein. Hún sprettur úr farvegi margra fræðigreina s.s. félagsfræði, hagfræði, mannfræði, stefnumótunar og upplýsingatækni svo eitthvað sé nefnt (Jashapara 2004)

Þekkingarverðmæti voru upphaflega notuð til að útskýra mun á bókfærðu verði fyrirtækja og söluverði. Stundum var þetta nefnt viðskiptavild eða óefnislega eignir. Þessar nálganir ná hins vegar ekki utanum fyrirbærið (Eggert Clausen 2007). Þekkingarverðmæti fyrirtækja liggja í þrennu; mannauði, viðskiptaaudi og skipulagsaudi. Þekkingarverðmætin eru afrakstur af þeirri þekkingu sem býr í starfsfólkinu, menntun þess, færni og viðhorfum (Stýrihópur 2003). Þekking starfsfólks er tvenns konar; staðreyndaþekking og verkþekking. Þekkingarverðmæti eru því fólgin í þeirri þekkingu sem starfsfólkið býr yfir. Sú þekking er vandmeðfari þar sem hún hverfur úr fyrirtækinu ef starfsmaður hættir. Þess vegna er mikilvægt í þekkingarfyrirtæki að halda vel utanum ferla sem er annar þáttur í þekkingarverðmæti fyrirtækis. Ferlar, þ.e. vinnuferlar, gagnasöfn, leiðbeiningar og hvers konar skjölun á reynslu starfsmanna sem þeir hafa aflað sér við störf. Þriðji liður eru tengsl, s.s. við viðskiptavini, stjórnvöld og aðra, þ.e. viðskiptavild og ímynd fyrirtækisins (Stýrihópur 2003; Eggert Clausen 2007).

Nonaka (1998) telur að stjórnkerfum skipulagsheilda megi skipta í þrennt (sjá töflu 2.3). Í fyrsta lagi er hefðbundið skriffræðisskipulag þar sem stjórnað er ofanfrá og

niður. Í öðru lagi skipulag þar sem stjórnað er neðanfrá og upp. Upplýsingar fara frá neðri lögum upp til millistjórnenda sem koma þeim til yfirstjórnar sem gefur fáar skipanir og fyrirmæli. En, til að tryggja þekkingarsköpun telur hann að best sé að stjórna frá miðjunni upp og niður í senn.

	Stjórnun		
Vídd	Ofanfrá og niður	Neðanfrá og upp	Frá miðju, upp - niður
Hver Skapar þekkingu Hlutverk yfirstjórnar Hlutverk millistjórn.	Yfirstjórn Leiðangurstjórn Upplýsingamiðlun	Athafnamaður Mentor/sponsor Sjálfstæður	Hópur Hvati Hópstjóri
Hvað Uppsöfnuð þekking Ummyndun þekkingar	Formleg Að hluta til, með til- liti til innri þarfa	Dulin Að hluta til, með tilliti til ytri aðstæðna	Dulin og formleg Spíral ummyndun sbr. SECI ferlið
Hvar þekkingarsafn	Tölvuvæddir gagnagrunnar og handbækur	Í huga einstaklinga	þekkingargrunnur skipulagsheildar
Hvernig Skipulagsheild Samskipti Óreiða og flæði Veikleikar	Stigveldi Skipanir, fyrirmæli Ekki leyfð Mjög háð æðstu stjórnendum	Framleiðsluteymi, net Sjálfstæðar ákvarðanir Leyfilegt Tímafrekt, kostnaðar- samt að samhæfa	Hypertext Samræða, myndlíkingar Sköpuð og mögnuð Fólk brennur út, kostnaðarsamt

(Heimild: Nonaka, 2003)

Tafla 2.3 Samanburður á stjórnunarháttum og þekkingarmyndun.

2.4 Nýsköpunarfræði

Drucker segir í bók sinni „Management Challenges for the 21st Century“ að skipulagsheildum verði að stjórna í samræmi við það hvar í lífsferlinum þau sé stödd. (Drucker 1999) Fyrirtæki í vexti verði að vera í forystu í nýsköpun og viljug að taka áhættu.

Fyrirtæki og stofnanir sem til þessa hafa lagt fyrir sig jarðhitanýtingu verða að teljast á vaxtarskeiði. Fari þau eftir því sem Drucker segir verða þau að einbeita sér að nýsköpun. Hann er ekki einn um þessa skoðun. Á síðustu áratugum hefur nýsköpun fengið vægi sem mikilvæg leið fyrirtækja og þjóða til að ná og viðhalda samkeppnisforskoti í nýju markaðsumhverfi alþjóðavæðingar (Fonseca 2002).

Spurningar sem leitast verður við að svara eru:

- Hvað er nýsköpun?
- Hver eru tengsl þekkingar og nýsköpunar?
- Hvað eru þróunarsamfellur og þróunarbrautir?

- Hvað er umsköpun og tæknibrautir?

2.4.1 Hvað er nýsköpun?

Skortur á aðföngum og þau vandamál sem honum fylgja hafa verið viðfangsefni mannsins frá örófi alda. Nýsköpun er hluti af mannlegri viðleitni til að lifa af og leitinni að lausnum á því að nýta náttúruleg aðföng og aðstæður mannsins (Fonseca 2002). Nýsköpun er oftast en ekki ruglað við uppfinningar. Þessi sýn er arfur fortíðar og nýsköpun er víðara hugtak (Ásdís Jónsdóttir 2007). Til þess að nýsköpun eigi sér stað þurfa ekki að koma til nýjar uppfinningar sem ekki hafa verið til áður heldur nægir að setja eldri hluti í nýtt samhengi (Fonseca 2002).

Umfjöllun hagfræðinga tekur mið af jafnvægisviðleitni markaða milli framboðs og eftirspurnar. Solow (1957) var fyrstur til að benda á með skipulögðum hætti innan hagfræðilegrar umræðu að tækniframfarir skapa vöxt. Denison, sem aðhylltist nýklassíska hagfræði taldi tækninýjungar leika lykilhlutverk í hagþróun. Hann gekk útfrá því að tækninýjungar hefðu áhrif á jafnvægi á mörkuðum. Jafnvægi næst aftur vegna breytinga á framboði og eftirspurn. (Denison 1982) Vegna markaðsyfirburða getur nýsköpun leitt til tímabundinnar einokunaraðstöðu á markaði. Þannig skilar nýsköpun meiri hagnaði til skamms tíma og af því leiðir að hvati nýsköpunar er skammtímagróðarsjónarmið að mati Denisons (1982).

Schumpeter (1934) sem setti sínar kenningar fram löngu fyrr hafði annað sjónarhorn á nýsköpun. Sýn hans er félagsleg þar sem hann lítur á nýsköpun sem samspil af félagslegum drifkrafti og framlagi einstaklinga. Ekki er alltaf sami einstaklingur sem í hlut á, heldur margir einstaklingar sem fá tímabundið hlutverk. Á þann hátt greindi hann að einstaklinginn og útkomuna. Schumpeter taldi nýsköpun vera hluta af vexti en ekki utanaðkomandi afl sem veldur vexti. Hann leit á nýsköpun sem ferli sem leiddi af sér vöxt þar sem nýsköpun gat verið ný vara, ný aðföng eða ný notkun á aðföngum. Schumpeter var fyrstur til að benda á þekkingarsköpun og flutning þekkingar sem undirliggjandi ferli nýsköpunar.

Fonseca (2002) telur að hægt sé að skipta nálgunum að nýsköpun í tvennt. Annars vegar viðtekin sjónarmið, þ.e. útfrá heimsmynd stefnumiðaðrar stjórnunar. Þá er gengið útfrá að nýsköpun fylgi fyrirfram ákveðnu og markvissu ferli sem er drifið áfram af breytingum í umhverfi fyrirtækja. Hægt er að nýta aðferðir stefnumiðaðrar stjórnunar til þess að stjórna slíku ferli. Stefnit er að nýju jafnvægi. Útreikningar og athuganir á þörfum neytenda eru notaðar til að spá fyrir um framtíðina. Hægt er að

skilgreina þessa nálgun sem vísindalega þ.e. kerfishugsun og horft á tæki og tól sem nýsköpun. Hins vegar er það sjónarmið að nýsköpun sé samfellt umbreytingarferli mannglegra samskiptamynstra. Fonseca (2002) telur það draumsýn að unnt sé að stjórna slíku ferli. Um sé að ræða félagslegt og pólitískt hegðunarferli sem endurspeglir skoðanir þróunarhagfræðinga. Þetta sjónarmið er með manninn í miðju. Þessi nálgun hafnar ekki mikilvægi markaðsjafræðis heldur einungis hæfni til að ná því með rökrænum aðferðum. Hugsanlegur valmöguleiki er sameiginleg sýn og menning sem bindur saman fyrirtæki og þar er stjórnunartæki og aðferðir þau hjálpartæki sem þarf til að ná fram æskilegri hegðun (Hughes 1989).

Fræðimenn sem tilheyra sama skóla og Tidd, Bessant og Pavitt líta á tæknilega nýsköpun sem námsferli, raunar fjölmörg námsferli sem aðgreina má í ýmsar tegundir námsferla í nýsköpunarferlinu (Rosenberg 2004). Samkvæmt Tidd, Bessant og Pavitt (2001) má líta á nýsköpun innan fyrirtækis sem ferli þar sem möguleikar geta af sér nýjar hugmyndir sem nýttar eru á margvíslegan nýjan máta (Tidd 1997). Nýsköpunarferlinu skipta þeir í fjögur þrep:

1. Athugunarstig.- Þekkingaröflun.
2. Stefnumótunarstig. - Rannsóknir og þróun.
3. Bjargráð. - Nýjar afurðir eða framleiðsluaðferðir.
4. Framkvæmd. - Lært af reynslunni.

Nýsköpunarferlið hefst þegar þekkingar er aflað á lögmálum náttúrunnar. Sumt nýtist við framleiðslu. Í kjölfar þess kemur skipulagt rannsóknar- og þróunarstarf þegar leit að er að og uppgötvaðir eru bestu hönnunareiginleikar sem óskað er eftir á tilteknum markaði. Lærdómur af starfi sem Arrow lagði áherslu á felst í því að þróa vaxandi færni við framleiðslu. Þá næst hagræðing sem skilar sér m.a. í að launakostnaður á einingu lækkar (Rosenberg 2004).

2.4.2 Tæknibrautir

Innan hverrar skipulagsheildar er takmörkuð vitneskja. Námsferlið innan skipulagsheilda er því takmarkað við kjarnafærni á ákveðnum sviðum. Það veldur því að færni vex á ákveðnum sviðum og fer því inná tilteknar brautir. Hvaða brautir þróast fer eftir stöðu og straumum í tækniþekkingu. Slíkar brautir, kallaðar tæknibrautir, hafa verið skilgreindar samkvæmt Tidd og Pavitt (2001) eru fimm helstu tæknibrautirnar eftirfarandi:

1. Birgjatæknibraut, kjarnasvið er landbúnaður og þjónusta iðnframleiðslu.

2. Stærðarbraut þar sem t.d. verklegar framkvæmdir falla undir.
3. Upplýsingabraut, kjarnasvið eru m.a. smásala, útgáfa og ferðaiðnaður.
4. Vísindabraut, grunnrannsóknir í sveigjanlegu skipulagi.
5. Sérhæfingarbraut, kjarnasvið eru t.d. hugbúnaður og vél- og mælitæki.

Samkvæmt þessari skiptingu falla verklegar framkvæmdir undir stærðarbraut þar sem áhersla er lögð á stöðuga samþættingu breytinga í flóknu kerfi. Megintækniuppsprettur eru iðnverkfræði, framleiðsluþekking, hönnunardeildir og sérhæfðir birgjar. Tæknistefna á upplýsingabraut snýst um upplýsingakerfi. Á sérhæfingarbraut eru vél- og mælitækni auk hugbúnaðar. Megintækniuppspretta á sérhæfingarbraut er hönnun og sérhæfðir notendur. Tæknistefna snýst um að fylgjast með þörfum notenda og samþætta stöðugt nýja tækni.

2.4.3 Umsköpun og umsköpunarþrýstingur

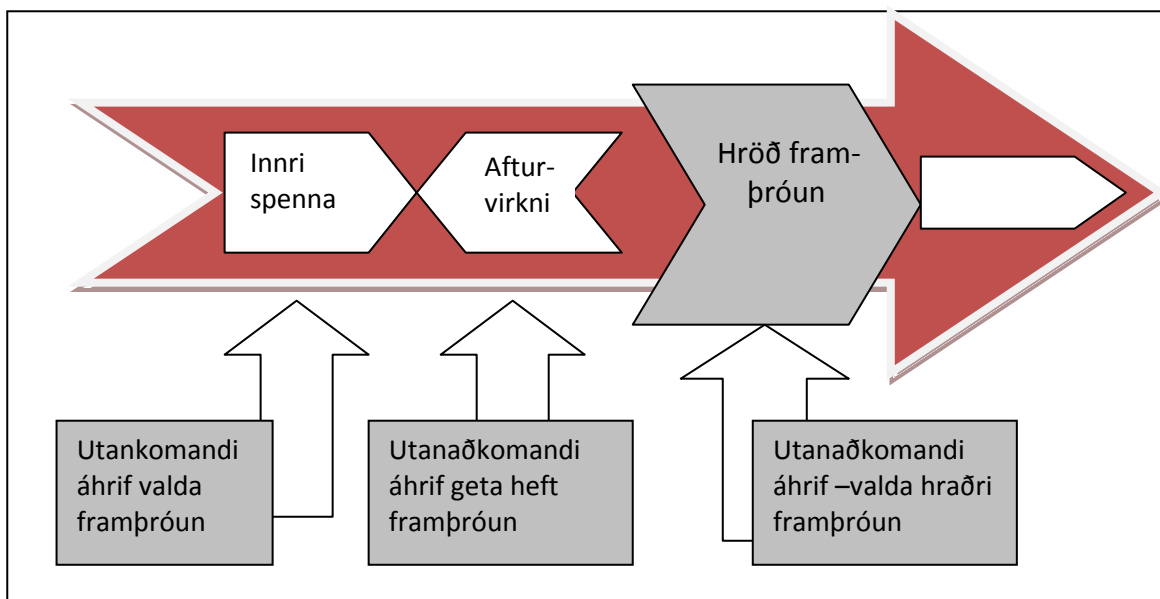
Erik Dahmén hefur lagt nýsköpunarfræðunum til „verkfærakassa“ þar sem hann tvinnar saman hugmyndir Schumpeters og hagsögulega greiningu (Örn D. Jónsson 2003). Sjónum er beint að umsköpun þ.e. því sem breytir inntaki stórra heilda. Umsköpun einkennist af athöfnum þar sem nýtt og gamalt tekst á (Dahmén 2004).

Umsköpunarferlið mótast ýmist af jákvæðum eða neikvæðum þrýstingi. Jákvæður þrýstingur er til staðar þegar ný tækifæri opnast, neikvæður þegar aðstæður knýja á um breytingar. Schumpeter þróaði tvær kenningar um hvernig breytingar verða á atvinnulífi. Annars vegar er skapandi eyðilegging og hins vegar kenningin um að stórfyrirtæki næðu að halda samkeppnisforskoti sínu með markvissri söfnun þekkingar (Dahmén 2004). Lausnir vandamála geta þannig verið vaxtarbroddur nýrrar þekkingar og nýrra samfélagsþátta. Þær geta kallað fram nýjungar annað hvort með aðlögun eða skapandi viðbrögðum eins og fram kemur hjá Schumpeter (1991). Hér á landi voru t.d. gerðar tilraunir með að nýta mó til hitunar sem engan árangur báru (Schumpeter 1991).

2.4.4 Þróunarsamfellur og þekking

Samkvæmt Erik Dahmén (2004) er þróunarsamfella röð af viðbótarþáttum sem kunna að leiða til jafnvægisástands eftir að innbyggð spenna, þ. e. misvægi, hefur ríkt um skeið. Ef tiltekið ástand í tækni hefur ríkt um hríð og á sama tíma hefur orðið hröð fólksfjölgun hættir tæknin að hafa við og erfiðleikar, þ. e. innbyggð spenna, skapast. Þá er gripið til nýrra leiða til að reyna að anna ástandinu, þær leiðir þróast þannig að

nýtt jafnvægi skapast. Þessar nýju aðferðir eða leiðir mynda þá þróunarsamfellu. Þróun í tiltekinni tæknigreini getur verið mishröð og skiptist í tímabil þar sem einstakir þættir þróast mishratt. Bæði innri áhrif og utanaðkomandi áhrif geta valdið því að það verður stöðnun eða því að tækni fleygi fram. Hver þáttur sem þróast myndar samfellu sem getur bæði leitt til framfara og afturkipps í þróuninni. Til lengri tíma má þó líta svo á að þróun sé framávið og að hún sé samfelld (sjá mynd 2.5). Í heild sinni miðar þekkingunni framávið en innviðirnir sýna að til skamms tíma getur verið afturkippir á þróunarstiginu. Utanaðkomandi áhrif geta bæði orðið til þess að þróun bæti framleiðsluna og komið af stað afturvirkni. Bæði innri og ytri þættir hafa áhrif. Þróunarsamfellur er greiningaraðferð sem m.a. beinir athyglinni að umsköpun í iðnaði. Umsköpun getur t.d. falið í sér að nýjar auðlindir eru nýttar eða nýjar aðferðir þróaðar, framleiðsluþættir eins og boðleiðir, nýsköpun og menntað vinnuafli. Ýmsar leiðir hafa verið farnar til að vinna með þessa aðferð til að bera kennsl á þróunarsamfellur, aðallega megindelegar. Hin síðari ár hafa þó eigindlegar aðferðir og stærðfræðileg úrvinnsla sótt á. Hér verður einungis stuðst við megindelega nálgun. (Kerstin Enflo 2007)



(Ásdís Ingólfssdóttir 2008)

Mynd 2.5 Myndin lýsir þróunarsamfellu. Þekkingu og færni miðar fram á við.

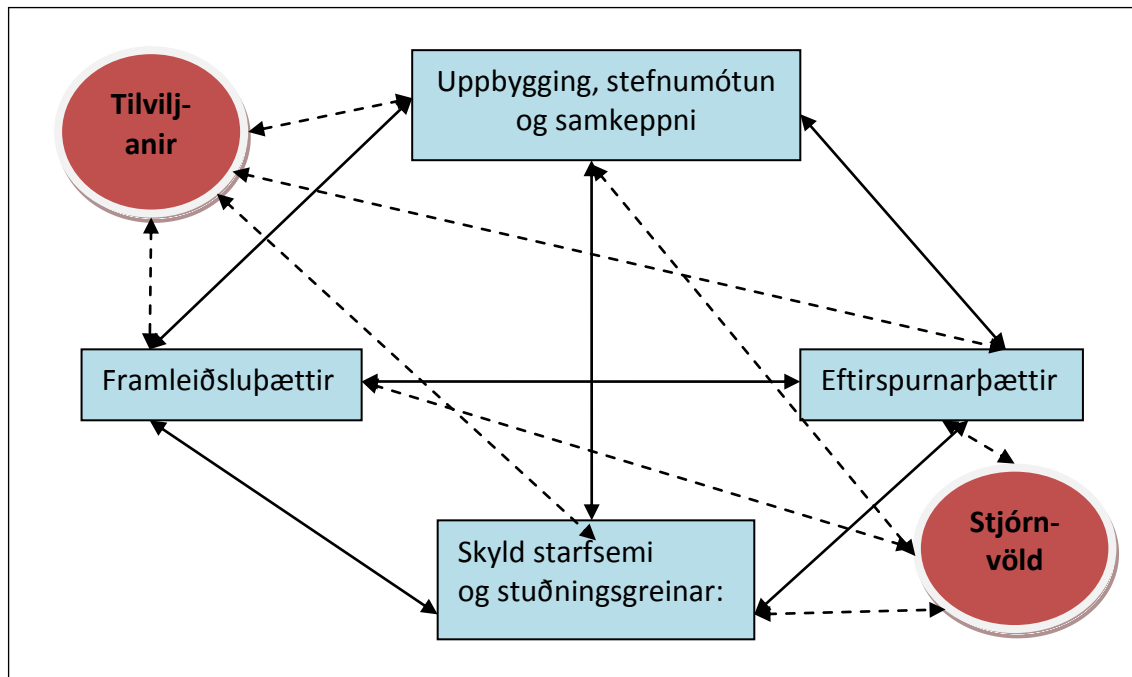
2.5 Kenning Porters

Unnt er að varpa ljósi á nýsköpunargetu þjóða með því að skoða tiltölulega fáa þætti sem auðvelt er að skoða (Furman, Porter, Stern 2002). Til þess að ákvarða nýsköpunarhæfni þarf að finna ákvörðunarþætti tækninýjunga og kortleggja þá. Porter telur að

tilviljanir ráði ekki hvers vegna tiltekinn iðnaður nær fótfestu hjá þjóðum heldur liggja fyrir því ástæður sem eigi rætur djúpt í sögu, landfræðilegri staðsetningu og félagslegri uppbyggingu landsins og menning þjóðarinnar ráði miklu (Porter 1990).

2.5.1 Samkeppnisforskot þjóða

Porter byggir á grundvelli rannsókna og eigin kenninga líkan til að skýra árangur þjóða í tilteknum atvinnugreinum. Líkanið er tæki til að leita svara við því hvers vegna fyrirtæki frá tilteknu landi ná árangri á alþjóðlegum markaði (sjá mynd 2.6). Leitað er að ákveðnum einkennum sem skýrt geta samkeppnisforskot þjóða. Telur hann að mismunandi hagkerfi, menning, gildi, stofnanir og saga þjóða leggi til hráefnið í árangurinn. Hann vill að líkanið skýri hvers vegna ein þjóð umfram aðrar fóstri þær aðstæður að yfirburða árangur næst á tilteknu sviði. Það hentar því vel hér þar sem verið er að skoða einstæðan árangur Íslendinga á sviði jarðhitanytingar.



(Heimild: Porter 1998)

Mynd 2.6 „Demantur Porters“ sem sýnir samhengi þeirra fjögurra þátta sem ákvarða samkeppnisstöðu þjóða og áhrif stjórnvalda og tilviljana á þá þætti.

Líkanið gerir ráð fyrir fjórum meginstoðum:

1. Framleiðsluþættir, vinnuafli og gæði þess, náttúruauðlindir og framleiðslu- aðstæður.
2. Eftirspurnarþættir, t.d. stærð heimamarkaðar, nálægð við útflutningsmarkaði.
3. Styrkur stoðgreina, skyldrar starfsemi og stuðningsgreina.
4. Skipulag, styrkur, stefna og umhverfi skipulagsheilda (Porter 1998).

Porter greinir síðan hvern þessara þátta nánar. Framleiðsluþáttum skiptir Porter í fimm meginstoðir: Mannauð, náttúruauðlindir, þekkingarauðlindir, fjármagn og innviði samfélagsins s. s. samgöngur, samskiptatækni, húsnæði og þjónusta. Mikilvægi framleiðsluþátta er mismikið að hans mati. Grunnþætti eins og náttúruauðlindir, staðsetningu og veðurfar fá þjóðir í arf. Þeir eru þó afar mikilvægir og grunnurinn undir framleiðslu. Afleidda þætti, á borð við vel menntað fólk, sem mikið hefur verið fjallað um í stjórnunarfræðum, þróa þjóðir með sér. Hvað mannauðinn varðar leggur hann áherslu á vinnutíma og vinnuviðhorf sem hann telur að skipti miklu máli auk verk hæfni á sérhæfðum sviðum s.s. verkfræði og tækniþekking.

Hvað náttúruskilyrði varðar skiptir að mati Porters máli magn og gæði auk nálægðar við markaði eins og áður er getið. Þekkingarbanki þjóða skiptir máli til að ná samkeppnisforskoti auk þess sem fjármögnun er mikilvægur þáttur, s.s. fjárfesting í atvinnulífi, lánstraust og áhætta í fjárfestingum. Grunngerð þjóðfélagsins er einnig þýðingarmikil sem og samgöngur, boðskipti, heilsugæsla og fjármálaþjónusta. Mannauðurinn er grundvallaratriði og því þarf t.d. menntakerfið að standa undir þeim kröfum sem atvinnulífið gerir.

Önnur möguleg skipting framleiðsluþátta felur í sér að þeir geta verið almennir eins og t.d. samgöngukerfið eða sérhæfðir eins og t. d. þekking á borun í berg. Mestum árangri telur Porter þjóðir ná sem hafa úr bæði almennum og sérhæfðum framleiðsluþáttum að spila. Viðhald hinna sérhæfðu þátta er einnig mikilvægt og af þeim sökum verður menntun að fleygja fram. Próf sem tekið var í tæknigrein árið 1965, segir hann, er ónýtt nema til hafi komið endurmenntun. Nauðsynlegt sé að kerfið viðhaldi og skapi nýja framleiðsluþætti.

Porter telur að skortur á framleiðsluþáttum geti leitt til nýsköpunar, t.d. skortur á innlendu hráefni eða erfitt veðurfar. Á sama hátt geta stöðugt gengissig eða gengisfall skapað slík skilyrði sem styrkir nýsköpun. Til þess að slík nýsköpun eigi sér stað verða hins vegar önnur skilyrði „demantsins“ að vera uppfyllt. Þar sem nýsköpun á sér ekki stað í tómarúmi.

Eftirpurnarþáttur er önnur stoð undir forskot þjóða. Eftirspurn á heimamarkaði verður að vera fágúð og með þeim hætti að hún eigi sér samsvörun meðal annarra þjóða. Stór markaður segir ekki allt þótt hann gefi tilefni til stærðarhagkvæmni. Stór heimamarkaður getur virkað letjandi. Hins vegar verður heimamarkaður að gera kröfur um gæði og hafa forspárgildi varðandi þarfir neytenda í víðara samhengi. Hvernig þróun og samsetning á heimamarkaði er skiptir einnig máli. Eru margir smáir

kaupendur eða fáir stórir? Hraður vöxtur heimamarkaðar gefur tilefni til hraðari þróunar nýrrar tækni.

Þriðji áhrifaþátturinn er stoðgreinar og skyldar greinar. Forskot í einni grein getur leitt til þróunar í annarri auk þess sem vöxtur stoðgreina getur leitt til stækkunar markaðar. Fjórði hornsteinninn í líkaninu er skipulag og umhverfi skipulagsheilda. Hvernig er stjórnun og samkeppnisumhverfi þjóða?

Utan við „demantinn“ standa tveir þættir sem geta haft áhrif þ.e. annars vegar tilviljanir og hins vegar stjórnvöld. Tilviljanir eða atburðir, sem samfélagið getur ekki haft áhrif á eins og náttúruhamfarir eða styrjaldir annarra þjóða, geta haft veruleg áhrif t.d. á fjármögnun og þar með haft áhrif á getu til nýsköpunar og forskots. Á sama hátt geta tækninýjungar leyst úr læðingi nýjar brautir og veitt forskot.

Áhrif stjórnvalda eru með svipuðum hætti. Þau geta verið letjandi t.d. ef um er að ræða höft á inn- eða útflutning eða hvetjandi ef stjórnvöld leggja fé í rannsóknir og menntun. Stjórnvöld geta jafnframt verið stór kaupandi að framleiðslu. Bæði stjórnvöld og tilviljanir geta haft utanaðkomandi áhrif á alla þætti í líkaninu og eru því sett til hliðar við áhrifaþættina í líkaninu.

2.5.2 Ástæður þess að þjóðir missa forskot

Ástæður þess að þjóðir missa samkeppnisforskot sitt í tilteknum greinum eru að framleiðsluþætti þrýtur eða þær verða undir í verðsamkeppni. Þarfir heimamarkaðar eru ekki í samræmi við útflutningsmarkað og öfugt. Ný tækni ryður þeirri sem fyrir er út af markaði (Porter 1998).

Viðhald tækniþekkingar er brýnt þar sem það getur komið í veg fyrir að þjóðin missi forskotið á tilteknu sviði. Nýsköpun er stöðugt ferli, ef heimamarkaður þróast ekki og ekki skapast þörf fyrir nýjungar þá getur það valdið því að tækniframfarir dragast afturúr og iðnaðurinn missir stöðu sína.

Stefán Ólafsson (1992) telur að þó allir þessir þættir í líkani Porters skipti máli hér á landi sé ljóst að framleiðsluþættir og markaðsaðstæður séu sá akur sem virkja má til verðmætasköpunar.

2.5.3 Samþætting á „demanti“ Porters og SI-nálgun

Þeir þættir sem Porter notar í líkani sínu eru að hluta til sameiginlegir þeim þáttum sem Fagerberg notar í SI-nálguninni. Í töflu 2.4 er þessum tveimur aðferðum stillt saman. Taflan sýnir annars vegar þá fjóra þætti sem SI-nálgunin leggur til grundvallar

við greiningu á stöðu þjóða. Hins vegar eru þættir í „demanti“ Porters auk þeirra tveggja þátta sem hann telur að hafi utanaðkomandi áhrif. Þau atriði sem Porter telur til framleiðsluþátta eru sett undir viðeigandi flokk í SI-nálguninni. Þá sést að það sem fellur undir framleiðsluþætti Porters heyrir til þriggja þátta í SI-nálguninni þ.e. tækniþekkingar, stjórnsýslu og sögu og náttúru. Eftirspurnarþættir Porter heyra undir sögu og náttúru annars vegar og tækniþekkingu og færni hins vegar. Þannig er hægt að sjá hvaða atriði er unnt að nýta í báðum aðferðunum (sjá töflu 2.4).

SI-nálgunin	Tækniþekking og færni	Stjórnsýsla	Reglur og stjórnsmál	Saga og náttúra
„Demantur“ Porters	Menntun, læsi Vísindapekking Rannsóknir, tækniþróun	Fjármálakerfi og félagsleg geta Gæði skrifræðis, eignar- jafnrétti	Lýðræði og lög Frelsi og friður Mannréttindi Dómskerfi	Náttúruauðlindir Staðhættir Samsetning þjóðar
Framleiðsluþættir	Þekkingarauðlindir	Fjármagn og innviðir samfélagsins		Mannauður Náttúruauðlindir
Eftirspurnarþættir	Gæðakröfur heimamarkaðar			Heimamarkaður
Skyld starfsemi og stuðningsgreinar	Þróun annarra atvinnugreina			
Skipulagsheildir, og starfumhverfi		Uppbygging og stefnumótun	Samkeppnisreglur	
Stjórnvöld	Menntastefna	Stefna í peningamálum	Lagasetningar og valdhafar	Auðlindastefna
Tilviljanir	Ný tækni erlendis			Hamfarir Styrjaldir Kreppur

Tafla 2.4 Greiningarþættir og staðsetning þeirra útfrá SI-nálgun og „demant“ Porters. Taflan sýnir hvar undirstöður samkeppnisforskots þjóða í líkani Porters falla í SI-nálgun Fagerbergs.

3 Íslenskir staðhættir og jarðhiti

Sérstaða Íslands á mörgum sviðum ræðst af staðsetningu landsins og staðháttum (sjá töflu 3.1). Landið er virk eldfjallaeyja á miðjum Atlantshafshryggnum þar sem búa um 300.000 manns. Landið er strjálbýlt, um 3 íbúar á hvern km² miðað við um 130 íbúa á km² í Tékklandi og 1.500 íbúa á km² í Danmörku. Ísland er nokkuð hálent, erfitt til ræktunar og harðbýlt. Eldgos og náttúruhamfarir eru algengar (sjá töflu 3.2). Jarðfræðileg sérstaða er eitt af því sem hefur skilað Íslandi í fremstu röð hvað varðar jarðhitanýtingu. Til þess að gera sér grein fyrir þessari sérstöðu er rétt að skoða annars vegar jarðhita og hins vegar jarðfræði Íslands. Umfjöllunin skiptist í eftirfarandi þrjá kafla:

1. Uppruni og sérstaða jarðhita
2. Jarðhiti á Íslandi
3. Vandkvæði við nýtingu jarðhita

	Stærð	hlutfall (%)
Flatarmál landsins, km ²	103.000	100
Flatarmál fiskveiðilandhelgi, km ²	758.000	736
Strandlína, km	4.970	
Gróið land km ²	23.805	23
Stöðuvötn km ²	2.757	3
Jöklar km ²	11.922	12
Auðnir km ²	64.538	63
Hæð yfir sjávarmáli km ² , 0-200 metrar	24.700	24
Hæð yfir sjávarmáli km ² , 201-400 metrar	18.400	18
Hæð yfir sjávarmáli km ² , 401-600 metrar	22.200	22
Hæð yfir sjávarmáli km ² , 601 metrar og yfir	37.700	37

(Heimild: Landshagir 2006)

Tafla 3.1 Ýmsar landfræðilegar staðreyndir um Ísland.

3.1 Uppruni og sérstaða jarðhita

Frá örófi alda hafa menn áttað sig á hita í iðrum jarðar. Óræk merki eru eldgos og jarðhitasvæði. Ýmsar skýringasagnir urðu til fyrr á tímum og m.a. var talið að neðanjarðar væri heitt víti þar sem fallnar sálir færu eftir dauðann. Inngangurinn í

helvíti var jafnvel talinn vera í Heklu (Þorvaldur Thoroddsen 2003). Nú er vitað að hitinn í iðrum jarðar stafar af því að í upphafi var jörðin glóandi heitur eldhnöttur sem tók að kólna utanfrá og myndaðist skorpan á yfirborði. Auk þess eru í kjarna jarðar geislavirkar samsætur sem klofna og losnar við það gífurlega orka sem berst til yfirborðs sem varmi (Guðmundur Pálmason 2005).

Jarðskorpan liggur ofan á svokölluðum möttli. Vegna þess að hann er seigur og innri kjarni jarðar er heitur en skorpan köld verða í möttlinum hægar hreyfingar. Því hefur skorpan klofnað í plötur eða fleka sem hreyfast hægt á yfirborðinu. Ýmist rekur fleka hvorn frá öðrum, það eru kölluð flekaskil, eða rekast saman við flekamót. Á slíkum flekamótum og skilum eru mikil átök og eldvirkni og jarðhiti er þar mikill (Guðmundur Pálmason 2005).

Ísland er afar ungt land jarðfræðilega og liggur á plötuskilum, þ.e. á miðjum Atlantshafshryggnum þar sem fleka rekur hvorn frá öðrum svo að jarðskorpan er að rifna í tvennt. Þar er jarðskorpan þunn og fyllir stöðugt í sprungur með eldvirkni.

Tímabil	Fjöldi eldgosa	Staðsetning helstu gosa
1901 - 1915	5	Grímsvötn, Mundafell austan Heklu
1916 - 1930	11	Kötlugos 1918, Askja, Grímsvötn
1931 - 1945	6	Grímsvötn
1946 - 1960	3	Hekla, Grímsvötn og Katla
1961 - 1975	5	Askja, Surtsey, Hekla, Heimaey
1976 - 1990	12	Kröflueldar o.fl
1991 - 2005	5	Grímsvötn, Bárðarbunga, Hekla.

(Heimild: Unnið uppúr „List of volcanos in Iceland“, <http://en.wikipedia.org>)

Tafla 3.2 Eldgos á Íslandi á tímabilinu 1901- 2005

Auk þess er talið að undir landinu sé mikið uppstreymi efnis úr möttli jarðar, stundum kallað heitur reitur (e. Hot Spot). Þar leitar heit kvika til yfirborðs jarðar og safnast í kvikuþrær á virkum eldsvæðum á svokölluðum gosbeltum sem liggja þvert yfir landið. Eldgos verða þegar kvika nær til yfirborðs. Eldgos eru því tíð á Íslandi og hefur gosið u.þ.b. fjórum sinnum á hverjum tíu árum frá 1900-2005 (sjá töflu 3.2). Jarðhitasvæði eru til kominn vegna vatns sem seytlar niður í berggrunninn og hitnar vegna hita frá kvikuinnskotum. Vatnið hitnar og leitar svo upp þar sem berg er sprungið eða gropið (Björn Hróarsson 1991).

3.2 Jarðhiti á Íslandi

Jarðhitinn á Íslandi er óvenjumikill af því að Ísland er svokallaður heitur reitur auk þess er úrkoma og vatnsbúskapur gjöfull víðast hvar á Íslandi vegna staðsetningar og veðurfars. Því eru hér á landi góð skilyrði og miklir möguleikar á að nýta bæði heitt og kalt vatn til orkuframleiðslu (Guðmundur Pálmason 2005; Árni Ragnarsson 2006). Talið er að á Íslandi sé samanlagt flatarmál jarðhitasvæða hlutfallslega meira en á nokkrum öðrum stað á jörðinni. Jarðhitasvæði á Íslandi eru um 700 talsins. Þeim er skipt í lághita- og háhitasvæði. Einkenni þeirra á yfirborði eru annars vegar laugar og vatnshverir en á háhitasvæðum einkum gufuhverir enda hitinn hærri (Björn Hróarsson 1991).

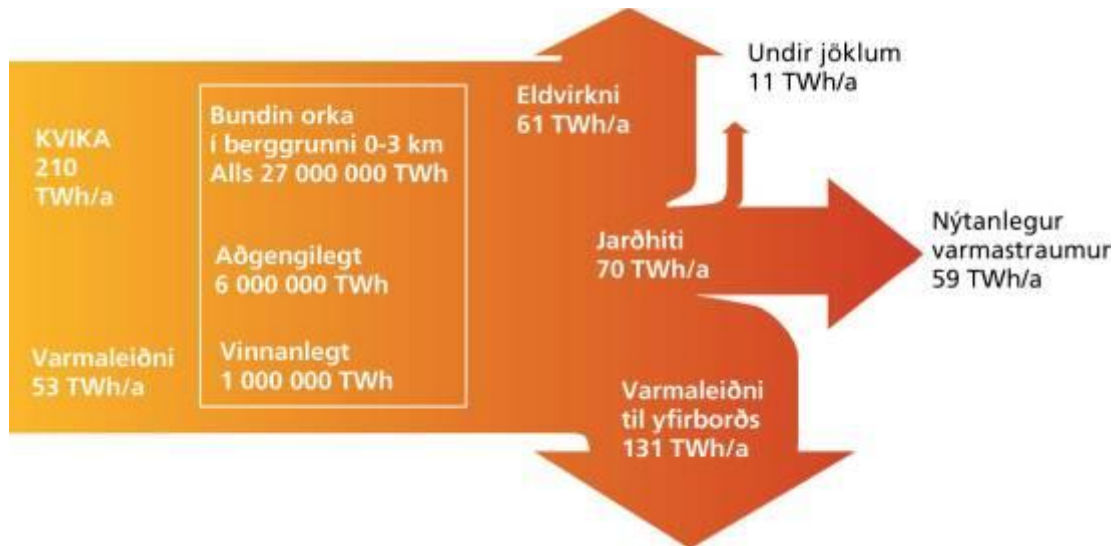
Jarðhiti og hverasvæði eru eitt af höfuðeinkennum Íslands (Björn Hróarsson 1991). Ingólfur Arnarsson, fyrsti landnámsmaðurinn, er sagður hafa nefnt bæ sinn Reykjavík eftir gufustrókum í Laugarnesi sem síðar urðu íbúum bæjarins uppspretta yls um árabíl. Víða um land eru bæir sem draga nafn af jarðhita og munu í fornsögum okkar vera um 55 örnefni sem má rekja til hans (Sveinn Þórðarson 1998).

Jarðhitinn hefur í áranna rás ýmist laðað að eða fælt frá. Fælt frá vegna hugsanlegrar hættu en laðað að þegar mönnum varð ljóst hvernig hægt er að nýta jarðhitann sem orkugjafa og til baða.

3.2.1 Magn og ending jarðhitavatsins

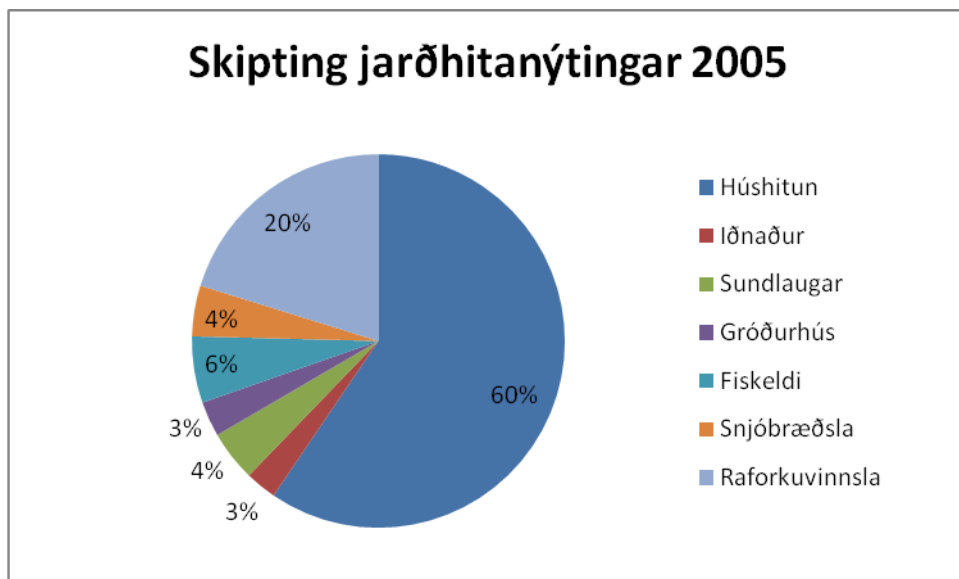
Hinn vestræni heimur hefur gerst æ orkuþyrstari. Orkuskortur hefur gert að verkum að vestrænar þjóðir hafa skolfið með ákveðnu millibili hin síðari ár þegar minnt er óþyrmilega á að olíulindir og kolanámur munu tæmast (Örn D. Jónsson 2005). Lífrænar orkulindir, kol og olía, eru endanlegar mældar á sjálfbærni tímakvarða mannsins og mun þær að lokum þrjóta. Auk þess er nú talið að gegndarlaus notkun þeirra hafi valdið varanlegum skaða á andrúmslofti jarðar sem skapað hefur mikla óvissu til framtíðar.

Endurnýjanleg orka er talin vera svarið við því ástandi sem skapast hefur af mannavöldum vegna stöðugs ágangs á jarðefnaeldsneyti á jörðinni. Margir hallast að því að orka fallvatna sé endurnýjanleg þ.e. verið er að nýta hluta úr hringrás vatnsins án þess að raska náttúrulegu jafnvægi og því er hægt að gera ráð fyrir að svo verði um aldur og æfi (Jóhann Ísak Pétursson 2003).



(Heimild: Vefur Orkustofnunar 26. apríl 2008 http://www.orkustofnun.is/page/ald_orkuauðlindir)
Mynd 3.1 Yfirlit orkuforða jarðvarma á Íslandi.

Vatnsbúskapur og aðstæður á Íslandi hafa gefið tilefni til að ætla að hér séu mikil auðæfi fólgin í endurnýjanlegum orkulindum, annars vegar fallvatna og hins vegar jarðhita. Nýtanlegur varmastraumur frá jarðvarma á Íslandi hefur verið áætlaður 59 Tw stundir á ári sem er ríflega 200 sinnum meira er árleg notkun ársins 2006, sem var um 278 GWh (sjá mynd 3.1) (Árni Ragnarsson 2001). En allt er í heiminum hverfult, t.d. getur bráðnun jökla haft víðtæk áhrif á vatnsbúskap á Íslandi og þar með vatnsaflsforða.



(Heimild: Árni Ragnarsson, 2006).
Mynd 3.2 Hlutfallsleg skipting jarðhitanýtingar á Íslandi árið 2005.

Er jarðhitaorkan endurnýjanleg á sama hátt og vatnsorkan? Ekki eru allir sammála um svarið. Telja sumir að svarið sé einfaldlega nei. Jarðhitaorkan er ekki óendanleg, hún byggir á aðstæðum sem á tímakvarða jarðsögunnar eru skammvinnar. Hins vegar virðist hún vera endurnýjanleg ef notast er við tímakvarða sagnfræðinnar og sögu mannvistar á Íslandi. Kerfisbundin nýting jarðhita á Íslandi er rúmlega hundrað ára og þegar hafa komið fram vísbendingar um að verið sé að ganga á forðann hraðar en hann nær að endurnýjast (Björgólfur Thorsteinsson 2006). Tækni færir okkur betri nýtingu og möguleika á að nýta breiðara hitabil en það breytir ekki þeirri staðreynd að orkulindin virðist tæmist hraðar en hún nær að fylla á aftur. Því hefur víða verið gripið til þess ráðs að hvíla nýtingarsvæðin (Stefán Arnórsson 2008).

Hér á Íslandi höfum við reynslu af því að nýting á heitu vatni hefur veruleg áhrif á vatnskerfi. Upphaflega var hitaveita í Reykjavík hér innanbæjar en með aukinni dælingu úr borholum dró mjög úr vatnsmagni og mönnum varð fljótlega ljóst að leita yrði út fyrir borgina eftir meira vatni. Því var keypt land í Mosfellssveit þegar árið 1932 (Sveinn Þórðarson 1998). Þrátt fyrir framfarir eru enn margar gloppur í forðafræðinni að mati Ástu Þorleifsdóttur, jarðfræðings. Þannig hafi „köld“ svæði reynst heit þegar borað var til niðurdælingar. Hún telur að mun ítarlegri og fleiri rannsóknir þurfi á jarðvarmaforða til þess að tryggja að virkjað sé á sjálfbæran en ekki ágengan hátt. (Ásta Þorleifsdóttir 2008)

3.2.2 Vandkvæði við nýtingu jarðhitans

Ýmis vandkvæði fylgja því að nýta heitt vatn. Bæði veldur hitastigið sjálft hættu við nýtingu auk þess sem það veldur hitaþenslu. Jarðhitavatnið hefur eiginleika sem valda miklum vandkvæðum og kalla á tæknilegar og hugvitsamlegar lausnir við nýtingu þess.

Vatn er einhver besti leysir sem til er og hækkar leysni fastra efna eftir því sem hitastig þess eykst (Hafþór Guðjónsson 1993). Vatn sem seitlar niður í berggrunninn hitnar og við það byrjar það að leysa upp efni úr berginu umhverfis. Jarðhitavatn inniheldur því mikið magn uppleystra efna sem falla út þegar vatnið kólnar. Þar sem Ísland er ungt eldfjallaland er bergið gropið og vatn á greiða leið í gegnum það um sprungur og glufur. Vatn situr því ekki lengi í berginu og því er hlutfall uppleystra efna á lághitasvæðum minna en víða annars staðar í heiminum.

Hitatap er eitt þeirra vandamála sem leysa þarf ef vatn er leitt langa leið í pípum. Því hefur einangrun og efni til einangrunar verið eitt þeirra vandamála sem hefur þurft að

leysa. Kólnunin veldur því jafnframt að efni sem leystust í vatninu við hærra hitastig falla út. Efni sem leyst eru í jarðhitavatni geta ýmist valdið tæringu eða stíflum.

Nýting jarðhitavatns veldur því að grunnvatn fer að flæða, vatnsborð lækkar og nýtt vatn streymir inn. Það getur valdið vandkvæðum bæði kólnun og blöndun við annars konar vatn t.d. súrefnisríkt eða salt. Jafnframt þessu þarf að gera ráð fyrir að breytingar vegna jarðskjálfta og eldgosa geti valdið vanda. (María J. Gunnarsdóttir 2002)

4 Sögulegt yfirlit

Ísland hefur verið byggt í rúm 1100 ár. Landnámsmenn komu frá Noregi, settust hér að og hófu að stunda landbúnað eins og þeir höfðu þekkingu til að heiman. Þeir nýttu skóg til að byggja og brenndu við til hitunar, eldamennsku og baða. Landgæði á Íslandi eru með öðrum hætti en í Noregi og skógurinn varð uppurinn. Eftir blómatíma tóku við erfiðari ár með róstum og náttúruhamförum. Hægt og rólega dró mátt úr þjóðinni og tímabil mikillar örbirgðar hófst. Reis þjóðin ekki úr þeirri vesæld fyrr en eftir seinna stríð með nútímavæðingu í formi rafmagns og húshitunar með jarðhita.

Hér á eftir verður rakin stuttlega sagan fram að 1900, þ.e. frá landnámi til upphafsára hitaveituvæðingar. Það er gert til að draga upp mynd af því hvernig ástatt var á Íslandi við upphaf jarðhitanytingar. Síðan tekur við nákvæmari lýsing á því umhverfi sem nýting jarðhita á Íslandi nær yfir, frá upphafsárunum rétt um aldamótin 1900 fram til ársins 2005. Þar er annars vegar um að ræða lýsingu á þjóðfélagsþróun og hins vegar þróun jarðhitanytingar.

4.1 Frá landnámi til fyrstu hitaveitu í hús

Landnámsmönnum kom spáskt fyrir sjónir að reykir liðu upp af jörðu og nefndu staði og bæi sína eftir þessum reyk og því heita vatni sem var að finna í nágrenninu (Björn Hróarsson 1991). Þeir fluttu ekki með sér þekkingu á því hvernig hægt væri að nýta jarðhitavatn enda slíkt náttúruþyrriþæri ekki að finna í Noregi. Jafnvel var heita vatnið talið til óþurftar. Hættulegt var talið að hafa það of nálægt bæjum vegna hitans og lítt var hægt að nota það til drykkjar (Guðmundur Pálmason 2005).

Eftir því sem líður á sambyli manna og íslenskrar náttúru verða nytin meiri. Fólk lærði að nýta heita vatnið til þvotta og matargerðar. Fljótlega fóru landsmenn að nýta jarðhitavatn til að lauga sig í. Var slíkt talin heilsubót (Guðmundur Jónsson 1997; Sveinn Þórðarson 1998). Svo hélt fram um aldir. Svo lengi sem eldviður var nægur til að hita hús var ekki ástæða til að huga að frekari nytjum jarðhitans (Guðmundur Pálmason 2005).

Lífsbarátta á Íslandi í gegnum aldir hefur verið hörð og náttúruþyrriþæri erfitt. Þjóðin barðist við að lifa af til næsta dags (Þorvaldur Thoroddsen 2003). Húsakostur í landinu var rýr og fór versnandi og minnkaði eftir því sem örbyrgð óx. Til hitunar var farið að nýta

mó og tað. Ein leið útúr kuldinum var að nýta búfé til hitunar. Voru skepnur hafðar á neðri hæðum húsa til að nýta hitann frá þeim (Sveinn Þórðarson 1998).

Þróun híbýla á Íslandi frá söguöld fram á miðaldir eru gerð skil í bókinni „Híbýlahættir á miðöldum“ (Arnheiður Sigurðardóttir 1966). Þar kemur m.a. fram hvernig baðstofan skiptir um hlutverk frá því að vera raunveruleg baðstofa, skandinavísk sauna, yfir í það vera íverustaður þar sem var hiti. Stórbýlin í árdaga Íslandsbyggðar voru með skála, stofu og eldhúsi en þegar eldiviðarskortur verður til þess að kynding gufubaða leggst af heldur íverustaðurinn nafninu baðstofa. Loks hverfur svo baðofninn og hitun með honum (Arnheiður Sigurðardóttir 1966).

Fólk sem rétt hefur til hnífs og skeiðar er samkvæmt Maslow í neðsta þrepi þarfaþýramídans (Maslow 1987). Það situr ekki löngum og veltir fyrir sér tæknilegri útfærslu á því hvernig hægt er að nýta jarðhita sem alla jafna var talinn stafa hættu af fyrir fólk og búfé. Þó gerðu Íslendingar ýmislegt sem ekki fellur undir brauðstrit eins og t.d. skrifa bækur og vinna bókfell sem ritað var á. Rannsóknir hafa sýnt að vegna þess að skinnið í bókfellið var þvegið í hveravatni varð það sérstaklega gott og ending þess meiri en ella (Björk Þorleifsdóttir 2003).

Þegar erlendir menn koma hingað til lands í vísindaferðir á 18. öld rekur þá í rokastans að jarðhitinn skuli ekki vera nýttur meira en gert er. Á þessum tíma var orkuþörf samfélaga erlendis meiri en orkuþörf hér á landi. Hafa þeir ýmsar hugmyndir um hvernig nýta megi jarðhitann (Sveinn Þórðarson 1998; Guðmundur Pálmason 2005).

Íslendingar eru þó enn ekki farnir að sjá notagildi jarðhitans umfram böð og þvotta. Hafði hugarfar lítið breyst frá því að Oddur Einarsson á sextánda öld telur heita vatnið ekki nothæft sökum hins gífurlega hita (Björn Hróarsson 1991). Þetta tók þó að breytast og fyrstir til að bora eftir heitu vatni voru náttúrufræðingarnir Eggert og Bjarni, árið 1755. Þorvaldur Thoroddsen sá fyrir sér að nýta mætti heita vatnið og segir í riti einu að „...í íslenskum hverum liggur mikið vinnuafli fölgandi“ hefur hann reynst sannspár (Björn Hróarsson 1991).

Það er ekki fyrr en kemur fram undir 1900 að farið er að huga að frekari nýtingu heita vatnsins á Íslandi. Nauðþurftirnar reka Íslendinga til að huga að því að nýta það sem til er í landinu til að gera lífið bærilegra. Á þeim tíma höfðu landsmenn reynslu af jarðhitnum og nokkrar tilraunir höfðu þegar verið gerðar af einstaklingum til að færa sér hann í nyt í smáum stíl.

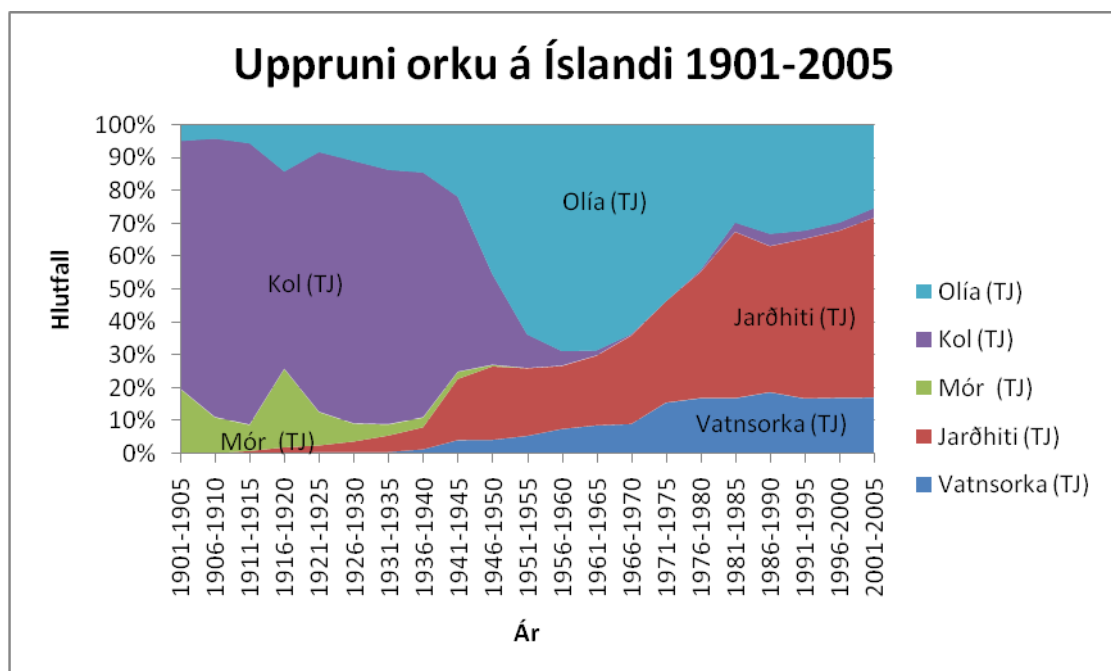
4.2 Skipting í tímabil eftir orkugjöfum

Skipta má búsetu landsins í fjögur tímabil eftir því hvaða orkugjafar voru notaðar.

Skiptingin er sem hér segir:

Landnám – 1850:	Viður, mór, tað og búfé
1850 – 1945:	Kolatímabilið
1946 – 1970:	Olútímabilið og upphaf hitaveitu
1971 – 2005:	Vatnsafls- og hitaveitutímabil

Skiptinguna frá 1901 – 2005 má sjá á mynd 4.1 þar sem sýnd er skipting orkunýtingar eftir uppruna. Við aldamótin 1900 eru kolin yfirgnæfandi hluti, enn eimir eftir af mór og olía er aðeins farin að sjást. Fram að fyrri heimsstyrjöld minnkar mórinn en þar sem staðkvæmd er milli mós og kola eykst hlutur mós. Notkun kola til hitunar minnkar mjög í kringum fyrri stríð. Að öðru leyti virðist ástandi stöðugt frá 1900 fram undir 1936. Á tímabilinu 1936-1946 snýst þetta við og olían tekur yfir. Vatnsorka og jarðhiti eru komin inn en í mjög litlum mæli. Þar er um að ræða fyrstu ár hitaveitu í Reykjavík sem tekur kipp á árunum í kringum seinni heimsstyrjöld. Þá tekur við tímabil þar sem notkun olíu sækir á fram til um 1965 að nýting jarðhita byrjar að aukast jafnt og þétt þegar saman fer hitaveituvæðing í Reykjavík og framfarir í hitaveitu á landsbyggðinni. Nýting jarðhitans vex mjög og eftir 1970 er ásamt vatnsaflri orðin yfir 50% þeirrar orku sem notuð er í landinu.

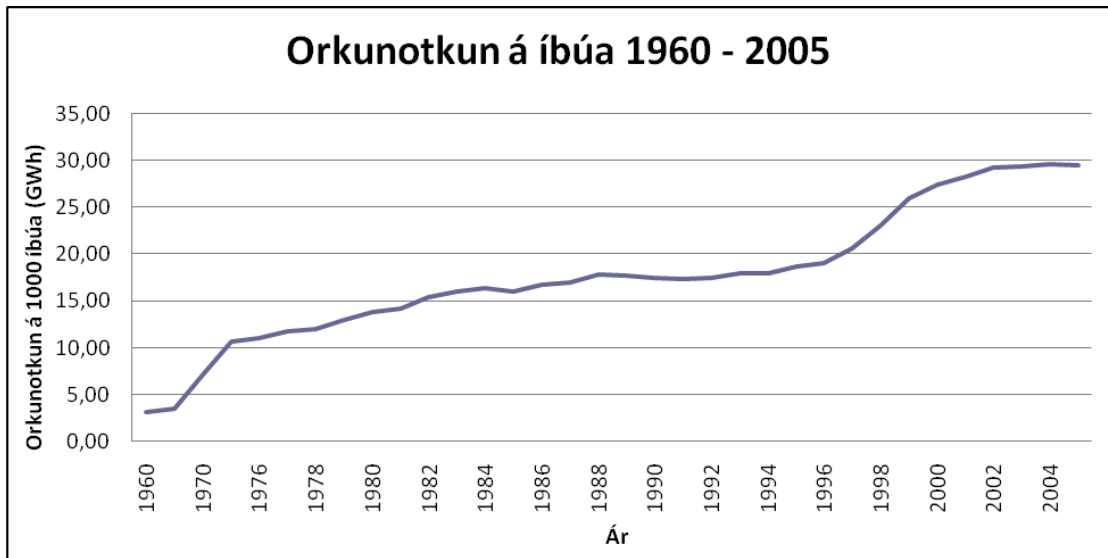


(Heimild: Hagskinna 1996, Landshagir 2006)

Mynd 4.1 Notkun frumorku á Íslandi frá 1901 - 2005 skipt eftir uppruna.

Árið 2005 stóð jarðhiti undir 55% af frumorkuþörf Íslendinga, annars vegar til hitunar og hins vegar til raforkuframleiðslu. Auk jarðhitans nýtum við vatnsafl og innflutt eldsneyti. Lengi var miðað við að nýtanlegt vatnsafl sé 30 TWh á ári og jarðhiti til raforkuvinnslu 20 TWh á ári. Árið 2004 nam raforkuvinnsla á landinu um 17% af þessu afli (Árni Ragnarsson 2006).

Magn olíu er hlutfallslega nálægt því að vera hið sama árin 1950, 1990 og 2005. Hlutur olíu helst vegna skuttogaraútgerðar og nýtingar þar. Kolin koma aftur inn vegna nýtingar kola við vinnslu járnblendis og áls. Samhliða þeim breytingum sem verða á hlutfalli orkugjafa verða jafnframt gríðarlegar breytingar á orkuþörfinni. Eins og sjá má á mynd 4.2 jókst orkunýting gríðarlega ef tekin eru árin 1960 til 2005. Stökk í nýtingu verða þegar stóriðja eykst, t.d. Álverið í Straumsvík 1970.

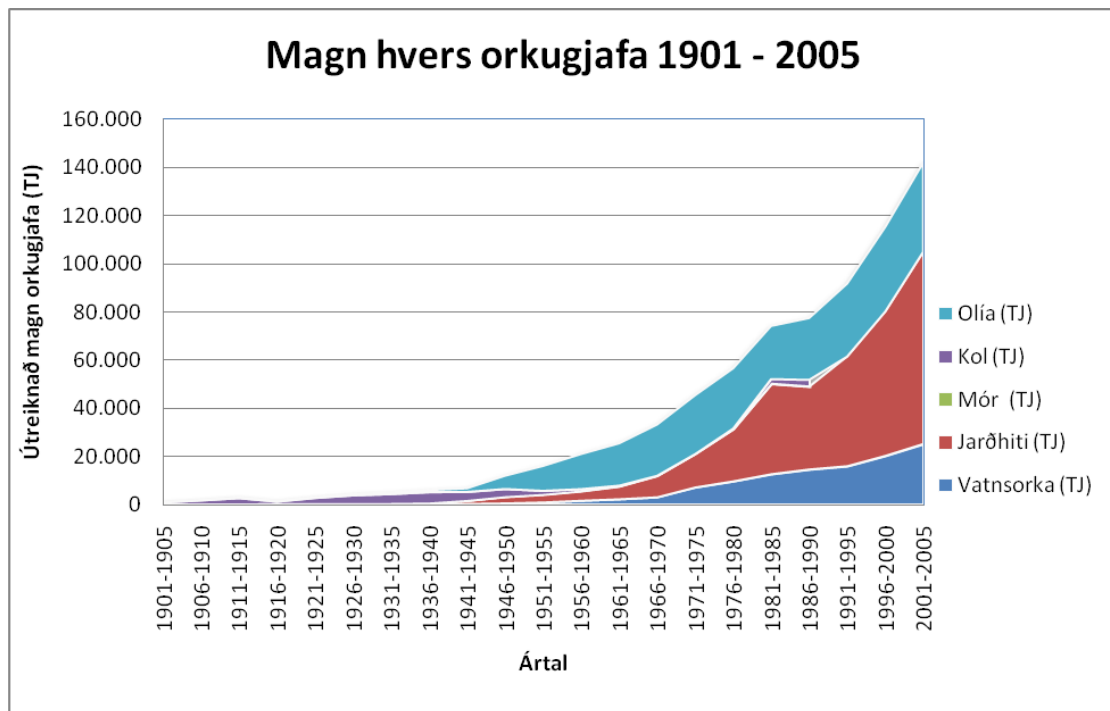


(Heimild: Hagskinna 1996, Landshagir 2006)

Mynd 4.2 Aukning á heildarraforkunotkun á hverja 1000 íbúa á Íslandi frá árinu 1960 fram til ársins 2005.

Heildarraforkunotkunin á þessu tímabili fór úr 3,08 GWh á hverja þúsund íbúa í 29,6 sem er næstum því tíföldun (sjá mynd 4.2) (Hagskinna 1996, Landshagir 2006).

Á mynd 4.3 er sýnt magn hvers orkugjafa reiknað út frá heildarorkunýtingu landsmanna og hlutfallslegri skiptingu milli orkugjafa samkvæmt tölum frá Hagstofu Íslands. Heildarorkumagnið nær sjöfaldast á árunum 1901 - 1990, þ.e. fer úr 1.142 orkueiningum (TJ) í 77.550 TJ (Hagskinna 1996).



(Heimild: Hagskinna 1996, Landshagir 2006)

Mynd 4.3 Útreiknað magn hvers orkugjafa sem notaður var á Íslandi frá 1901 – 2005.

Á myndinni sést að magn olíu hefur í raun ekki minnkað svo neinu nemi. Olíunotkun eykst á árunum 1981-1990. Hins vegar er ljóst að mikilli aukningu í orkunotkun er mætt með nýjum orkugjöfum þ.e. vatnsorku sem vex hægt og rólega og jarðhita sem eykst hröðum skrefum frá árinu 1966.

4.2.1 Hitafar og þróun í húshitun

Lofthiti á Íslandi virðist sveiflast með nokkuð reglubundnum hætti og setti Páll Bergþórsson fram kenningu um að heitari og kaldari tímabil skiptust á með 30 ára sveiflum (sjá töflu 4.1) (Trausti Jónsson 2007). Um aldamótin 1900 var farið að hlýna eftir óvanalega langt kuldaskeið sem staðið hafði frá því um 1500. Hefur það tímabil verið kallað „litla ísöld“ (Gunnar Þór Bjarnason 2001).

Tímabil	Meðalárshitastig í Stykkishólmi (°C)	Breyting á hitastigi
1901 - 1915	3,18	Kalt en hlýnandi
1916 - 1930	3,43	Mikil hlýnun
1931 - 1945	4,30	Hlýskeið
1946 - 1960	4,06	Hlýskeið
1961 - 1975	3,56	Kólnandi
1976 - 1990	3,47	Kuldaskeið
1991 - 2005	3,71	Hlýnun

(Heimild: Veðurstofa Íslands, Trausti Jónsson, 2007.)

Tafla 4.1 Meðalhitastig í Stykkishólmi frá 1901-2005

Veðurskilyrði sem ríktu fram að aldamótum 1900 hafa ef til vill orðið til að skerpa á þörfinni fyrir endurbætur í húshitun. Auk þess sem í kringum aldamótin bárust fregnir frá útlöndum, bæði Bandaríkjunum og Ítalíu, um að heilu bæirnir séu hitaðir með hveravatni (Guðmundur Pálmason 2005). Verður það ef til vill til að ýta undir hugmyndir hér á landi um að nýta jarðhitavatn til húshitunar. Nokkuð er ritað í blöð uppúr 1900 um þessi efni (Sveinn Þórðarson 1998). Til þess að svo megi verða er þó ástand í landinu með þeim hætti að einungis er hægt að nýta heita vatnið mjög staðbundið eins og gert var á mörgum bæjum til sveita.

Eftir að innflutningur á kolum hófst hélt miðstöðvarkynding húsa innreið sína. Árið 1895 var sett miðstöðvarhitun í hús Otto Wathne á Seyðisfirði (Björn Hróarsson 1991; Sveinn Þórðarson 1998). Árið 1899 voru Landsbankinn í Austurstræti og Akureyrarspítali einnig hitaðir með miðstöð. Miðstöðvarkyndingin felur í sér að vatn er hitað með kolum í miðstöðvarkatli og þaðan leitt í lagnir sem liggja um herbergi húsa. Slíkar lagnir henta vel til kyndingar með jarðhitavatni. Því var í upphafi tuttugustu aldar farið að huga að því að nota jarðhita til að hita hús og framleiða rafmagn (Sveinn Þórðarson 1998).

Árið 1908 leiðir Stefán B. Jónsson á Reykjum í Mosfellsdal heitt vatn í hús og markar það upphaf hitaveitu á Íslandi (Sveinn Þórðarson 1998). Á árunum í kringum 1910 er leitt heitt vatn í tvo bæi í Borgarfirði, Reyki og Sturlureyki, og má segja að með því hefjist sú vegferð sem hefur skilað okkur til þeirrar nýtingar á jarðhita sem við búum við í dag. Þar með var ísinn brotinn.

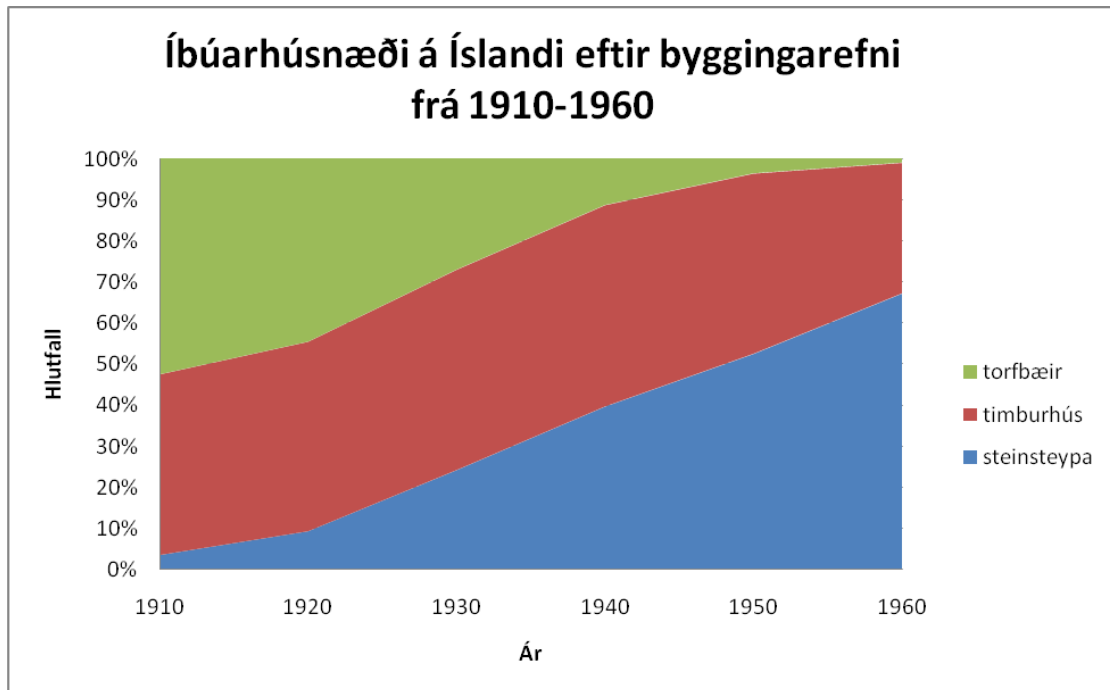
Alla jafna var mikill skortur á eldsneyti til húshitunar og eldamennsku á Íslandi en á árum fyrri heimstyrjaldar 1914-1918 var ástandið í landinu óvanalega erfitt, bæði vegna styrjaldar og vegna kulda (Ágúst Jósefsson 1959; Guðrún P. Helgadóttir 1974). Þetta erfiða ástand veldur því að sá kostur að nýta heita vatnið verður enn ákjósanlegri en áður. Fara menn víða um land í gang með að leiða heitt vatn í hús, m.a. Sigurjón Pétursson á Álafossi, fimm bæir í Borgarfirði, Laugarás í Biskupstungum og bæir í Árnessýslu og víðar. Sveinbjörn Jónsson síðar kenndur við Ofnasmiðjuna stóð fyrir nýtingu á norðurlandi (Sveinn Þórðarson 1998).

4.2.2 Ástandið í Reykjavík 1880 – 1920, lok kolatímabilsins

Til þess að glöggva sig á hversu viðamiklar þær breytingar eru sem átt hafa sér stað á Íslandi á því tímabili sem hér er til umfjöllunar er vert að draga upp mynd af því ástandi sem ríkti á landinu áður en farið er að nýta jarðhita til kyndingar. Til þess að

nýta megi heitt vatn til húshitunar verða að vera fyrir hendi aðstæður sem gera slíkt kleift, þ.e. húsnæði og lagnir, bæði aðveita, fráveita og lagnir innanhúss. Því var ekki til að dreifa í Reykjavík um aldamótin 1900.

Ágúst Jósefsson, fyrrverandi heilbrigðisfulltrúi í Reykjavík, ritar árið 1958 minningar sínar frá því að hann var að alast upp í Reykjavík. Húsakostur í Reykjavík á þessum tíma voru torfbæir og timburhús (sjá mynd 4.4). Hús voru hituð með kamínum. Honum segist þannig frá að aðaleldsneyti í bænum var mór sem stunginn var upp í Vatnsmýrinni. Kol voru dýr og stundum ekki fáanleg til lengri tíma. Börn og unglingar fátækra fóru niður í fjöru þegar kolafarmi var skipað upp og tíndu kolamolana sem féllu útbyrðis við uppskipunina. Fátækir söfnuðu einnig þara og þangi og brenndu. Öskukarlar sáu um að bera ösku frá húsum.



(Heimild: Hagskinna 1996)

Mynd 4.4 Íbúðarhúsnæði á Íslandi frá 1910 – 1960. Miklar breytingar urðu á tímabilinu, torfbæir hurfu nær alveg og steinsteypt hús koma í staðinn.

Götur í Reykjavík voru ekki steinlagðar og urðu stígarnir að aur og svaði þegar rigndi. Rennusteinar voru við sumar götur og var úrgangi og sorpi hent í þá. Lækurinn í Lækjargötu var opinn og í hann var einnig hent úrgangi eða í opin ræsi við götur og stíga. Götur voru lýstar með steinolíuljóskerjum. Börn voru ekki skólaskyld, skólaskyldu er komið á með lögum um fræðsluskyldu árið 1907.

Ekki var rennandi vatn í húsum heldur voru brunnar og vatnspóstar á ýmsum stöðum í bænum. Hafði fólk vatnstunnu við hús sín sem það annað hvort fyllti sjálft á eða fékk til þess svokallaða vatnsbera sem störfuðu við vatnsburð. Ágúst vann í prentsmiðju

Ísafoldar í kringum 1910, en ástandinu þar lýsir hann svo: „Á þessum árum var hér engin raflýsing, ekkert gas, engin vatnsveita, engar skólpleiðslur, engin vatnssalerni og engar hreyfivélar“ (Ágúst Jósefsson 1959) Hann hafði farið til Danmerkur en flutti heim með fjölskyldu sína árið 1906. Hann segir: „Við höfðum alltaf áður búið í íbúðum með öllum þægindum, en hér vantaði allt slíkt. En einna tilfinnanlegast var þó vatnsleysið, því það þurftum við að sækja í fötum niður á Skálholtskotslind“ (Ágúst Jósefsson, 1958:161).

Þegar nýbygging Kvennaskólans í Reykjavík við Fríkirkjuveg 9 er vígð árið 1909 er í húsinu gufulögn og sá kyndari um að kynda húsið. Reyndist lögnin illa og sprakk árið 1919 en árið 1927 er lögninni breytt í vatnslögn. Það lýsir ef til vill ástandinu að árið 1916-17 varð að fella niður skólahald í 1. bekk Kvennaskólans til að spara eldvið og spöruðust 1.800 krónur á eldiviðarkaupum (Guðrún P. Helgadóttir 1974).

4.3 Breytingar á íslensku samfélagi 1900 – 2005

Á þeim áratugum sem hér eru til umfjöllunar hafa orðið gífurlegar breytingar á Íslandi. Skömmu fyrir 1900 hafði vistarbandið, sem var undirstaða íslenska bændasamfélagsins verið aflagt. Í kjölfarið flutti fólk úr sveit og bjó í þurrabúð við sjávarsíðuna. Fólksfjöldi hafði staðið í stað en eftir 1800 varð mannfjölgun og hefur Íslendingum fjölgað æ síðan (Gunnar Þór Bjarnason 2001). Samfara þeirri fjölgun hefur átt sér stað bylting í þjóðfélagsháttum.

Hér á eftir fer lýsing á stjórnarfarslegum breytingum auk þess sem teknar eru saman tölulegar upplýsingar um fjármál ríkisins, breytingar á mannfjölda, meðalaldri og ævilengd þjóðarinnar, skoðuð er samsetning þjóðarinnar og menntun.

4.3.1 Stjórnskipan á Íslandi

Árið 1900 hafa Íslendingar haft eigin stjórnarskrá frá 1874. Þeir fóru því að hluta til með eigið löggjafarvald og fjárveitingavald. Árið 1901 kemst til valda vinstri stjórn í Danmörku sem varð til þess að Íslendingar fá heimastjórn 1904 og valtýskan sem svo var kölluð dagar uppi (Gunnar Þór Bjarnason 2001). Fjárframlög frá Danmörku voru síminnkandi hluti af tekjum íslenska ríkisins fram til 1920 þegar þau lögðust af (Hagskinna 1996).

Sjálfstæðisbarátta íslenskra alþingismanna hélt áfram í anda þeirrar þjóðernisstefnu sem ríkti í Evrópu og síðar varð tilefni fyrri heimsstyrjaldarinnar. Rétt eftir aldamótin

1900 fóru menn að skiptast í fylkingar vegna ólíkra sjónarmiða til sjálfstæðibaráttunnar. Kom þar m.a. til að þjóðin var ekki jafn einsleit og áður og nýjum búskaparháttum fylgdu mismunandi hagsmunir. Fánamálið svokallaða var angi af sjálfstæðisbaráttu Íslendinga, það fór á þann veg að þjóðin fékk eigin fána 1915 (Gunnar Þór Bjarnason 2001).

Samningaviðræður við Dani enduðu með sambandslögunum 1918. Sama ár og fyrri heimsstyrjöldinni lauk var Ísland lýst frjálst og fullvalda ríki í sambandi um einn og sama konung og Danir. Það ár var þjóðinni að mörgu leyti erfitt vegna mikilla kulda og farsóttar, spænsku veikinnar (Ágúst Jósefsson 1959).

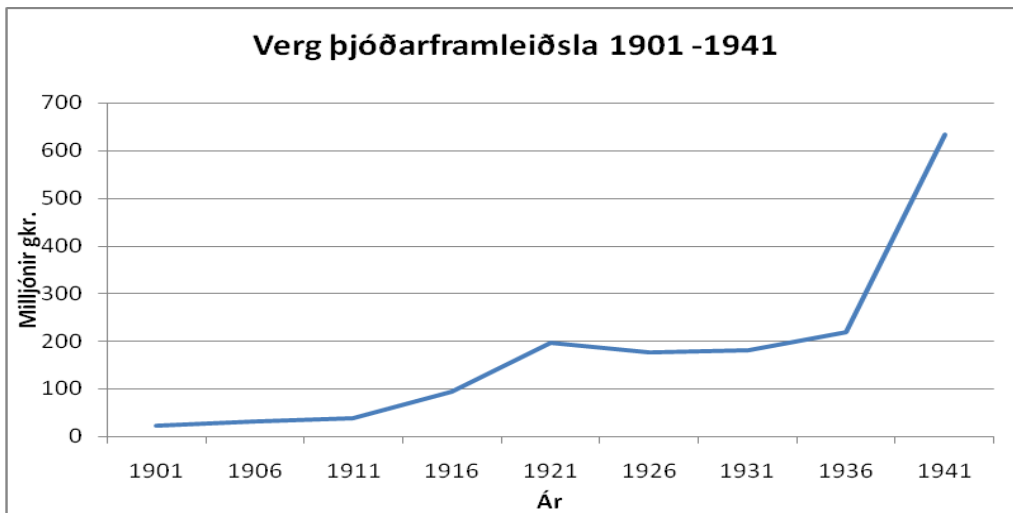
Íslendingar höfðu farið með eigin fjármál nokkru lengur og var Íslandsbanki stofnaður árið 1904 með fjármagni frá Noregi og Danmörku. Íslendingar keyptu togarann Jón forseta og markar það upphaf togaravæðingar þjóðarinnar sem varð til þess að sjávarafli margfaldaðist. Má segja að með henni verði iðnbylting á Íslandi sem í reynd er hægt að líta á sem frumforsendu eiginlegrar kröfu um sjálfstæði.

Smám saman tók þjóðin við þeim verkefnum sem fylgdu fullveldinu og árið 1920 tók hæstiréttur til starfa. Kjör tóku að batna eftir erfið stríðsár allt þar til kreppan mikla hófst í kjölfar hruns á verðbréfamörkuðum í Bandaríkjunum síðla árs 1929 sem m.a. leiddi af sér samdrátt í útflutningsgreinum Íslendinga. Vegna minnkandi gjaldeyristekna ákváðu stjórnvöld að hefta innflutning á tilteknum vörum. Haftastefnan var við lýði fram yfir 1950 og jafnvel lengur er varðar tiltekinn varning. Borgarastríðin á Spáni lokuðu fyrir helsta útflutningsmarkað landsmanna og lauk því kreppunni ekki fyrir en með heimstyrjöldinni síðari (Gunnar Þór Bjarnason 2001). Árið 1944 undir lok seinni heimsstyrjaldar var lýðveldið Ísland stofnað í skugga þess að Danir höfðu verið hernumin þjóð frá 1940. Þar með höfðu óvenjulegar aðstæður myndað pólitískar forsendur fyrir sjálfstæði en langt í frá efnahagslegar.

4.3.2 Þjóðarbúskapur og hagsveiflur

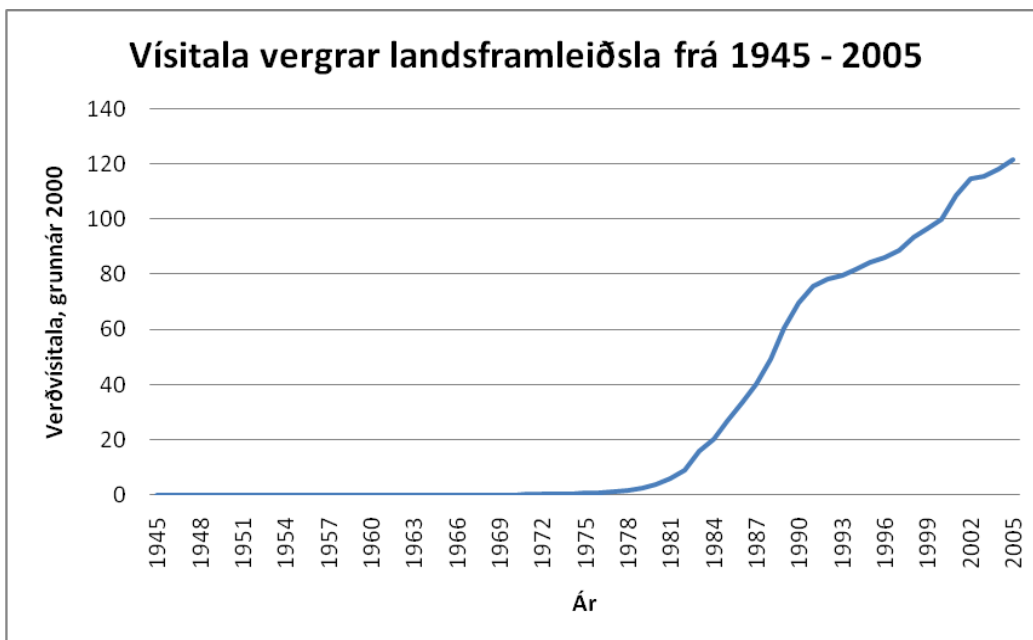
Við skoðun á talnagögnum um þjóðarframleiðslu fyrir tímabilið 1901 – 2005 kemur í ljós að notast verður við fleiri en einn mælikvarða þar sem þjóðhagsreikningar fyrir íslenskt þjóðabú ná einungis aftur til ársins 1957. Einnig hefur grunnári í vísitölu-útreikningum verið breytt hjá Hagstofunni þannig að hér verður tímabilið skoðað í tvennu lagi. Í grein Guðmundar Magnússonar (2005) „Framfarir og hagstjórn á Íslandi á tuttugustu öld“ segir að ef skoðaður er hagvöxtur á Íslandi frá 1910 sést að hann er

hægari og ójafnari fyrir árið 1940 en eftir (sjá mynd 4.5 og 4.6). Framfarir hafa orðið í rykkjum og skiptast á tímabil góðæris og hallæris. Sjávarafli og fiskverð hefur lengst af ráðið þar miklu. Eftir 1945 hefur íslenskt þjóðarþú orðið fyrir einhvers konar áfalli að jafnaði fimmta til sjötta hvert ár. Átta slík urðu á tímabilinu 1945-1987, þar af voru sex vegna erlendra áhrifa á borð við olíuverðhækkana og tvær vegna aflabrests (Guðmundur Magnússon 2005).



(Heimild: Hagskinna 1996)

Mynd 4.5 Verg þjóðarframleiðsla á verðlagi hvers árs frá 1901 - 1941 í milljónum gamla króna.



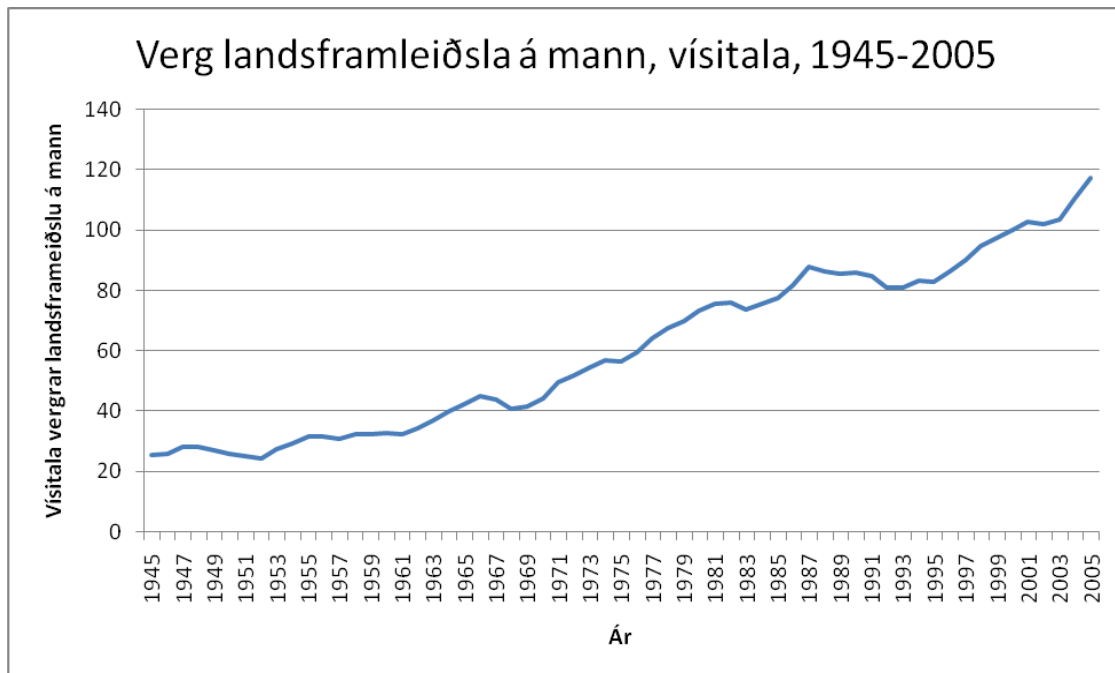
(Heimild: Hagstofa Íslands 2008)

Mynd 4.6 Vöxtur magnvísitölu vergrar landsframleiðslu á mann frá 1945 – 2005.

Vegna mikils hagvaxtar hverfa breytingar árinna 1945 – 1978 á mynd 4.6, því er vert að skoða aukningu landsframleiðslunnar á mann sem gefur skýrari mynd af hagsveifl-

um sem urðu á tímabilinu. Þar á meðal verðfalli á fiskafurðum sem varð eftir seinna stríð, aflabresti í kringum 1969 þegar síldin hvarf. Olíuverðshækkarnir í gegnum árin setja einnig mark sitt á línuritið árið 1975 en árið 1979 eru áhrifin ógreinilegri í línuritinu. Efnahagslægðin eftir 1990 sést greinilega og samdrátturinn 2003 (sjá mynd 4.7).

Í heild hefur meðalvöxtur landsframleiðslu frá 1901 til 2005 verið 4%, þ.e. landsframleiðsla hefur rúmlega fimmtugfaldast (Þorvaldur Gylfason 2008). Vöxturinn hefur ekki verið jafn eftir tímabilum. T.d. jókst verg þjóðarframleiðsla árlega um sem svarar 2,6% á árunum 1901 – 1945. Frá 1946 – 1980 dró lítillega úr vexti vergrar þjóðarframleiðslu og nam hann að jafnaði um 2,5% á ári. Eftir 1990 eru einungis upplýsingar um verga landsframleiðslu og nam vöxtur landsframleiðslu á tímabilinu 1990 – 2005 3,1% á ári (Hagskinna 1996, Landshagir 2006, Hagstofa.is).



(Heimild: Hagstofa Íslands 2008)

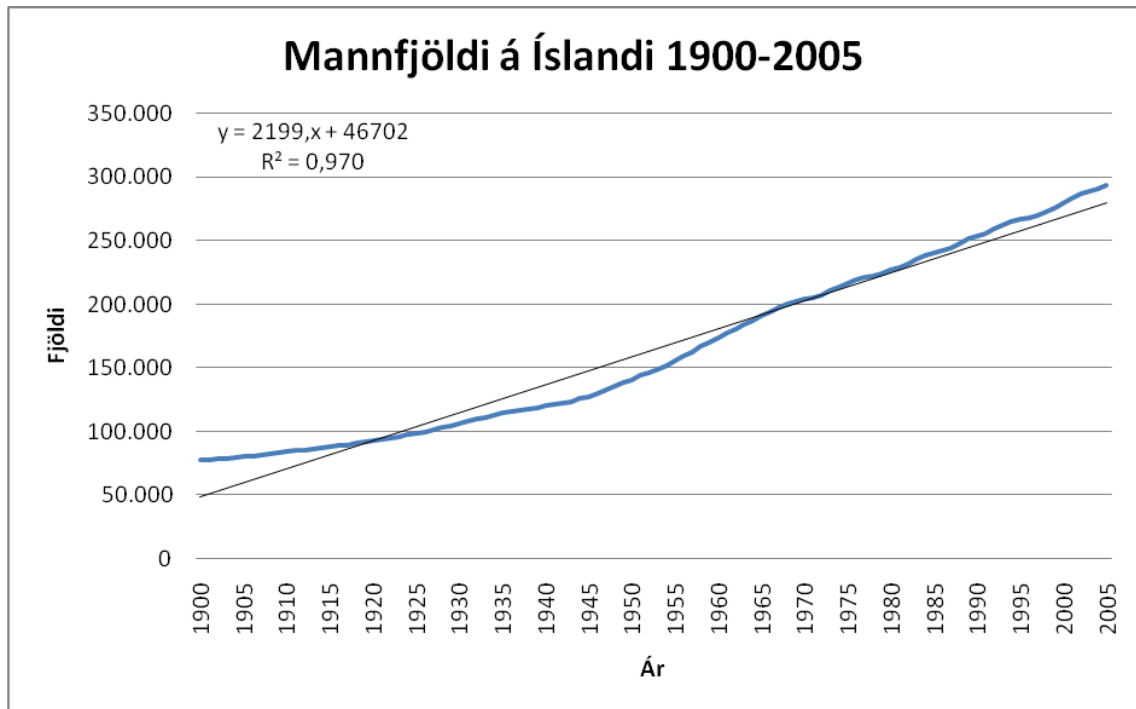
Mynd 4.7 Verg landsframleiðsla á mann gefur góða mynd af hagsveiflum árunum 1945 – 2005.

4.3.3 Mannfjöldi á Íslandi frá árinu 1900 – 2005

Rétt eins og annars staðar í Evrópu var landbúnaður aðalvinnugrein Íslendinga fram eftir 19. öld. Þá hófst iðnvæðingin og á Íslandi vöxtur sjávarútvegs með skútuöldinni svokölluðu (Gunnar Þór Bjarnason 2001). Við þetta varð tilfærsla á vinnuafli sem hélst fram yfir seinni heimstyrjöld. Á eftirstríðsárunum hófst vöxtur vinnuafls í viðskipta- og þjónustugreinum. Þessi langtímaþróun er talin vera afleiðing af aukinni nýtingu tækni í framleiðslu. Hún gerir hins vegar að verkum að fólk safnast í bæi og

borgir og það kallar aftur á lausnir í húsnæðis og upphitunarmálum. Samkvæmt kenningu Bells þróast Vestur-Evrópa frá því að vera landbúnaðarsamfélag með frumframleiðslu yfir í það að vera iðnaðarsamfélag þar sem uppspretta verðmætasköpunarinnar er orkunýting (Stefán Ólafsson 1992).

Árið 1900 eru Íslendingar 77.967 og árið 2005 eru þeir orðnir 293.577 (Guðmundur Jónsson 1997; Landshagir 2006). Þetta svarar til 276,5% fjölgunar á rúmum hundrað árum (sjá mynd 4.8).



(Heimild: Hagskinna 1996, Landshagir 2006)

Mynd 4.8 Mannfjöldi á Íslandi frá 1900 til 2005.

Fjölgunin er allt að því línuleg eins og sjá má á mynd 4.6. Þó má greina örlítinn breytileika í vaxtarhraðanum sem gefur tilefni til að skipta mannfjölgun á Íslandi í þrjú tímabil eftir því hvernig „vaxtarhraði“ þjóðarinnar er. Þ.e. með því að skoða hallatölu ferilsins:

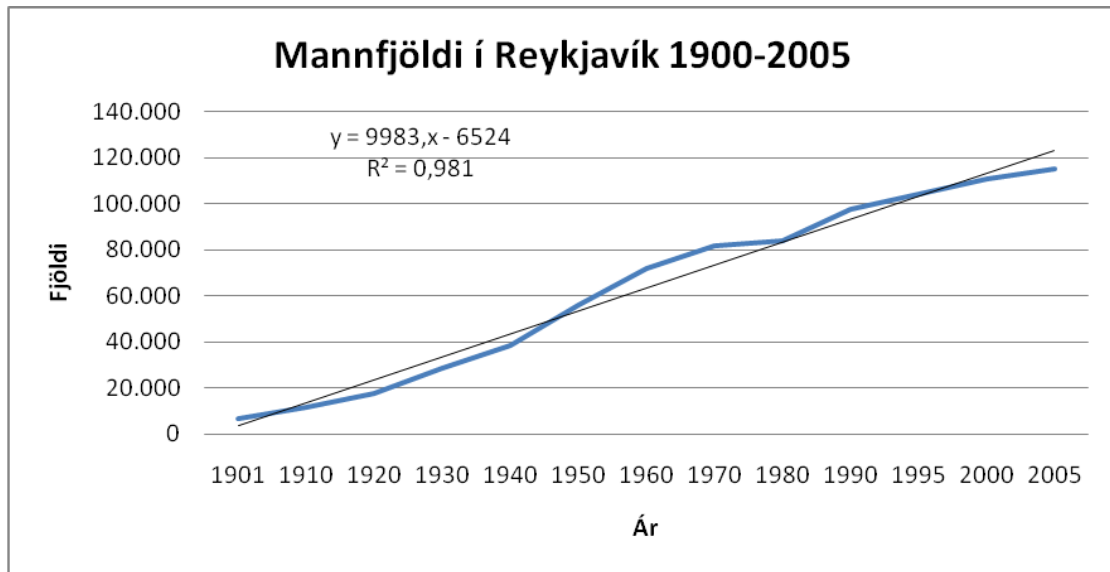
1900 – 1945: er vöxtur hægur, hallatala línunnar nálægt 1.145.

1945 – 1965: fjölgar þjóðinni mun hraðar og er hallatalan 3.230.

Eftir 1965: dregur úr fjölgun, hallatala línunnar á því tímabili er 2.534.

Fólksfjölgun í Reykjavík frá 1900 til ársins 2005 er ennþá meiri en landsins alls vegna gífurlegra fólksflutninga úr sveit í borg og nemur alls 1620% (Sjá mynd 4.9). Vaxtarhraðinn virðist fylgja svipaðri þróun og á landinu öllu, þ.e. árin eftir stríð og fram til 1960 einkennast af gríðarhröðum vexti sem dregur úr eftir 1960. Breytileikinn er þó aðeins meiri. Fjölgun fólks í Reykjavík flýtir fyrir hlutfallslegri hitaveituvæð-

ingu landsins þar sem vagma hitaveitunnar, svo að segja, er í Reykjavík og mikið var lagt í að koma hitaveitu í hús í borginni.



Heimild: Hagskinna 1996, Landshagir 2006)

Mynd 4.9 Mannfjöldi í Reykjavík frá 1900 til 2005.

4.3.4 Meðalaldur og ævilengd Íslendinga frá 1900-2005

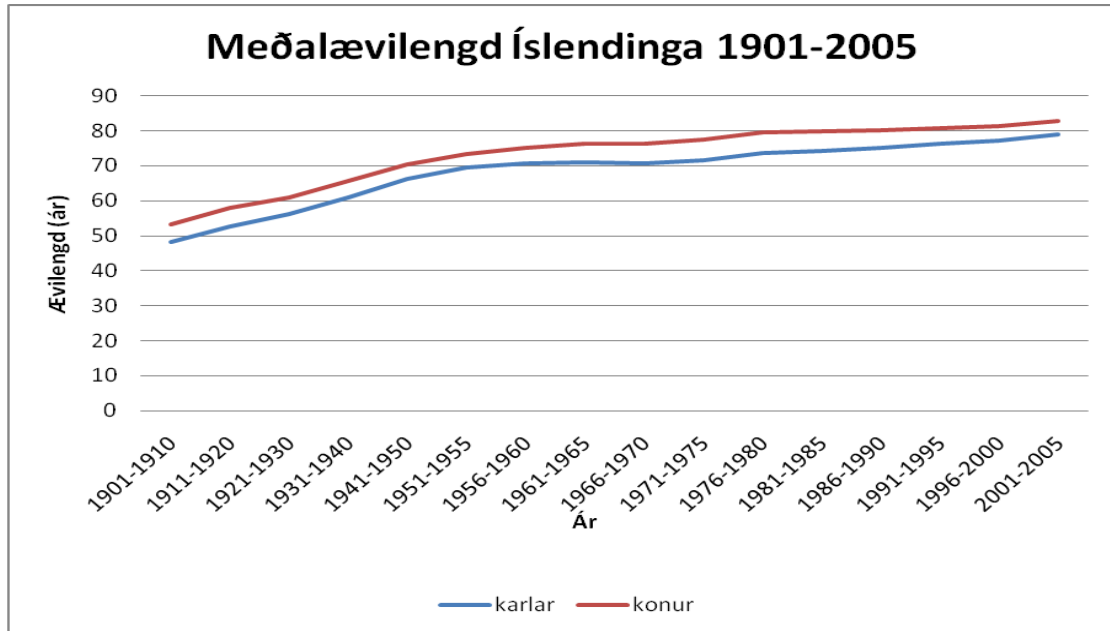
Þrátt fyrir að meðalaldur Íslendinga hafi hækkað erum við enn ung þjóð. Árið 1900 er meðalaldur landsmanna 28,1 ár. Árið 2005 er hann kominn í 35,9 ár. Hækkun meðalaldurs hefur ekki verið jöfn á þessum 105 árum. Frá 1901 – 1915 hækkar meðalaldur hraðar en næstu 15 ár þar á eftir. Meðalaldurinn stendur því sem næst í stað frá 1915 – 1929. Tímabilið frá 1930 – 1944 verður mikil hækkun, meðalaldur fer úr 28,7 árum í 29,75. Það vekur eftirtekt að á tímabilinu 1946 – 1960 lækkar meðalaldur þjóðarinnar. Er það vegna þess hve hratt henni fjölgar s.s. vegna mikilla barneigna. Eftir 1960 hefur meðalaldur farið sífellt hækkandi vegna lækkandi fæðingartíðni og er árið 2005 34,5 ár (sjá töflu 4.2) (Eggert Þór Bernharðsson 1998).

Tímabil	Meðalaldur þjóðarinnar (ár)	Hlutfallsleg hækkun meðalaldurs á tímabilinu (%)
1901 - 1915	28,41	1,8
1916 - 1930	28,70	0,7
1931 - 1945	29,75	4,1
1946 - 1960	29,71	-3,0
1961 - 1975	29,77	4,4
1976 - 1990	32,03	7,5
1991 - 2005	34,50	8,1

(Heimild: Hagskinna 1996, Landshagir 2006)

Tafla 4.2 Meðalaldur Íslendinga og breytingar frá 1901 – 2005.

Meðalævilengd segir til um hversu mörg ár einstaklingur getur átt von á að lifa við fæðingu. Meðalævilengd helst því í hendur við heilsufar þjóðarinnar. Því hraustari og því meira sem er að bíta og brenna því lengur getum við vænst þess að lifa (Hagskinna, 1996).



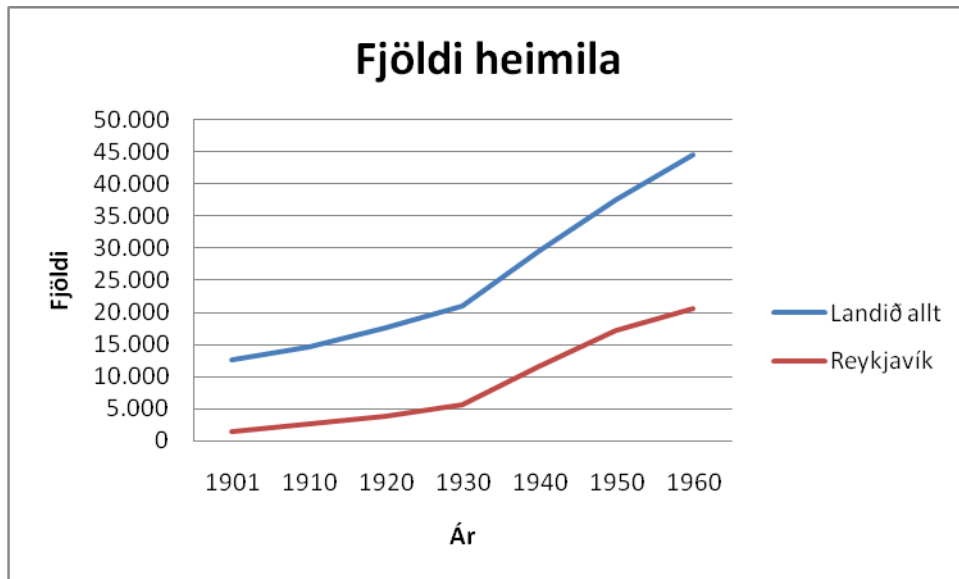
(Heimild: Hagskinna 1996, Landshagir 2006)

Mynd 4.10 Meðalævilengd Íslendinga frá 1901 – 2005

Við upphaf þess tímabils sem hér er verið að skoða, árin 1901-2005, geta karlar vænst þess að lifa í rúm 48 ár en við lok þess í tæplega 79 ár. Konur í rúm 53 ár og árið 2005 í rúm 82 ár. Ævilengdin er í upphafi svipuð og ævilengd fólks er nú í Afríkurlkjum en hins vegar eru núverandi ævilíkur með því hæsta sem gerist í Evrópu. Til samanburðar er meðalævilengd danskra karla 75 ár og danskur konur geta vænst þess að lifa í 79 ár en Svíar eru einungis ári undir okkar meðalævilengd bæði karla og kvenna (Svava Guðjónsdóttir 2006).

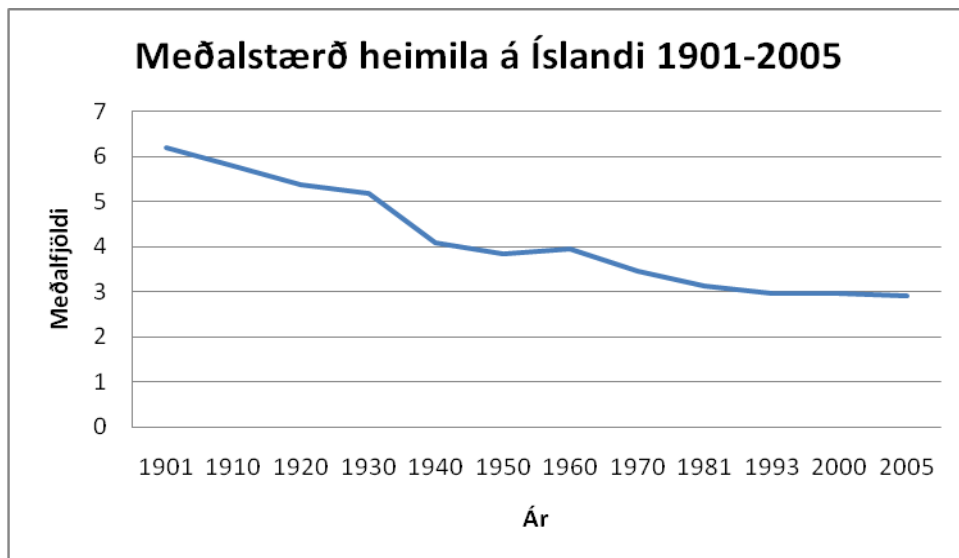
4.3.5 Samsetning þjóðarinnar, stærð og gerð heimila

Árið 1901 eru heimili í landinu 12.679, þar af eru tæp 11% eða 1.357 heimili í Reykjavík. Meðalstærð er þá 6,19 heimilisfastir. Heimilum fjölgar mjög og eru orðin 44.597 árið 1960, þar af eru 20.533 eða 46% í Reykjavík og meðalstærð er 3,94 (sjá myndir 4.11 og 4.12) (Hagskinna 1996, Landshagir 2006).



(Heimild: Hagskinna 1996)

Mynd 4.11 Fjöldi heimila á Íslandi frá 1901 – 1960, tíu ára millibil.



(Heimild: Hagskinna 1996, Landshagir 2006)

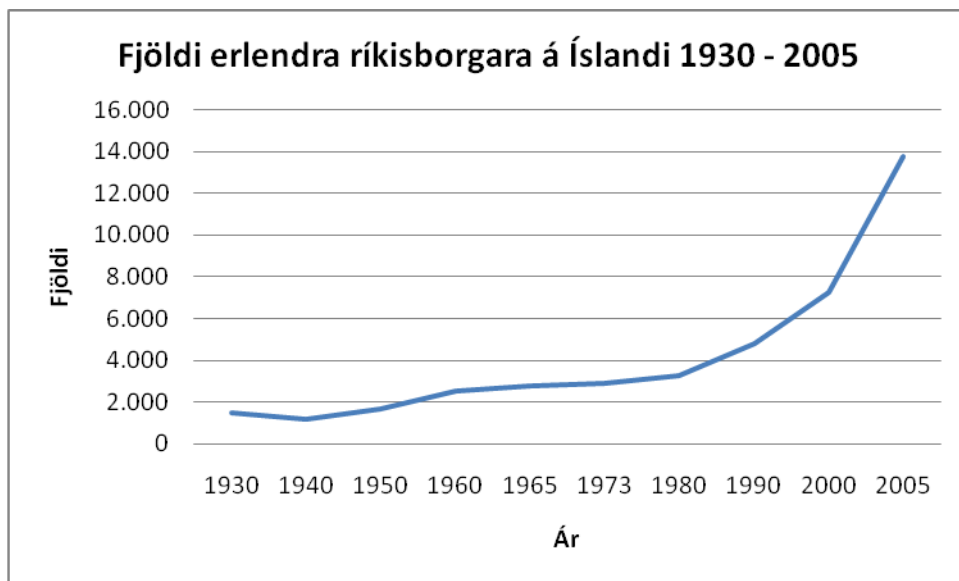
Mynd 4.12 Fjöldi einstaklinga á hverju heimili minnkaði á Íslandi á árunum frá 1901 til 2005.

Á árunum milli 1940 – 1960 hélst stærð heimila föst, um fjórir á hvert heimili. Eftir 1960 tekur heldur að fækka heimilismönnum og er nú komin niður fyrir 3 í heimili (Eggert Þór Bernharðsson 1998). Þessar breytingar tengjast breyttu samfélagið og orkuþörf.

Það skiptir máli varðandi möguleika til framþróunar hvort samfélög eru einsleit og hvernig málsamfélagið er, þ.e. eru töluð fleiri en eitt tungumál. Í einsleitu samfélagi eru líkur á ófriði minni og upplýsingar komast hratt og örugglega milli manna. Íslendingar eru einsleit þjóð að uppruna, allir tala sama tungumál og þorri þjóðarinnar tilheyrir þjóðkirkjunni sem er evangelísk lútersk. Einsleitni þjóðar gerir að verkum að

ekki er mikið um deilur innanlands og eitt tungumál auðveldar að sjálfsgöðu streymi upplýsinga. Hlutfall erlendra ríkisborgara sem búsettir eru á Íslandi var undir 2% fram til 1990. Þá fjölgar þeim og er hlutfall þeirra orðið 3,6% árið 2005, fjöldi þeirra tvöfaldast á fáeinum árum (sjá mynd 4.13). Ísland er að breytast í fjölmeningarsamfélag og þar með breytast tengsl milli landsmanna.

Frá árinu 1930 hefur landið verið eitt biskupsdæmi og prestaköll verið 112 til 116, fjöldi sókna verið nær óbreyttur. Hlutfall íbúa sem tilheyra þjóðkirkjunni hefur lækkað nokkuð hin síðari ár. Árið 1990 voru yfir 92% íbúa í þjóðkirkjunni en það hlutfall er komið niður í 84% árið 2005.

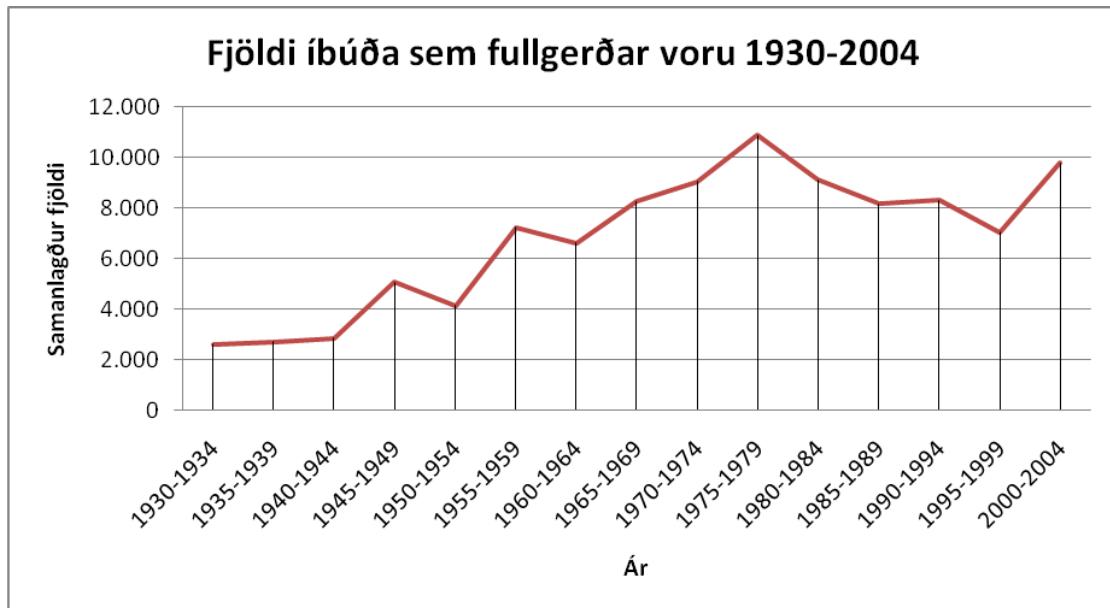


(Heimild: Hagskinna 1996, Landshagir 2006)

Mynd 4.13 Hlutfall erlendra ríkisborgara sem búsettir eru á Íslandi frá 1930 til ársins 2005.

4.3.6 Athafnasemi og uppbygging

Mikilli fjölgun fólks og heimila fylgir mikil uppbygging. Það á við um öll svið íslensks samfélags á árunum 1900 - 2005. Aukin tengsl við umheiminn gera kleift að flytja inn efni til framkvæmda og hefja uppbyggingu. Vegir og brýr voru lagðar og ekki hafðist undan að byggja yfir alla. Sérstaklega var ástandið slæmt í Reykjavík þar sem mannfjölgunin var meiri þar vegna fólksflutninga úr sveitum (Eggert Þór Bernharðsson 1998)

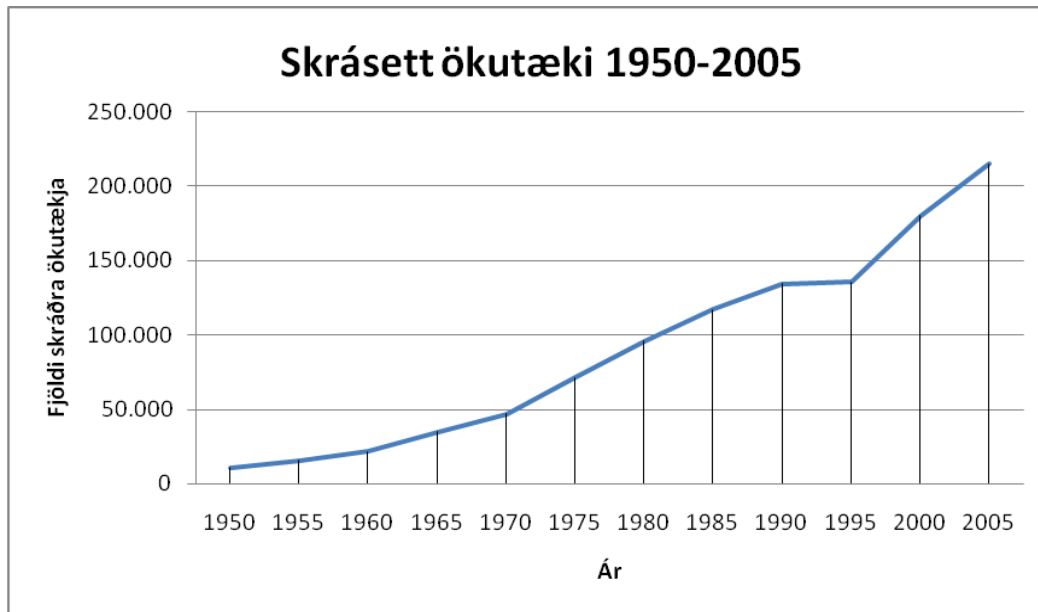


(Heimild: Landshagir 2006)

Mynd 4.14 Fjöldi íbúða sem fullgerðar voru á ári frá 1930 – 2004.

Fjöldi íbúða sem fullgerðar voru á landinu helst stöðugur frá 1930 fram yfir stríð en eftir það vex fjöldinn stöðugt til ársins 1979 ef frá er talið tímabilið milli 1950 – 1955. Aftur dregur úr fjölda húsbygginga á tímabilunum eftir 1979 til 1999 en síðan hefur þeim fjölgað aftur (sjá mynd 4.14).

Samgöngur milli byggðarlaga á Íslandi og til útlanda voru lengst af með skipaferðum. Fyrsti bíllinn kemur til Íslands árið 1904, á þeim tíma eru nær engir bílfærir vegir á landinu. Svo fór að fyrsta bifreiðin var seld aftur úr landi þar sem hún nýttist illa (Heimild mbl.is. Tekið af vef 3. september 2008 <http://www.vegur.is/annall-fyrsti-billinn.html>). Árið 1917 eru lagðir vegir um 500 km. Mikið átak er gert í vegagerð á stríðsárunum þar sem herinn kom að verki og árið 1980 eru vegir samtals 12.455 km. Árið 2005 telur vegakerfi landsins 13.038 km og hefur því 26 faldast á tæplega 90 árum (Hagskinna 1996, Landshagir 2006). Samfara lengingu vega verður gríðarleg aukning í bílaeign landsmanna (sjá mynd 4.15). Í kjölfar þessara breytinga á samgöngum eiga sér stað breytingar á rekstri sveitarfélaga og þjónustu í heimabyggð.



(Heimild Hagstofa Íslands 2008)

Mynd 4.15: Bílaeign landsmanna hefur margfaldast frá 1950.

4.3.7 Skólaskylda á Íslandi – formleg þekking

Allt til loka 18. aldar fór kennsla barna fram á heimilum landsmanna. Þar var börnum kenndur lestur, skrift og kristindómur. Misjafnlega var staðið að þessu og um miðja 18. öld könnuðu Jón Þorkelsson og Ludvig Harboe þekkingu landsmanna og kom í ljós að hún var frekar bágborin. Í kjölfar þess var prestum fengið það hlutverk að fylgjast með uppfræðslunni. Á svipuðum tíma var fyrsti barnaskólinn stofnaður í Vestmannaeyjum árið 1745. Barnaskóli var settur á stofn í Reykjavík árið 1830 (Aðalsteinn Eiríksson, Guðrún P. Helgadóttir 1974).

Framfarir í menntun voru hægar fram á 20. öld. Farkennsla hófst í kjölfar lagasetningar um fræðsluskyldu foreldra árið 1880. Skólaskylda var lögfest með fræðslulögum árið 1907, var hún fjögur ár frá 10 – 14 ára aldri (Guðmundur Jónsson 1997). Frá þeim tíma er lögboðin ókeypis menntun fyrir öll börn hér á landi með þátttöku ríkisins í kostnaði (Gerður G. Óskarsdóttir 1990).

Ártal	Skólaskyldur aldur	Lengd skólaskyldu (ár)
1907	10 – 14 ár	4
1936	7-14 ára	7
1946	7-15 ára	8
1974	7-16	9
1990	6 – 15 ára	10

(Heimild: Hagskinna 1996, Lagasafnið 1945, 1954, 1973)

Tafla 4.3 Lengd skólaskyldu á Íslandi frá upphafi til 2005.

Árið 1937 var skólaskylda færð niður í 7 ára aldur og var þá lögfest sex ára skólaskylda barna. Með lögum frá árinu 1946 var einu ári bætt við og var þá skólaskylda barna sjö ár. Skólaskylda var lengd í 9 ár árið 1974 og loks í 10 ár árið 1990 og er svo enn (sjá töflu 4.3).

Nokkur breyting hefur orðið á fjölda kennsludaga á ári og kennslustunda á dag. Samfara því að skóladögum og kennslustundum fjölgar fækkar nemendum á hvern kennara. Fjöldi nemenda hefur nær sjöfaldast á sama tíma og fjöldi kennara hefur nær tólfaldast (sjá töflu 4.4).

Ár	Fjöldi nemenda	Fjöldi kennara	Fjöldi nemenda á kennara
1908	6.669	340	19,6 nemendur
1915	7.028	368	19,1 nemendur
1925	6.950	338	20,6 nemendur
1945	14.916	652	22,9 nemendur
1965	26.237	1.262	20,8 nemendur
1985	41.616	3.297	12,6 nemendur
2005	44.336	4.065	10,9 nemendur

(Heimild: Hagskinna 1996, Landshagir 2006)

Tafla 4.4 Fjöldi nemenda og kennara í barnaskólum frá upphafi skólaskyldu árið 1908 til ársins 2005.

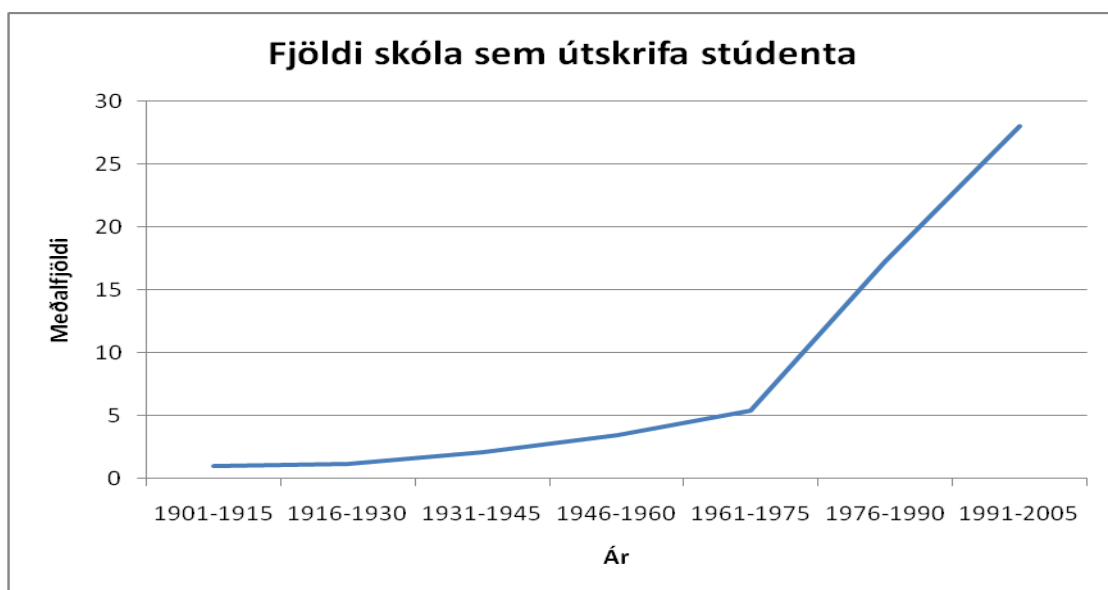
4.3.8 Menntun umfram skólaskyldu

Menntun umfram skólaskyldu tekur mið af þörfum þjóðfélagsins hverju sinni og af þeim breytingum sem verða á atvinnuháttum. Þannig þarfnast landbúnaðarsamfélagið búnaðarskóla og var hinn fyrsti stofnaður í Ólafsdal árið 1880. Þegar fiskiskip eru keypt skapast þörf á stýrimönnum, slíkur skóli var stofnaður 1890. Við vélvæðingu verður að mennta vélstjórnarmenn og var vélskóli stofnaður á Íslandi árið 1915 (Gerður G. Óskarsdóttir 1990; Gunnar Þór Bjarnason 2001). Eftir því sem vægi almennrar menntunar eykst má ætla að þeim fjölgi sem fara í nám umfram skólaskyldu.

Eini skólinn sem útskrifaði stúdenta á Íslandi við upphaf 20. aldar var Menntaskólinn í Reykjavík sem á rætur að rekja til Skálholtsskóla. Skólinn flutti þangað sem hann nú stendur í miðbæ Reykjavíkur árið 1846. Nafni hans var breytt úr Reykjavíkur lærði skóli í Hinn almenni Menntaskóli í Reykjavík árið 1904 en hefur heitið Menntaskólinn

í Reykjavík frá 1937. Markmið skólans hefur verið að undirbúa nemendur undir frekara nám (www.mr.is 2008).

Kvennaskólinn í Reykjavík var stofnaður 1874 vegna þess að stúlkum stóð ekki til boða að stunda nám við Lærða skólann (Guðrún P. Helgadóttir 1974). Flensborgarskólinn í Hafnarfirði, var upphaflega barnaskóli stofnaður árið 1878. Frá 1882 var hann alþýðu- og gagnfræðaskóli sem bauð uppá tveggja ára nám. Hægt var að bæta við þriðja árinu sem gaf kennaramenntun. Það er ekki fyrr en eftir 1970 að skólum sem útskrifa stúdenta fjölga all verulega, úr 5 í nær 30 skóla árið 2005 (sjá mynd 4.16).



(Heimild: Hagskinna 1996, Landshagir 2006, Menntagátt)

Mynd 4.16 Fjöldi skóla á Íslandi sem útskrifa stúdenta.

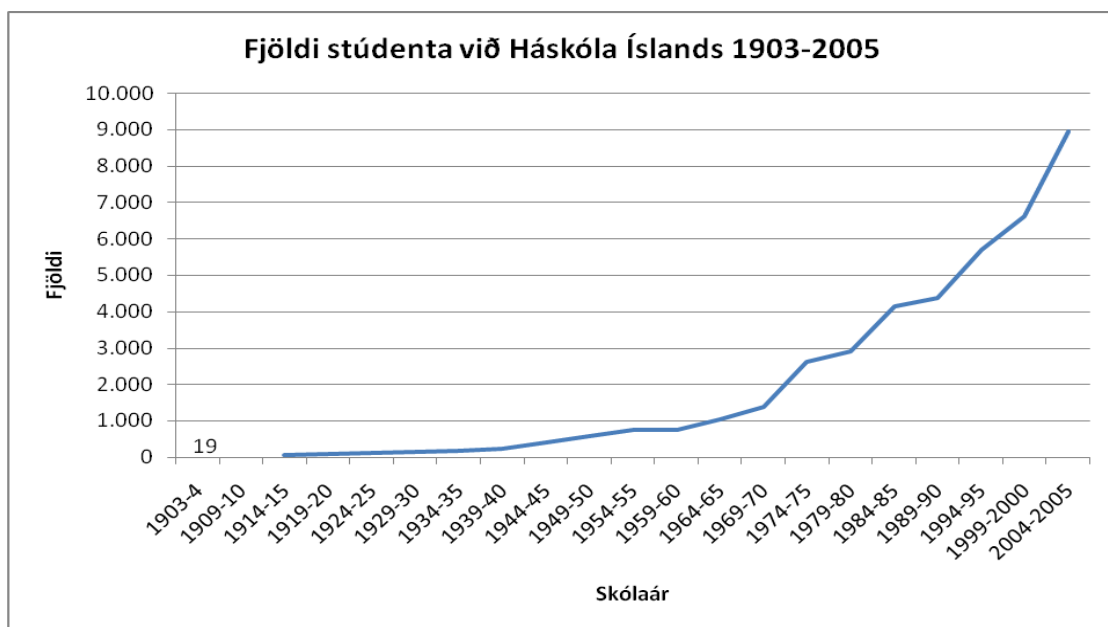
Lög um kennaramenntun voru að þvælast í þingi um nokkurra ára skeið þar sem ekki komu þingmenn sér saman um hvort skólinn ætti að vera áfram í Hafnarfirði eða flytjast til Reykjavíkur eins og raunin varð. Lög um kennaramenntun voru sett árið 1907 og skólinn tók til starfa í Reykjavík 1908. Samkvæmt þeim lögum var kennaramenntun jafnt fyrir konur og karla (Arnar Geir Helgason 2007).

Iðnfræðsla er fyrst lögfest á Íslandi árið 1893, fylgt var straumum erlendis frá en margs konar iðnmenntun þurfti að sækja til Danmerkur. Menntun unglunga var eflað verulega með setningu laga árið 1929 um héraðsskóla og árið 1946 eru sett lög um gagnfræðanáám og risu skólar víða um land (Gerður G. Óskarsdóttir 1990).

Skólafest gagnfræðaskólanna var í anda Grundtvigs og risu þeir gjarna á svæðum þar sem jarðhita var að finna þar sem það gaf m.a. kost á sundiðkun. Húsmæðraskólar

voru börn síns tíma, lög um þá voru sett 1938. Síðar risu húsmæðraskólar víða um land t.d. á Laugavatni þar sem var einnig húsmæðrakennaraskóli á sínum tíma. Bæði héraðsskólarnir og húsmæðraskólarnir hafa nú verið aflagðir eða sameinaðir grunn- eða framhaldsskólum (Gerður G. Óskarsdóttir 1990).

Jónas Jónsson frá Hriflu var forvígismaður um stofnun margra héraðs- og húsmæðraskóla. Hann hafði kynnst lýðskólamenningu í Danmörku og taldi að rætur íslenskrar menningar lægju í sveitum landsins. Vildi hann efla menningu og uppeldi með þjóðinni, í þeim tilgangi stofnaði hann héraðsskóla og húsmæðraskóla og lagði hann áherslu á að það væri á svæðum þar sem jarðhita væri að finna. Af níu héraðsskólum bera sex heiti sem gefa til kynna að þeir voru reistir á jarðhitasvæðum. Laugar, Laugarvatn, Reykholt, Reykir, Reykjanes og Varmahlíð. Hafði hann bæði hagkvæmni og heilbrigði í huga. Jafnframt barðist Jónas fyrir rafvæðingu í sveitum, vildi efla verkmenntun og stóð að því að stofnaður var Menntaskóli á Akureyri. Hann vildi veg Háskóla Íslands sem mestan. Framtíðarsýn hans var að á Skólavörðuholtinu risi háborg íslenskrar menningar með háskólabyggingu, kirkju og Sundhöll var þetta í anda erlendra fyrirmýnda. Guðjón Samúelsson teiknaði hugmyndir að þessari háborg á Skólavörðuholti. Ekkert varð af þessum áformum nema Sundhallarbyggingin. Síðar reis hins vegar bygging Háskóla Íslands á Melunum (Páll Sigurðsson 1986).



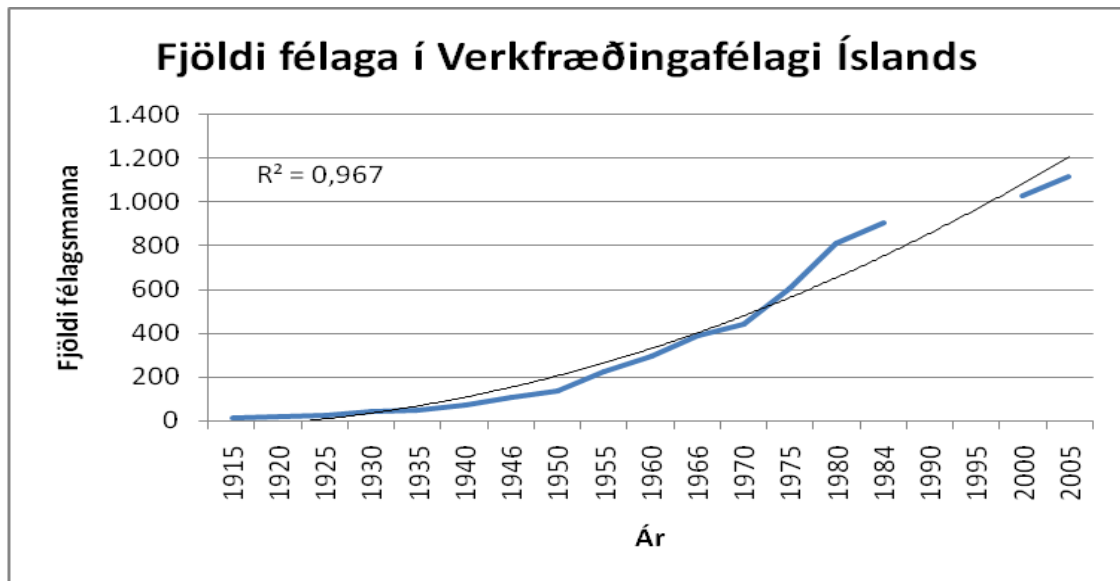
(Heimild: Hagskinna 1996, Árbók HÍ 1996, 1999, 2000, 2006)

Mynd 4.17. Fjöldi stúdenta við Háskóla Íslands frá 1903 – 2005.

Við aldamótin 1900 fara fáir Íslendingar í framhaldsnám. Háskóli Íslands er stofnaður 1911 og um leið voru lagðir niður embættismannaskólar sem fyrst og fremst höfðu

menntað presta og lækna. Aðra háskólamenntun varð að sækja til útlanda (Gerður G. Óskarsdóttir 1990).

Á síðari helmingi 20. aldar fjölgaði mjög þeim sem luku stúdentsprófi og stöðugt bættust nýir skólar í hóp framhaldsskóla sem útskrifa nemendur með stúdentspróf. Að sama skapi fjölgaði stúdentum við Háskóla Íslands og samfara því fjölgaði mjög deildum við Háskólann (sjá mynd 4.17) (Eggert Þór Bernharðsson 1998).



(Heimild: Tímarit Verkfræðingafélags Íslands 1915-1985)

Mynd 4.18 Fjöldi félagsmanna í Verkfræðingafélagi Íslands frá stofnun til 2005. Gögn vantar frá árinu 1985 – 2000, námundað er með aðhvarfsgreiningu.

Samfara rafvæðingu og nýtingu jarðhita er nauðsynlegt að menntun á sviði tækni og verkfræði aukist. Um 1900 voru fáir sem höfðu verkfræðimenntun og þurfti að sækja hana til útlanda. Verkfræðingafélag Íslands var stofnað 1915 og voru félagsmenn í upphafi sextán talsins. Þeim fjölgaði hægt til að byrja með enda þurftu Íslendingar að sækja verkfræði- nám til útlanda fram til ársins 1940 þegar verkfræðideild Háskóla Íslands er stofnuð (Tímarit Verkfræðingafélags Íslands 1915-1985). Fjölgun stúdenta við H.Í. má rekja til þess að nýjar kennslugreinar eru teknar upp í Háskóla Íslands. Þar á meðal voru greinar sem síðar nýttust við rannsóknir tengdar jaðrhita s.s. eins og jarðfræði sem byrjað var að kenna 1970.

5 Orkumál – frá olíu til hitaveitu

Á fjórða áratug síðustu aldar hægði á þróun atvinnulífsins á Íslandi vegna áhrifa heimskreppunnar. Efnahagur var bágur og atvinnuleysi jókst. Verð á kolum hækkaði og var þá farið að flytja inn olíu til kyndingar. Þetta varð til þess að margir reyndu fyrir sér með jarðhitaveitur. Á árum síðari heimsstyrjaldarinnar batnaði ástandið. Atvinna varð næg og fiskveiðar jukust jafnframt því sem verð á útflutningsvörum hækkaði. Eignaðist þjóðin þá gjaldeyrissjóði sem treystu nýjar atvinnugreinar.

Eftir síðari heimsstyrjöld tók íslenskt þjóðfélag gríðarlegum breytingum. Þjóðartekjur hækkuðu og mikil umskipti urðu í atvinnulífi á fáum áratugum (Eggert Þór Bernharðsson 1998). Þrátt fyrir það hefur efnahagslíf íslensku þjóðarinnar einkenst af miklum viðskiptahalla frá stofnun lýðveldisins. Þetta var eðlilegt framan af vegna mikillar grósku sem kallar á innflutning til framkvæmda, m.a. hitaveituframkvæmda (Þorvaldur Gylfason 2008).

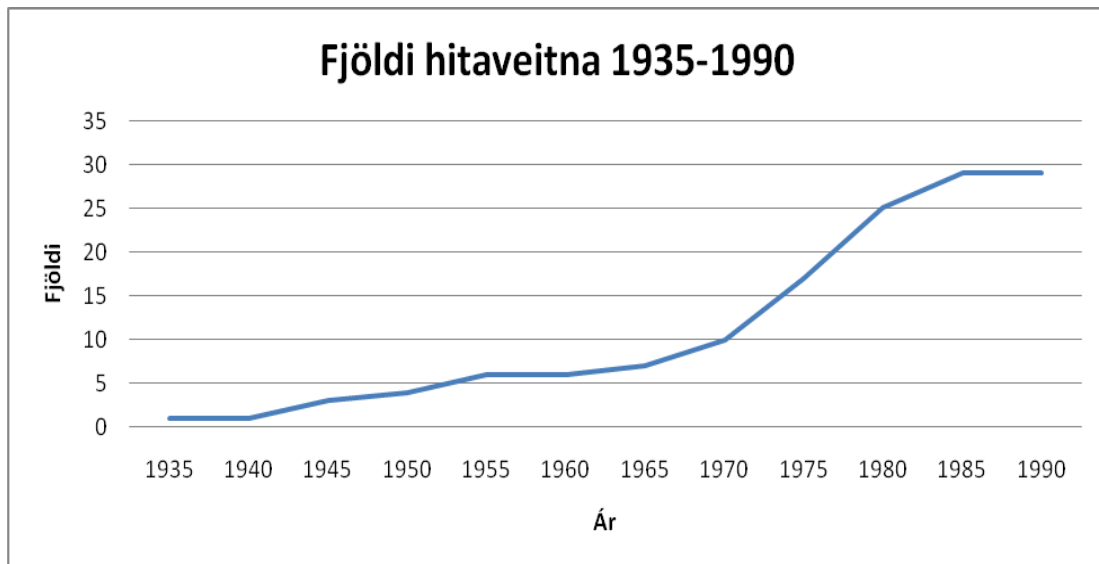
5.1 Laugaveita, upphaf Hitaveitu Reykjavíkur

Eldsneytisskortur á árum fyrri heimsstyrjaldarinnar hefur eflaust orðið til þess að farið var að leita nýrra leiða til húshitunar og var nærtækast að reyna að nýta jarðhitann (Guðmundur Pálmason 2005). Fyrst var borað við Þvottalaugarnar í Laugardal sumarið 1928. Borinn var til í landinu en hann hafði verið notaður við gulleit í Öskjuhlíð og var kallaður Gullborinn. Til stóð að leita að heitu vatni til rafmagnsframleiðslu. Á tveimur árum voru boraðar 14 holur sem gáfu nokkurn árangur og þótt hitastig væri ekki nægilega hátt til þess að hægt væri að framleiða rafmagn var það gott til hitaveitu (Guðmundur Pálmason 2005). Fyrstu húsin í Reykjavík sem tengdust jarðhitaveitu voru Austurbæjarskólinn, sem þá var nýbyggður og nálæg hús á Grettisgötu og Njálsgötu, Sundhöllin og Laugarnesskóli. Hitaveitan var í upphafi kölluð Laugaveita (Sveinn Þórðarson 1998).

Árið 1936 kom nýr bor og boraðar voru fleiri holur og víðar í Reykjavík t.d. við Rauðará. Þá þegar var ljóst að leita þurfti lengra eftir vatni. Gerður var samningur um nýtingu jarðhita á Reykjasvæðinu í Mosfellssveit. Árið 1939 var samið við danskt fyrirtæki um lagningu hitaveitu frá Reykjum, þar með taldar lagnir dreifikerfis í bænum. Tafir urðu á framkvæmdum vegna styrjaldar. Efni komst ekki til landsins og

vantaði rör og fleira efni til framkvæmdanna. Það var lán í óláni að dönsku rörin komust ekki til landsins þegar stríðið skall á. Síðar kom í ljós að þau voru ekki nógu góð. Í staðinn var leitað til Bandaríkjanna þar sem fengust stálrör sem voru, eins og Sveinbjörn síðar kenndur við Ofnasmiðjuna hafði talið, það eina sem dugði (Sveinn Þórðarson 1998).

Árið 1943 var lokið við að leggja hitalögnina sem markar upphafsár Hitaveitu Reykjavíkur. Þá var hús Einars Jónssonar, Hnitbjörg á Skólavörðuholti, tengt hitaveitu. Hús Einars, Sundhöllin og Hallgrímskirkja eru hluti af þeim hugmyndum um að reisa hámenningunni musteri á Skólavörðuholti sem höfðu kviknað í anda strauma frá Evrópu. Þær hugmyndir náðu ekki að verða að veruleika þrátt fyrir draumsýnir Guðjóns Samúelssonar húsameistara og fleiri (Hörður Ágústsson 2000; Örn D. Jónsson 2005).

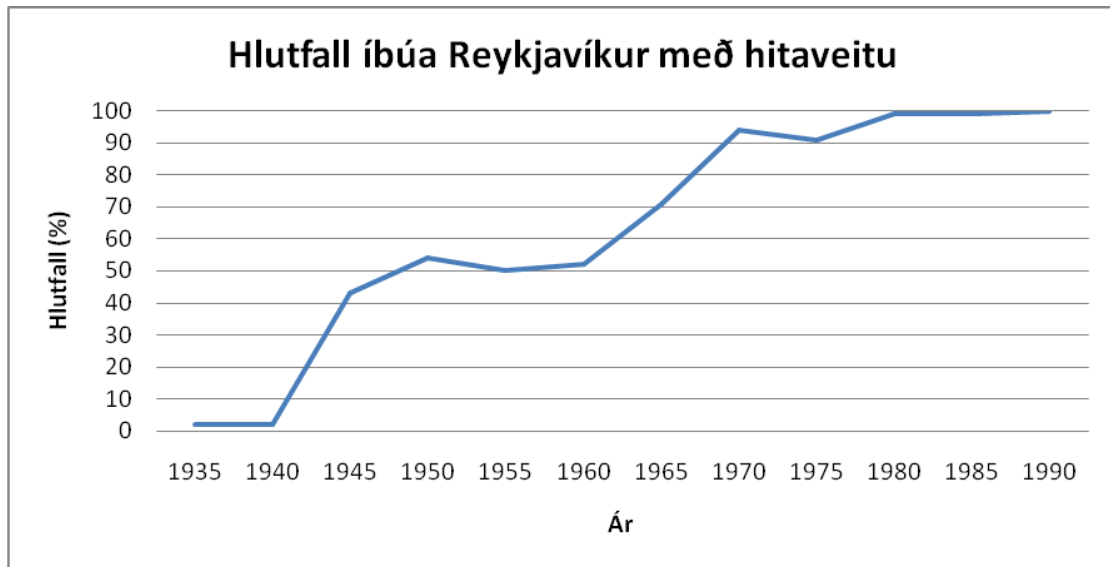


(Heimild: Hagskinna 1996)

Mynd 5.1 Fjöldi hitaveitna á Íslandi frá árinu 1935 – 1990.

Árið 1944 tengdust 2.700 hús hitaveitunni. Geymar í Öskjuhlíð, þar sem nú er Perlan, voru reistir árið 1940 til að miðla vatninu. Árið 1957 kemur enn nýr bor til landsins. Í kjölfar þess var farið að bora víða um land og aðrar hitaveitur tóku til starfa á landinu. Hitaveitan á Ólafsfirði tók til starfa árið 1944 og á Selfossi 1948, í Hveragerði 1952 og á Sauðárkróki 1953. Frá árinu 1970 fjölgaði hitaveitum úr tíu í nær þrjátíu árið 1990 (sjá mynd 5.1). Erfiðleikar sem við var að etja við hitaveituvæðinguna voru ekki einungis tæknilegir. Hitaveita Akraness og Borgarfjarðar var stofnuð 1979 og var að mestu fjármögnuð með erlendum lánnum. Lenti hún í alvarlegum fjárhagsvanda vegna

mikilla vaxta á erlendum lánum og ítrekað hljóp ríkið undir bagga til að bjarga rekstrinum (Kristján Kristjánsson 2004).



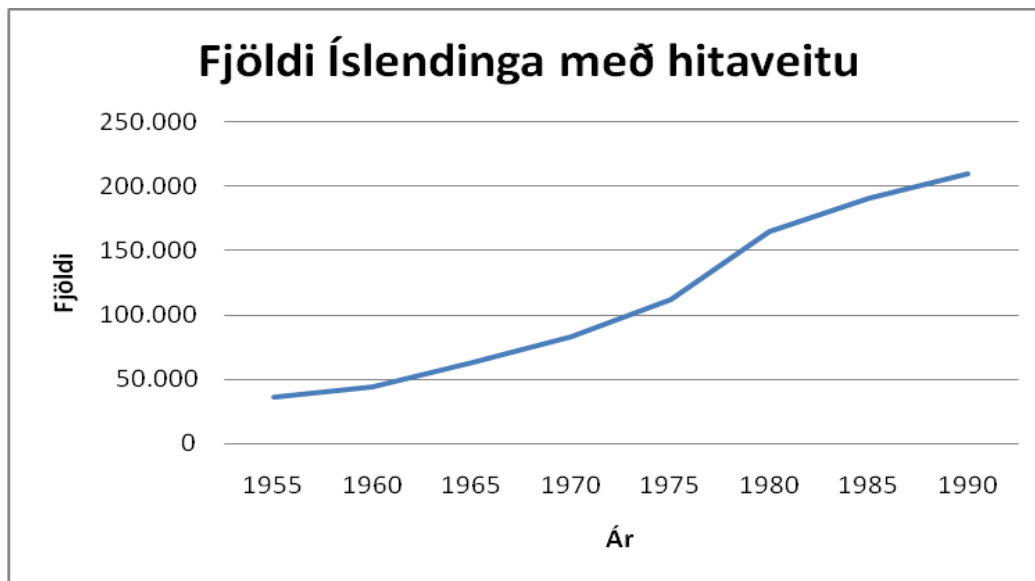
(Heimild: Hagskinna 1996)

Mynd 5.2 Hlutfall íbúa Reykjavíkur sem búa við hitaveitu frá upphafi til 1990. Eftir 1990 eru allir íbúar í Reykjavík með hitaveitu.

Ekki voru allar tilraunir manna til hitaveituvæðingar árangursríkar og m.a. bar borun eftir heitu vatni á Akureyri lítinn árangur (Guðmundur Pálmason 2005). Nokkrir áratugir liðu þar til farið var að bora meira á svokölluðum köldum svæðum með góðum árangri. Höfðu þá rannsóknir og verkfærni fært mönnum vitneskju og tækni til að bora dýpra þar sem komið var niður á heitt vatn (Sveinn Þórðarson 1998).

Hagræn áhrif orkukreppunnar á áttunda áratugnum, þegar olíuverð steig gríðarlega, gerðu að verkum að fleiri og fleiri svæði komu til greina. Því dýrari sem jarðefnaeldsneyti verður því arðbærari verður heita vatnið. Eftir 1980 er tekið til við að bora á þeim svæðum sem áður og fyrr meir þóttu ekki hagkvæm t.d. á Austfjörðum (Guðmundur Pálmason 2005).

Um og eftir olúkreppu 1973 bætast enn fleiri og stærri hitaveitur við um allt land. Árið 1973 eru 98% íbúða í Reykjavík tengd við hitaveituna, einungis Blesugrófin var ótengd. Þótt framfarir á árunum 1930-1970 hafi verið gríðarlegar og athafnasemin með eindæmum þá tók engu að síður 40 ár að koma öllum húsum í Reykjavík í samband við hitaveituna (sjá mynd 5.2). Háaleitishverfið, sem var byggt uppúr 1960, var til að byrja með ekki tengt jarðhitaveitu heldur voru niðurgrafnir olútankar fyrir aftan hús og kom olíubíll til að fylla á (Ingólfur Ingólfsson 2008).



(Heimild: Hagskinna 1996)

Mynd 5.3 Fjöldi íbúa á Íslandi sem bjuggu við hitaveitu, frá 1955-1990.

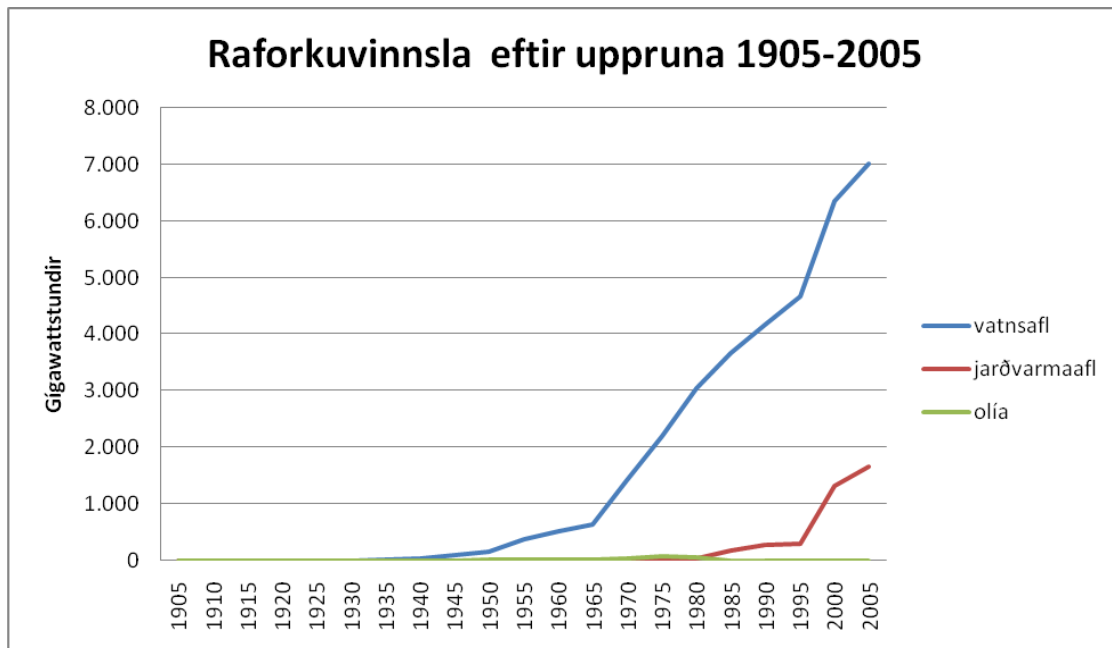
Starfandi hitaveitur á Íslandi eru nú yfir þrjátíu talsins (María J. Gunnarsdóttir 2002). Samfara fjölgun hitaveitna fjölgar íbúum sem hita hús með jarðhita jafnt og þétt. Árið 1955 voru 23% landsmanna sem bjuggu við hitaveitu. Þetta hlutfall er komið í 82% árið 1990 og árið 2005 eru 92% landsmanna með hitaveitu.

5.2 Raforkuframleiðsla með jarðvarma

Nýting jarðhita á Íslandi er að mestu bein varmanotkun, þ.e. heitt vatn er nýtt til hitunar, þurrkunar eða baða. Einungis raforkuvinnsla er afleidd notkun, ef svo má að orði komast (Guðmundur Pálmason 2005). Erlendis er aðallega horft til jarðhita til raforkuvinnslu, bæði á Ítalíu og í Bandaríkjunum hefur rafmagn verið framleitt með jarðhita í langan tíma (María J. Gunnarsdóttir 2002). Raforkuframleiðsla á Íslandi hófst árið 1904 þegar trésmiður í Hafnarfriði virkjaði læk og knúði vélar á verkstæði sínu. Rafstöðin við Elliðaár var vígð 1921 og eftir það voru víða reistar vatnsaflsvirkjanir (Helgi M. Sigurðsson 2002).

Raforkuframleiðsla með jarðvarma hófst hér á landi skömmu eftir 1930 en þá var fyrsta jarðhitarafstöðin sett upp í Hveragerði og í Ásum í Ásahreppi var lítil heimilisrafstöð knúin gufu (Björn Hróarsson 1991). Hins vegar má rekja fyrstu hugmyndir um nýtingu jarðhita til raforkuvinnslu í stærri stíl á Íslandi aftur til ársins 1935. Þá ritar Gísli Halldórsson grein í Tímarit Verkfræðingafélags Íslands þar sem hann gerir grein fyrir kostum þess að virkja Hengilinn bæði til hitaveitu og raforkuframleiðslu. Ekki hlutu hugmyndir hans hljómgrunn og var m.a. óttast að slíkar

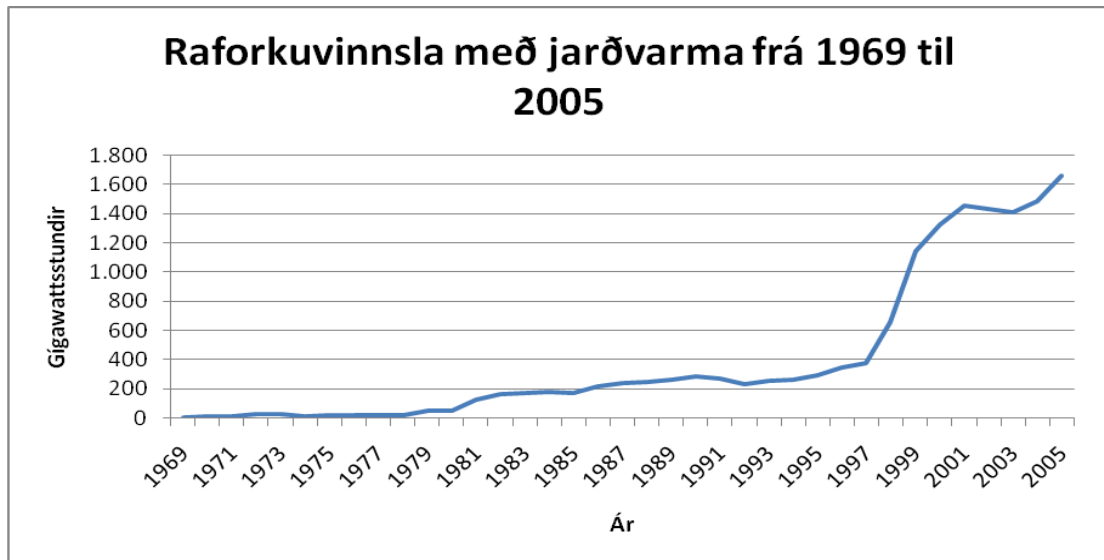
framkvæmdir myndu tefja framkvæmdir við virkjun Sogins (Gísli Halldórsson 1935). Þannig urðu hagsmunaárekstur milli þeirra sem vildu vatnsaflsvirkjanir og hinna sem litu til jarðhitans.



(Heimild: Hagskinna 1996, Landshagir 2006)

Mynd 5.4 Þróun raforkuvinnslu eftir uppruna 1905 - 2005

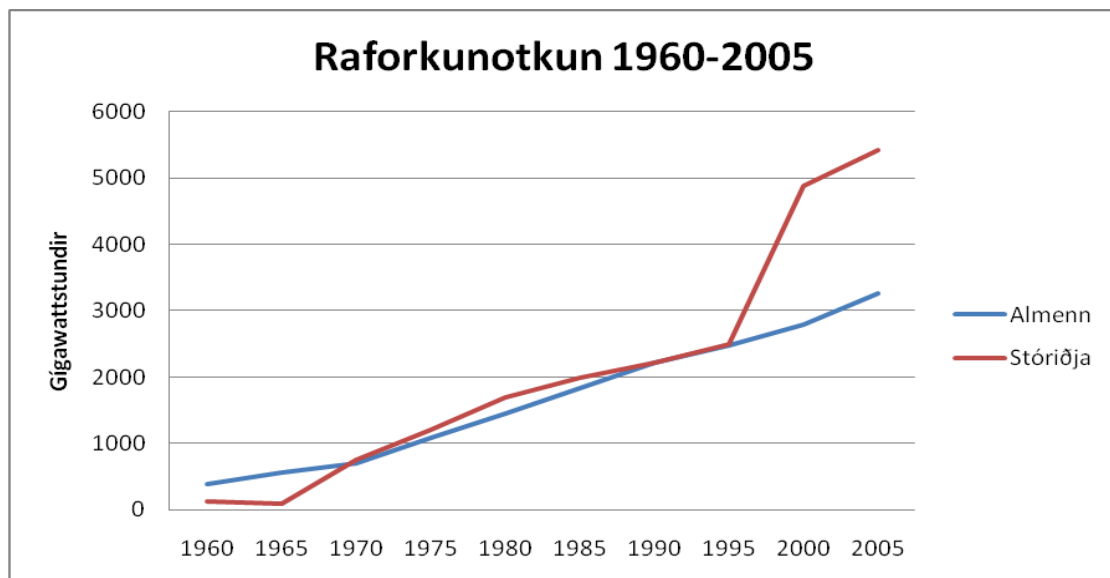
Það er því ekki fyrr en 1969 að reist er 3,2MW jarðgufustöð í Bjarnarflagi við Mývatn. Uppúr 1970 var farið að huga að virkjun jarðhita við Kröflu og í Svartsengi. Í kjölfar orkukreppunnar 1973 fer rafmagnsframleiðslan með jarðvarma að borga sig. Árið 2004 var Ísland í 8. sæti í heiminum í framleiðslu rafmagns með jarðhita og vex stöðugt ásmegin á því sviði (Guðmundur Pálmason 2005). Jarðvarmavirkjanir á Íslandi urðu sex talsins árið 2006 þegar Hellisheiðarvirkjun var tekin í notkun. (Orkuspárnefnd 2003). Mikil áform eru uppi um enn frekari raforkuframleiðslu með jarðhita í stórum stíl til stóriðju (María J. Gunnarsdóttir 2002). Vatnsaflsvirkjanir hafa haft yfirhöndina í raforkuframleiðslu á Íslandi en nú eru miklar vonir bundnar við jarðvarmavirkjanir eftir að góður árangur hefur náðst í raforkuframleiðslu hin síðari ár (sjá mynd 5.4 og 5.5).



(Heimild: Hagstofa Íslands)

Mynd 5.5 Raforkuvinnsla með jarðhita frá 1969 til ársins 2005.

Raforkuvinnsla með jarðhita í heiminum árið 2004 var mest í Bandaríkjunum eða sem nam 17.917 GWh/a, hér á landi er hún 1.483 GWh/a. Hvað varðar nýtingu jarðhita til húshitunar eru Íslendingar í 5. sæti á eftir Kína, Svíþjóð, Bandaríkjunum og Tyrklandi. Hluti þessa er varmadælur (Ingvar Birgir Friðleifsson 2006).



(Heimild: Hagstofa Íslands)

Mynd 5.6 Skipting raforku milli almennings og stóriðju

Fyrir 1970 var raforkunotkun á Íslandi nær eingöngu bundin við notkun almennings (sjá mynd 5.6). Þó hafði Áburðarverksmiðjan þegar tekið til starfa nokkru fyrir og Álverið í Straumsvík tók til starfa árið 1970. Þegar þar er komið sögu fer notkun stóriðju örlítið framúr notkun almennings. Á árunum 1970 – 1995 helst raforkunotkun almennings og stóriðju nokkuð í hendur. Árið 1979 tekur Járblendiverksmiðjan á

Grundartanga til starfa og sést þar hvar stóriðjan fer framúr almenningsnotkun. Eftir 1995 fer notkun stóriðju á raforku langt fram úr notkun almennings m.a. vegna tilkomu Norðuráls og stækkunar Álversins í Straumsvík. Álframleiðsla á Íslandi hefur nú nær sjöfaldast á 35 árum og að sama skapi hefur orkunýting til stóriðju vaxið (Hagstofa Íslands 2008).

5.2.1 Önnur nýting jarðhita

Eins og áður er vikið að skiptist nýting jarðhita annars vegar í beina notkun þar sem heita vatnið er nýtt eins og það kemur úr jörðinni t.d. til hitunar, suðu eða þurrkunar. Þannig er húshitun í raun bein nýting þó nú sé farið að nýta háhitavatn til upphitunar á köldu vatni sem síðan er nýtt til hitunar.

Árið 2005 nam húshitun og raforkuvinnsla um 80% af nýtingu jarðhita á Íslandi sem þýðir að aðeins um fimmtungur jarðhitans er nýtt til annars. Stærstur er hlutur fiskeldis sem svarar til 6% af nýttri orku frá jarðhita. Hitun sundlauga nam 4%, snjóbræðsla 4%, gróðurhúsaræktun 3% og annar iðnaður s.s. þurrkun 3%. (Árni Ragnarsson 2006)

Hitun jarðvegs og gróðurhúsa er talin meðal elstu notkunar jarðhita. Gróðurhúsaræktun hófst á Íslandi um 1930 í Mosfellssveit og Hveragerði og nemur nú um 3% jarðhitanytingar. (María J. Gunnarsdóttir 2002) Hagkvæmni gróðurhúsa hér á landi má m.a. rekja til hagkvæms raforkuverðs vatnsaflsvirkjana á Íslandi. Töluverðar framfarir hafa orðið í ylrækt á Íslandi eftir áhugaverðar tilraunir og rannsóknir. Nýtur greinin lítilla sem engra ríkisstyrkja. (Guðmundur Pálmason 2005) Hin síðari ár hefur ræktuninni fleygt fram en á sama tíma minnkar notkun jarðvarma til hitunar. Er það m.a. talið stafa af varma sem losnar við raflýsingu (Orkuspárnefnd 2003).

Fyrr á öldum var farið í heita laug til heilsubótar og lækninga. Ekki var litið svo á að það væri gert vegna hreinlætis, heldur til að bæta liðverki, kláða og aðra kvilla sem hrjáðu menn. Er fram liðu stundir fóru menn að stífla heitar laugar og búa til sundlaugar eða aðstöðu þar sem hægt væri að stunda sund og kenna. Sundiðkun var kunn íþrótt t.d. er sagt um Gunnar á Hlíðarenda að hann væri syndur sem selur (Brennu-Njálssaga 1996). Sundlaugar voru fyrst byggðar í Laugardal árið 1910. Nú hefur sundiðkun og laugarferðir hlotið nýjan sess í íslensku þjóðlífi sem hluti af lífsgæðum. Þrátt fyrir að hlutur sundlauga sé einungis 4% af nýtingu jarðvarma hefur aðsókn að sundstöðum aukist gífurlega á síðustu áratugum og árið 2002 jafngildi

aðsóknin því að hver Íslendingur færi 15 sinnum í sund á ári. Sundlaugar eru nú um 160 á Íslandi og eru 130 þeirra hitaðar með jarðhita (María J. Gunnarsdóttir 2002).

Aðsóknaraukning árána 1962-2003 að sundstöðum skýrist að 89% af fjölgun landsmanna. Ferðamenn og breyttur lífsstíll skýrir því að hluta til aukna aðsókn (Ásdís Ingólfssdóttir 2004). Ferðaiðnaður á Íslandi hyggst nýta sundlaugar og baðstaði til að laða að ferðamenn í heilsutengdri ferðaþjónustu sem er afsprengi nýrra lífnaðarháttá í hinum vestræna heimi ofgnóttá (Örn D. Jónsson 2008).

5.3 Rannsóknir á jarðhita og lagaumhverfi

Ísland er í fararbroddi á mörgum sviðum jarðhitarannsókná og nýtingar. Árangur á þessu sviði hefur m.a. leitt til þess að frá árinu 1979 hefur verið starfræktur hér á landi Jarðhitaskóli Sameinuðu þjóðanna sem er deild í háskóla sem S.þ. reka í mörgum löndum heims (Árni Ragnarsson 2006; Ingvar Birgir Friðleifsson 2008).

Vísindalegar rannsóknir á jarðhita á Íslandi hófust fyrst um miðja 18. öld þegar Eggert og Bjarni ferðuðust um landið og gerðu athuganir sem síðar birtust í Ferðabók þeirra árið 1772. Einnig höfðu ýmsir erlendir menn sem hingað komu orð á nýtingarmöguleikum og eiginleikum hvera og lauga. Frá þeim tíma hefur stöðugt verið safnað í þekkingarbrunn um jarðhita á Íslandi (Guðmundur Pálmason 2005).

Allt frá upphafi jarðhitanýtingar hefur íslenska ríkið haft forgöngu um rannsóknir á jarðhita og hefur í því skyni m.a. fest kaup á borum í gegnum tíðina. Það er einnig hlutverk ríkisins að setja lagaramma varðandi vinnslu og nýtingu náttúruauðlinda þar á meðal jarðhitans (Guðmundur Pálmason 2005).

Lagasetningarnar segja nokkuð til um aðstæður en einnig um framsýni manna. Þannig eru elstu lagasetningar námalög, sem sett voru árið 1909 og vitna um að farið hafi verið að huga að nýtingu náttúruauðlinda. Fyrir þann tíma var ekki þörf fyrir slík lög (Guðmundur Pálmason 2005). Hins vegar eru lög um mótöku sem sett voru 1912 sem gefa til kynna hvað var verið að nýta og tiltrú manna á hvaða auðlindir munu koma í góðar þarfir (sjá töflu 5.1). Frumvarp er varðar jarðhita er lagt fram árið 1928.

1909	Námulög
1912	Lög um samþykktir um mótak, ný lög 1940 um mótak
1923	Vatnalög, breytt 93/1947, ný lög 2006
1998	Lög um rannsóknir og nýtingu auðlinda í jörðu
2003	Jarðalög, ábúðarlög

(Heimild: Althingi.is, Guðmundur Pálmason 2005)

Tafla 5.1 Lög um auðlindir og gildistökuár þeirra.

Það ár eru sett lög um eignar- og notkunarrétt á jarðhita. Árið 1929 kaupir ríkissjóður Íslands haglabor til að nota við rannsóknarboranir. Þingsályktunartillaga um rannsóknir á jarðhita er lögð fram árið 1937 og tveimur árum síðar er stofnuð Rannsóknarnefnd ríkisins, síðar breytt í Rannsóknarráð ríkisins. Frumvarp um Hitaveitu Reykjavíkur er sett árið 1940 (sjá töflu 5.2 og 5.3).

1928	Frumvarp til laga um eignar- og notkunarrétt til hveraorku
1937	Þingsályktunartillaga um rannsóknir á jarðhitans
1940	Lög um náttúrurannsóknir Lög um eignir og notkunarrétt jarðhita
1957	Lög um vísindasjóð
1965	Lög um rannsóknir í þágu atvinnuveganna Lög um almennar náttúrurannsóknir og Náttúrufræðistofnun Íslands
1985	Lög um þátttöku ríkisins í hlutafélagi til að efla nýsköpun í atvinnulífi
1998	Lög um rannsóknir og nýtingu auðlinda í jörðu
2003	Lög um opinberan stuðning við vísindarannsóknir Lög um Orkustofnun og reglugerð um Orkusjóð Lög um vísinda- og tækniráð
2007	Lög um opinberan stuðning við tæknirannsóknir, nýsköpun og atvinnuþróun

(Heimild: althingi.is, orkustofnun.is)

Tafla 5.2 Lög um rannsóknir, nýtingu og nýsköpun tengdar orku og jarðhita.

Í töflu 5.2 er að finna lagasetningar tengdar nýtingu og rannsóknum á jarðhita. Þar eru elstu lög frá 1928 um eignar og notkunarrétt hveraorku. Þau lög voru sett að áeggjan Verkfræðingafélags Íslands (Guðmundur Pálmason 2005). Lög um rannsóknir koma síðar og enn síðar koma lög um vísindasjóð.

1940	Lög um hitaveitu Reykjavíkur
1967	Orkulög (Lög um fávitastofnanir)
1980	Lög um jöfnun og lækkun hitunarkostnaðar
2000	Lög um orkunýtnikröfur Lög um mat á umhverfisáhrifum
2001	Lög um stofnun sameignarfélags um Orkuveitu Reykjavíkur Lög um stofnun hlutafélags um Hitaveitu Suðurnesja, Lög um stofnun hlutafélags um Orkubú Vestfjarða Girðingarlög
2002	Lög um stofnun hlutafélags um Norðurorku Lög um niðurgreiðslur húshitunarkostnaðar
2003	Lög um Orkustofnun, reglugerð um Orkusjóð Raforkulög
2004	Lög um stofnun Landsnets Lög um jöfnun kostnaðar við dreifingu raforku
2005	Lög um stofnun einkahlutafélags um Orkuveitu Húsavíkur Lög um skattskyldu orkufyrirtækja

(Heimild: althingi.is, orkustofnun.is)

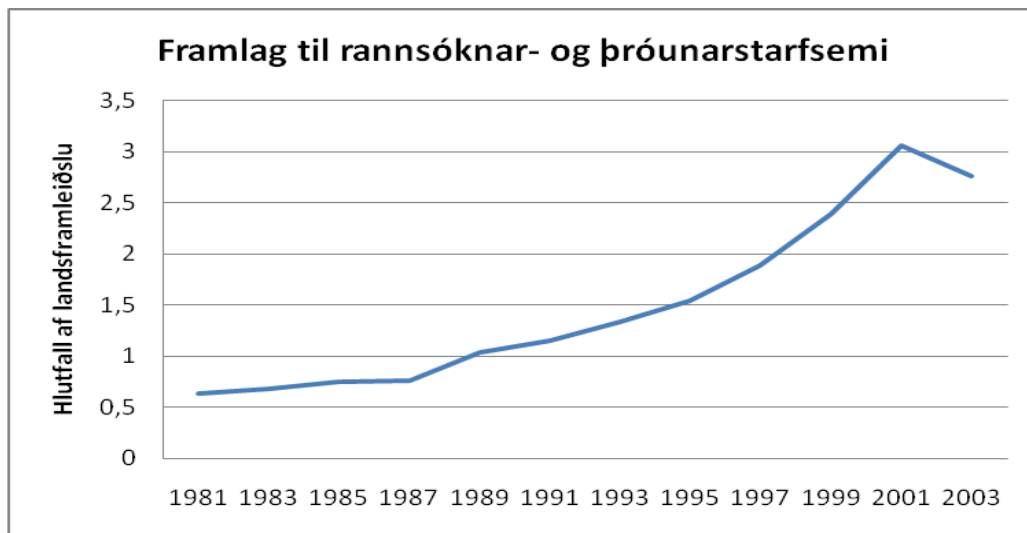
Tafla 5.3 Lög tengd jarðhita, hitaveitum og orku.

Athygli vekur að lítið gerist í lagasetningum frá 1967-1985. Má ætla að á þeim tíma hafi grunnurinn fyrir lagalegt og stofnanalegt umhverfi jarðhitanýtingar verið lagður og áhersla er á verklegar framkvæmdir. Á þessum árum er unnið að því að hitaveituvæða alla Reykjavík.

Í töflu 5.3 er að finna helstu lagasetningar í gegnum tíðina sem tengjast jarðhita og hitaveitum. Mikil umskipti urðu á rekstrarumhverfi orkufyrirtækja á árunum 2001 – 2005. Þau má rekja til markvissra vinnubragða við lagasetningar og bera vott um hvernig löggjöf getur skipt sköpum hvað varðar framgang í veigamiklum málum.

Árið 1997 flutti Halldór J. Kristjánsson þáverandi ráðuneytisstjóri Iðnaðarráðuneytisins erindi á ársfundi RARIK um stefnumótun í orkumálum og sagði m.a. að löggjöfin hefði verið farsæl frá upphafi og breytingar sem gerðar voru um miðjan sjöunda áratuginn hafi skilað tilætluðum árangri. Nú væri hins vegar kominn tími til breytinga. Tveggja áratuga kyrrstaða í stórnýtingu orkulinda til stóriðju kallaði á heildarendurskoðun á orkulöggjöfinni.

Á þessum tíma höfðu verið gerðir þrír nýir samningar um stóriðju. Með þessu erindi boðaði Halldór þær breytingar á rekstrarformi orkufyrirtækja sem sjá má á lagasetningum á árunum 2000-2005 (sjá töflu 5.3) (Halldór J Kristjánsson 1997).



(Heimild: Hagstof Íslands 2008)

Mynd 5.7 Framlag ríkissjóðs til rannsókna og þróunarstarfsemi

Árið 2005 vorðu Íslendingar 2,8% af vergri landsframleiðslu til rannsókna og þróunar og er Ísland í fimmta hæsta sæti OECD- landa þegar horf er á þetta hlutfall af vergri landsframleiðslu sem varið er til rannsókna og þróunar. Framlagið nam 28 milljörðum króna. Heildarfjöldi ársverka sem varið var til rannsókna og þróunar árið 2005 voru

3.226, unnin af 5.724 einstaklingum (Rannís 2007). Framlagið hefur vaxið jafnt og þétt frá árinu 1981 þar til hin allra síðustu ár að það fer minnkandi og það vex ekki með sama hraða og landsframleiðsla (sjá mynd 5.7).

5.3.1 Tækni og framfaraskref

Tækniframfarir sem orðið hafa í jarðhitageiranum eru ekki allar augljósar eins og bortækni eða einangrunarefni. T.d. hafa framfarir í tölvutækni gert mælingar og líkanagerð við rannsóknir á jarðhitakerfum hraðvirkar og auðveldað mjög. Þótt margvísleg tækni og búnaður hafi komið erlendis frá, hefur frá upphafi þurft að aðlaga hana að íslenskum aðstæðum. Það hafa Íslendingar þurft að gera frá fyrstu tíð m.a. í bortækni.

Jarðhitanyting er mjög tæknilegt ferli, ef til vill mesta tæknaífrek Íslendinga til þessa. Að henni þurfa að koma fræðimenn úr mörgum greinum. Gera þarf eðlis- og efnafræðilegar mælingar auk allra þeirra tækja og véla sem þarf til við að bora, fóðra, loka og reka jarðhitaholur. Steypa þarf að þola álag vegna þrýstings og hita. Lagnir og einangrunarefni er enn annað sem þarf að vera sérhannað (Guðmundur Pálmason 2004).

Borar sem notaðir hafa verið hér í gegnum tíðina eru flestir fengnir frá Bandaríkjunum. Alls hafa verið notaðir 13 borar hér frá því árið 1957 að gufuborinn Dofri kom til landsins. Borar hafa verið keyptir í slöttum ef svo má segja. Fyrir 1957 var notast við Gullborinn svokallaða auk eins annars bors. Á árunum 1957 – 1966 eru keyptir samtals 5 borar. Á árunum 1971 – 1976 voru keyptir þrjú borar, 1986-1988 tveir og frá árinu 1999 – 2004 voru keyptir fjórir nýir borar m.a. borinn Geysir sem markar þáttaskil með nýrri tækni. Þrjú tímabil eru þar sem engir borar eru keyptir: Á árunum 1967 – 70, 1977-1985 og 1989 – 1998 (Guðmundur Pálmason 2004). Ástæður þess eru annars vegar þær að eftirspurn eftir borum var fullnægt og ekki var þörf fyrir fleiri og hins vegar að framkvæmdir lágu niðri.

Mikilvægt skref var stigið í bættri vinnslutækni jarðhitans þegar farið var að nota dælur í borholum til að stjórna rennsli. Ekki var hægt að nota hvaða dælur sem var vegna hitans og efnainnihalds. Hitaveita Reykjavíkur lét í samvinnu við bandaríska dæluframleiðendur gera legur úr tefloni, hitaþolnu slitsterku plastefni sem þá var nýlega komið á markað um 1955. Hafði Jóhannes Zoëga þáverandi hitaveitustjóri séð grein um efni í bandarísku tímariti og gekk í að hefja samstarf við framleiðandann (Benedikt Jóhannesson 2006).

5.4 Skipulagsheildir í jarðhitageiranum

Auk þess að setja leikreglur um eignarhald, fjármögnun og framkvæmdir mótar lagaramminn sem settur er á Alþingi starfsumhverfi jarðhitageirans (sjá mynd 5.4).

Alþingi setur ramma um skipulag og segir til um hvaða stofnanir starfa á vettvangi Lagasetningin endurspeglast því í þeim skipulagsheildum sem starfa á þessu sviði. Stærstu og elstu skipulagsheildir tengdar jarðhita eru hitaveitur. Auk þeirra eru nú jarðvarmaraforkuver og loks rannsóknarstofnanir (Guðmundur Pálmason 2005).

Árið 2003 voru hitaveitur á Íslandi 42 talsins, þar ef eru þrjár sem eru kyntar þ.e. ekki jarðhitaveitur (Orkuspárnefnd 2003). Í töflu 5.4 á blaðsíðu 77 er að finna lista yfir helstu stofnanir og embætti tengd jarðhitanýtingu, stofnár og hlutverk. Ekki eru allar hitaveitur landsins settar í töfluna, einungis hinar fyrstu. Frá árinu 1985 til 1997 er kyrrstaða í stofnanaumhverfi jarðhitans. Mikil uppstökkun á sér stað eftir þann tíma í kjölfar nýrrar stefnumótunar með áherslu á stóriðju.

5.4.1 Jarðhitaskóli SP – forsaga og stofnun

Jarðhitaskóli Sameinuðu þjóðanna (UNU-GTP) var settur á stofn hér á landi árið 1979. Til að fá upplýsingar um skólann, upphaf hans, tilurð og aðkomu sérfræðinga var leitað til Ingvars Birgis Friðleifssonar sem frá upphafi hefur veitt skólanum forstöðu. Markmiðið var að skoða nánar það umhverfi þar sem uppbygging þekkingar í jarðhitanýtingu hefur átt sér stað. Einnig að afla upplýsinga um hvernig starfsumhverfi í jarðhitageiranum var og er og hver tengslin eru milli hinna ýmsu stofnana og aðila í jarðhitarannsóknum og nýtingu.

Forsaga stofnunar jarðhitaskólans nær aftur til ársins 1975 þegar S.þ. settu á stofn háskóla og buðust Japanir til þess að hýsa höfuðstöðvar hans. Lýst var eftir þjóðum sem vildu taka að sér að setja á stofn einstakar deildir. Ingvi S. Ingvason starfaði fyrir utanríkisþjónustuna og bauð fram fiskveiðar eða jarðhita. Margir Íslendingar höfðu þegar verið við störf sem ráðgjafar bæði á sviði fiskveiða, skipstjórnar og jarðhitarannsókna. Hingað komu matsmenn frá Háskóla Sameinuðu þjóðanna og mátu það svo að jarðhitaskóli væri betri kostur en fiskveiðar. Ástæðan var sú að sögn Ingvars Birgis, að Íslendingar voru þekktir af ráðgjafastörfum sínum á þessu sviði. Hér voru margir vel menntaðir sérfræðingar sem höfðu skrifað í fagtímarit á ensku. Hjá Hafrannsóknarstofnun höfðu tengsl aðallega verið við Skandinavíu. Því höfðu

Stofnár	Fyrirtæki	Hlutverk - tengsl
1930	Laugaveita	Fyrsta hitaveitan
1933	Rafmagnseftirlit ríkisins	
1937	Rannsóknaráð ríkisins	
1940	Hitaveita Reykjavíkur	Breyting á rekstri
1942	Raforkusjóður	
1942	Rafveitur ríkisins	
1944	Hitaveita Ólafsfjarðar	Fyrsta hitaveita á landsbyggðinni
1945	Jarðboranir ríkisins	
1947	Héraðsrafmagnsveitur ríkisins	
1947	Rafmagnsveitur ríkisins	
1947	Raforkumálastjóri	Yfirmaður Rafmagnseftirlits, héraðsrafmagnsveitna og jarðborðana
1948	Hitaveita á Selfossi	
1952	Hitaveita í Hveragerði	
1953	Hitaveita á Sauðárkróki	Fyrsta hitaveita norðan heiða
1958	Gufuborun ríkisins og Reykjavíkur	
1961	Jarðhitasjóður (síðar Orkusjóður)	Fjármagna jarðhitaboranir og leit
1967	Orkustofnun Orkumálastjóri	Rannsóknir, gagnaöflun og ráðgjöf til ríkisstjórnarinnar um orku, auðlindir o.fl.
1969	Bjarnarflag	Fyrsta raforkuvinnsla með jarðhita
1976	Orkuspárnefnd	Áætlanagerð fyrir stjórnvöld
1979	Jarðhitaskóli Sameinuðu þjóðanna	Sjá umfjöllun í kafla 5.4.1.
1985	Orkustofnun erlendis hf	Markaðsfæra erlendis þekkingu m.a. á nýtingu jarðhita
1999	Orkuveita Reykjavíkur	Sala jarðvarma-, vatns-, raf-, og fráveita. Verkefni á sviði verk- og jarðfræði. Tækniþekking við öflun og dreifingu
1995	Samorka	
1969/2001	Virkir Orkint hf síðar Enx	Nýting jarðhita og fjárfestingar 97% í eigu GGE og REI
1974/1977	Hitaveita Suðurnesja/Svartsengi	Raforkuframleiðsla, hitaveita
1978/1997	Krafla	Raforkuframleiðsla
1998/2001	Nesjavellir	Raforka, hitaveita
2000	IDDP	Djúpboranir og hagkvæmni, LV, OS, OR og HS
2000	Orkustöð Húsavíkur	
2000	Norðurorka	Sameining veitna
2002	Skagafjarðarveitur	Sameining veitna
2003	Íslenskar orkurannsóknir	Rannsóknarhluti Orkustofnunar skilinn frá annarri starfsemi
2004-6	Reykjanesvirkjun	Hitaveita Suðurnesja - raforka
2007	REI	Fjárfestingar
2007	Geysir Green Energy	Fjárfestingar

(Heimild: Orkuspárnefnd 2003, www.or.is, www.hs.is)

Tafla 5.4 Stofnanir tengdar jarðhitanytingu og stofnár þeirra.

sérfræðingar þar minna skrifað á ensku, meira á þýsku og skandinavísku. Háskóladeild S.þ. í fiskvinnslu, UNU-FTP, hófst hér á landi árið 1998 og þriðja verkefnið hér á landi er landgræðsluverkefni (LRTP) sem hófst 2007. (Ingvar Birgir Friðleifsson 2008).

Í undirbúningshópnum fyrir stofnun jarðhitaskólans voru m.a. sérfræðingar frá jarðhitadeild Orkustofnunar og prófessorar við HÍ. Á þessum tíma voru tveir aðrir slíkir skólar í heiminum, annar á Ítalíu hinn í Japan og verið var að undirbúa stofnun skóla á Nýja Sjálandi (UNDP). Orkukreppan skapaði þörfina. Niðurstaðan varð sú að talin var þörf fyrir báða skólana. Hér á Íslandi var meira af verklegum greinum, námið einstaklingsmiðað og talsvert sérhæft.

Starfsemi jarðhitaskólans er liður í þróunaraðstoð íslenska ríkisins. Að sögn Ingvars Birgis var starfsemin basl í mörg ár vegna þess hve litlu fé var veitt í þróunaraðstoð. Í dag annar skólinn ekki fleiri nemendum. Forsendur þess náms sem sett var upp eru brostnar ef koma fleiri nemendur því þá er ekki hægt að veita maður á mann þjónustu og þá er um allt annað nám að ræða. Fjárveitingar til skólans hafa þó aukist jafnt og þétt, um nær 30% hin síðari ár. (Ingvar Birgir Friðleifsson 2008)

Mikill áhugi var þegar í upphafi á starfsemi skólans. Sérfræðingar af verkfræðistofum, Orkustofnun og frá HÍ mótuðu deildir skólans og urðu síðar námsstjórar yfir deildunum. Menn álíta það heiður að fá að taka þátt í þessu. Auðveldara og markvissara var á sínum tíma að velja jarðhitann fram yfir fiskveiðar vegna meiri alþjóðlegra tengsla. Lítil fróðleikur um jarðhita í nálægum löndum svo við höfðum tengsl lengra t.d. við Nýja-Sjáland, Kaliforníu, Mexíkó, Ítalíu og Kenía.

5.4.2 Áhrif jarðhitaskólans – lært af notkun

Áhrif skólans á þróun hér á landi hafa að mati Ingvars Birgis verið mikil og jákvæð. Jarðhitaskólinn er akademísk stofnun og hefur því ákveðna stöðu. Einkahagsmunir í samkeppni geta leitt til þess að menn lúra á gögnum til þess að missa ekki verkefni, þess hefur sáralítið gætt hér eða hefur virkað þveröfugt. Þeir sem eru opnir í samskiptum hafa fengið verk í gegnum skólann. Langflest verkefni erlendis undanfarin 20 ár hafa komið til vegna tengsla við jarðhitaskólann (UNU-GTP). Á þeim tíma sem hann hefur starfað hafa yfir 400 nemendur frá 43 löndum stundað þar nám (Ingvar Birgir Friðleifsson 2008).

Gríðarlegar framfarir hafa orðið á þeim þrijátíu árum sem skólinn hefur starfað að sögn Ingvar Birgis. Búið er að rannsaka svo mikið, margt sem er orðið að rútínu og þá er

auðveldara að kenna það. Þar sem verið er að ryðja brautina, þar virkilega reynir á. Á hinn bóginn er ekki tími til rannsókna og skrifta þegar er uppsveifla í nýtingu. Þetta hefur áhrif á hversu vel rannsóknir nýtast þ.e. hversu mikið tekst að breiða þær út til annarra landa. Nú eru fyrirtæki komin á markað og þurfa að sýna fram á hagnað og því fylgir að nú er meira um að upplýsingar eru ekki veittar, t.d. um það hvað kemur uppúr holu. Slíkar upplýsingar eru að verða markaðsvara.

Þegar jarðhitadeild Orkustofnunar varð ÍSOR þýddi það að framlag ríkisins var lagt niður. Þetta þýðir allt annað starfsumhverfi en þegar gert var ráð fyrir að um 25% af tíma sérfræðings sem kostaður er af ríkisfjárveitingum færi til rannsóknarstarfa. Þetta hefur leitt til þess að það dregur úr rannsóknum. Fyrirtæki geta sótt um í rannsóknarsjóði en það þarf að koma framlag á móti styrk, í Evrópusamstarfi þurfa fyrirtækin t.d. að leggja fram 50% á móti styrkjum.

Hin síðari ár hefur orðið ákveðin viðhorfsbreyting til vinnu að mati Ingvars Birgis. Fyrri kynslóðir fóru ekki framá að fá greidda yfirvinnu en á móti kom að 25% vinnutímans var ætlaður í greinaskrif og rannsóknir sem ekki beint tengdust söluverkefnum. Ungt fólk vill vinna frá nú til fimm og vill síður helgarvinnu og fá borgað að fullu sem er skiljanlegt, að hans mati. Hver áhrif einkavæðingar og breyttrar vinnumenningar verða er erfitt að sjá fyrir að mati Ingvars Birgis.

5.4.3 Samskipti og flæði þekkingar

Umhverfið hér á landi gerði að verkum að kennsla í jarðhitaskólanum var skipulagt sem „maður á mann“ kennsla. Af þeim sökum annar skólinn ekki miklum fjölda nemenda. Námið er líka sérhæft svo að það takmarkar líka hvað er hægt að taka marga inn. Sérstaklega í ljósi þess að ekki eru margir sérfræðingar á hverju sviði hér á landi og þeir þurfa jafnframt að sinna sínum daglegu störfum. Hins vegar getur skólinn haft aðgang að toppsérfræðingum. Ef nemendur væru fleiri þyrfti að hafa fólk sem er fyrst og fremst við kennslu og er ekki í eins nánnum tengslum við það sem er að gerast í jarðhitarannsóknum og jarðhitavinnslu. Módelið gengi ekki upp.

Að mati Ingvars Birgis skiptir nálægðin við sérfræðinga gríðarlegu máli. Hún skilaði því að þekkingin sem var til í landinu nýttist. Við Íslendingar förum í heimsins bestu skóla erlendis, segir Ingvar Birgir. Hér er því aðgangur að toppsérfræðingum. Samskiptanetið er þétt m.a. vegna þess að flestir sérfræðingar fá uppeldi sem nemendur á jarðhitadeild Orkustofnunar. Engin ein stofnun hefur á sínum snærum sérfræðinga á öllum þessum sviðum. Fyrir þá sem eru í rannsóknarvinnu er það fagleg

hvatning að kenna og hitta aðra. Skólinn skapar því tengsl og samstarf milli fyrirtækja og stofnana. Verkfræðistofur senda nýliða í inngangsfyrirlestra hjá jarðhitaskólanum, HÍ sendir nemendur og þingmenn hafa setið kúrsa. Nemendur jarðhitaskólans læra um Ísland og þekkja íslenska sérfræðinga. Lykilfólk í jarðhitageiranum í þeim löndum sem Íslendingar hafa verið með verkefni í eru fyrrverandi nemendur skólans og hafa því tengsl við Ísland. Þannig hefur skólinn stuðlað að gríðarlegu samskiptaneti sem nær um allan heim.

Doktorsverkefni Ingvars Birgis tengdist jarðhita og hóf hann störf við jarðhitaleit á Orkustofnun árið 1973. Að hans sögn byrjuðu allir þeir sem hafa leitt jarðhitarannsóknir á Íslandi á undanförunum áratugum sem sumarvinnumenn á jarðhitadeildinni. Hópurinn hefur alltaf verið opinn og samheldinn. Aðalvandamálið núna, að mati Ingvars Birgis, er að hann hefur ekki stækkað nægilega mikið. Sérstaklega þegar bankarnir vaxa og vantar fólk sem er fljótt að hugsa og kann að reikna. Mikil eftirspurn er eftir fólki með menntun á þessu sviði. Vandinn er að HÍ hefur ekki sinnt því nægilega að mati Ingvars Birgis að taka fólk í framhaldsnám í jarðhita og rannsóknarnám er af skornum skammti. Einnig er því um að kenna að fáar kennslustöður eru við HÍ. Ef meira af kennslunni hefði verið í höndum fastra starfsmanna hefði þróunin e.t.v. orðið önnur. Nú er einn sérfræðingur á hverju sviði og hafa sumir verið duglegir að ráða rannsóknarfólk aðrir ekki (Ingvar Birgir Friðleifsson, munnleg heimild 2008).

6 Greining gagna

Á rúmum hundrað árum höfum við Íslendingar farið frá því að búa í óupphituðum timbur- eða torfhúsum, með skolp rennandi í lækjum eftir moldarstígum yfir í það að búa í raflýstum, steinsteyptum húsum með miðstöðvarhitun þar sem hitagjafinn er jarðhitavatn sem streymir úr iðrum jarðar. Hér hefur þessi þróun verið skoðuð í sögulegu samhengi og gögn valin útfrá samfélagslegum breytingum. Við val á gögnum var reynt að tryggja að valin væru til umfjöllunar atriði sem féllu undir alla flokka Porters og Fagerbergs eins og greint er frá að framan. Sums staðar eru nærtæk atriði á meðan erfiðara er að finna eitthvað sem fellur undir aðra flokka.

SI-nálgunin	Saga og náttúra	Tækniþekking og færni	Stjórnsýsla	Reglur og stjórnmal
Demantur Porters	Náttúruauðlindir Staðhættir Samsetning þjóðar	Menntun, læsi Vísindapekking Rannsóknir, tækniþróun	Fjármálakerfi og félagsleg geta Gæði skrifræðis, eignar- jafnrétti	Lýðræði og lög Frelsi og friður Mannréttindi Dómskerfi
Framleiðsluþættir	Staðhættir Eldgos, hitastig Jarðhiti á Íslandi Mannfjöldi, aldur og ævilíkur Skortur á eldsneyti	Lengd skólaskyldu Stúdentspróf Stúdentar við HÍ Fjöldi verkfræð. Framlag til rannsókna	Skortur á gjaldeyri Lágt gengi krónunnar	Lengd vega Skrásett ökutæki
Eftirspurnarþættir	Íbúðarhúsnæði Fjölgun heimila			
Skyld starfsemi og stuðningsgreinar		Garðyrkja Sundlaugar		
Skipulagsheildir, og starfumhverfi			Skipulagsheildir í orkugeiranum	Einkaréttur ísl. ríkisins Erlendir ríkisborgarar
Stjórnvöld				Stjórnskipan og sjálfstæði Lagasetningar
Tilviljanir		Nýir borar		Styrjaldir Heimskreppa

Tafla 6.1 Áhrifaþættir og staðsetning þeirra útfrá SI-nálgun og „demanti” Porters. Taflan sýnir hvar áhrifaþættir sem valdir voru falla að þessum tveimur líkönum.

Látið var nægja að velja a.m.k. eitt atriði fyrir hvern flokk. Tafla 6.1 sýnir hvaða atriði hafa verið valin til skoðunar í þeirri athugun sem hér er gerð á jarðhitanýtingu á

Íslandi og hvar þau atriði eiga við í töflunni þar sem „demantur“ Porters og SI-nálgun er samþættuð.

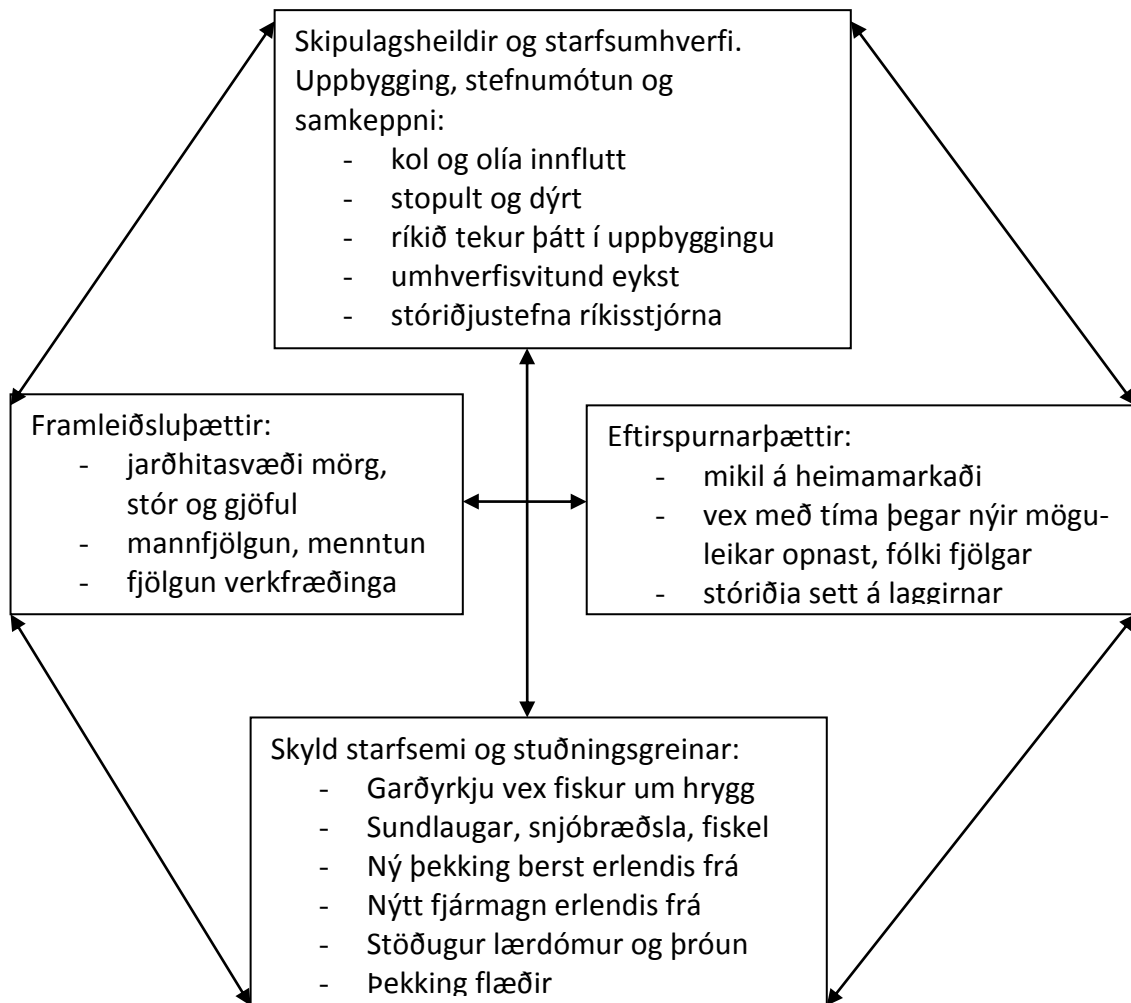
Hér að framan hefur sagan verið nýtt til að draga saman með kerfisbundnum hætti gögn sem lýsa þróun íslensks samfélags og jarðhitanýtingar frá 1900 – 2005. Nú er komið að því að skoða þessi gögn með það fyrir augum að greina hvers vegna og hvernig jarðhitinn varð Íslendingum sú auðlind og uppspretta velmegunar sem hún augljóslega er í dag. Hér á eftir er farið kerfisbundið yfir hvert atriði og það sett í kenningalegt samhengi. Fyrst er kenning Porters og þar á eftir kemur yfirferð yfir áhrif hvers þáttar sem valinn var útfra SI-nálgun.

6.1 Þróun samkeppnisforskots í jarðhitanýtingu á Íslandi

Ef jarðhitanýting á Íslandi frá 1900-2005 er mátuð inni „demant“ Porters sést að hann er allur virkur (sjá mynd 6.1). Mikilvægi framleiðsluþátta er augljóst og nýting jarðhitans grundvallast á því að hann er innan seilingar, náttúruauðlindin er hér við bæjardyrnar. Hins vegar má segja að viðhorfsbreytingin sem á sér stað varðandi nýtinguna í upphafi sé til komin vegna áhrifa erlendis frá; jarðhitinn var við bæjardyrnar í 1000 ár og þótti í mörgum tilvikum slæmur. Það er ekki fyrr en erlendir menn og fréttir erlendis frá sýna fram á nýja möguleika að eitthvað fer að gerast.

Lykilatriðin hér eru að á Íslandi eru sérlega gjöful jarðhitasvæði og að eftirspurn heimafyrir er mikil og vaxandi. Verð á kolum og olíu er hátt og hækkar stöðugt sem gerir að verkum að þau eru engan veginn samkeppnishæf við heimafengna jarðhitaorku. Samkeppnishæfni þeirra minnkar jafnframt eftir því sem fram líða stundir og umhverfisáhrifum er gefinn meiri gaumur. Samkeppni úr þeirri átt var því ekki möguleg. Auk þess verður samkeppni erfiðari að mati Porters (1998) þegar allur demanturinn er virkur eins og hér er.

Enn er heimamarkaður ekki mettaður, bæði er eftirspurn eftir heitu vatni á svokölluðum köldum svæðum þar sem tækni til að bora dýpra eða nýta kaldara vatn skortir. Á hinn bóginn hafa orðið framfarir í rafmagnsframleiðslu. Þar vegur stefna stjórnvalda þungt, þ.e. vöxtur heimamarkaðar byggir ekki lengur eingöngu á fjölgun fólks heldur stóriðju sem nýtur stuðnings ríkisstjórna til langs tíma (sjá myndir 5.6 og 6.3).



Mynd 6.1 Íslensk jarðhitanýting mátuð við „demant“ Porters:

Staðsetning fjarri öðrum löndum ákvarðar stærð markaðarins en hvetur jafnframt til að nýrra leiða sé leitað til að finna tæknilega aðferðir við flutning á orku og þar með stækkun markaðarins. Vert er að hafa í huga að vinnsla og útflutningur orkufrekra iðnaðarvара er ein leið til að stækka íslenskan orkumarkað.

6.2 Þróun jarðhitanýtingar í breyttu samfélagi

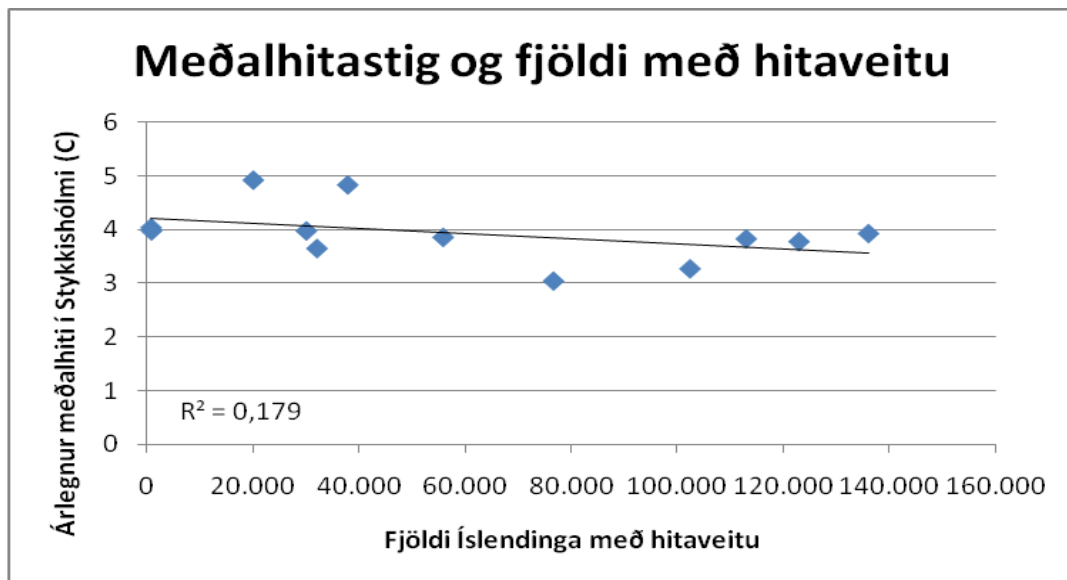
Ef skoðuð eru gögn um hitaveitur og orkuvinnslu með jarðhita sést að þróun jarðhitanýtingar er ekki línulegt ferli. Þróunin í Reykjavík og á landsbyggðinni fór ekki saman eins og sést í töflu 6.2 þar sem tekin eru saman tímabil stöðnunar og athafnasemi.

Lítill neikvæð fylgni er milli meðalhitastigs á Íslandi og fjölgunar þeirra sem búa við hitaveitu á árunum 1900- 2005. Fylgnin er neikvæð sem gefur til kynna að þeim mun kaldara sem er því fleiri íbúar hafa hitaveitu en hún er afar lítil, $R^2 = 0,179$, þ.e. 42,3%

Þróun jarðhitanýtingar	Reykjavík	Landsbyggðin
Frá upphafi til 1940	Stendur í stað	Stöðnun
1941 - 1950	Framfarir - aukning	Fjölgar lítillega
1951 - 1960	Stöðnun	Stöðnun
1961 - 1970	Mikil aukning	Fjölgar lítillega
1971 - 1980	Stöðnun – hægir mjög á	Mikil fjölgun
1981 - 1990	Dæmið klárað	Hægir á
1991 - 2005	100% með hitaveitu	Fjölgun

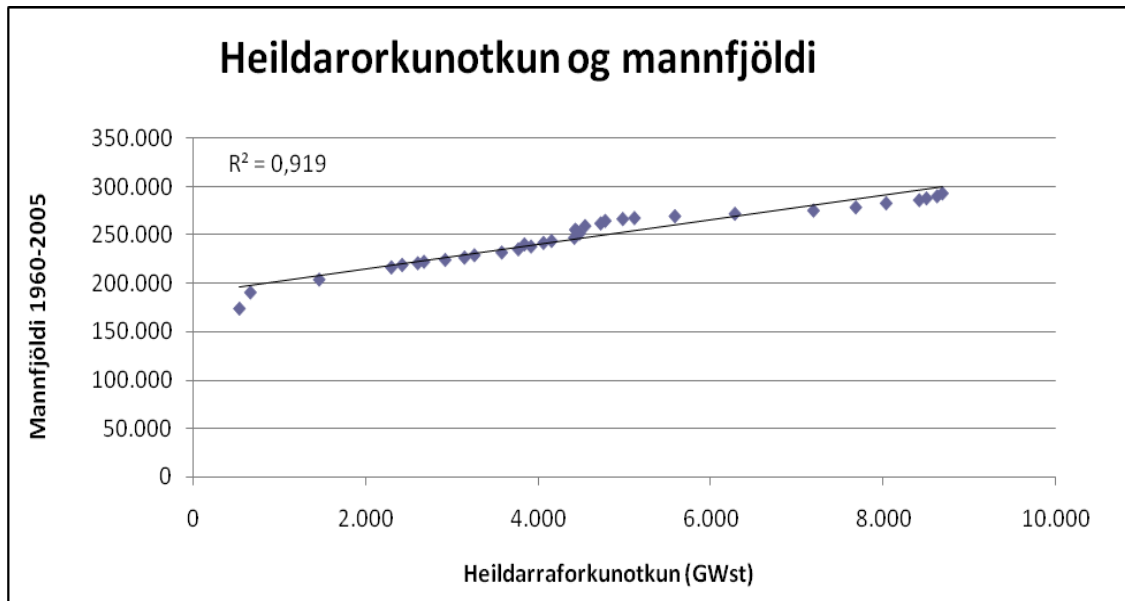
Tafla 6.2 Þróun jarðhitanýtingar, fjölgun hitaveitna . Tekin eru saman atriði úr myndum 5.1-5.3. Samantektin sýnir að þegar hægði á í Reykjavík árin 1971-1980 komst skriður á málin á landsbyggðinni.

af fjölgun hitaveitu skýrist af lækkandi hitastigi. Veðurfar á þessum árum virðist því ekki hafa haft úrslitaáhrif varðandi hitaveituvæðinguna (sjá mynd 6.2). Það virðist því breytingar frá við niðurstöðum Sigurðar Þórarinssonar sem fann tengsl á milli árferðis og afkomu þjóðarinnar fyrr á öldum (Sigurður Snævarr 1993). Fleira getur átt þátt í því að svo er ekki lengur þegar þarna er komið sögu eins og betri húsakostur og betra viðurværi.



(Heimild: Hagstofa Íslands 2008)

Mynd 6.2 Samband hitastigs og fjölda hitaveitna á Íslandi árin 1900-2005.



(Heimild: Hagskinna 1996, Landshagir 2006)

Mynd 6.3 Samband fjölgunar Íslendinga og raforkunotkunar á árunum 1960 – 2005.

Fylgni milli fjölda Íslendinga og raforkunotkunar er jákvæð og mjög há, $R^2 = 0,919$. Samkvæmt þessu skýrist 95,9% af raforkunotkun af mannfjölgun. Það bendir til þess að þegar dregur úr fjölgun þjóðarinnar muni hægja á vexti raforkunýtingar þrátt fyrir aukinn hlut stóriðju í raforkunotkun á þessu tímabili (sjá mynd 6.3).

6.2.1 Staðsetning, húshitun og stærð markaðar

Jarðfræðileg sérstaða Íslands veitir aðgang að fágætri og æ verðmætari auðlind í jarðhitasvæðum landsins. Staðsetning landsins fjarri öðrum löndum hefur áhrif á stærð markaðar. Hún gerir að verkum að hann takmarkast, samgöngur um sjó eru tímafrekar. Auk þess hvetur hún til nýsköpunar vegna lítilla útflutningsmöguleika á varmaorku. Veðurfar hefur jákvæð áhrif þar sem mikil þörf er á upphitun húbýla allan sólarhringinn allan ársins hring og hitaveitan er undirstaðan í nýtingu Íslendinga á jarðhitanum.

Heimamarkaður hefur stækkað jafnt og þétt vegna fjölgunar Íslendinga, hækkaðs meðalaldurs og fjölgunar heimila sem er umtalsvert meiri en fólksfjölgun gefur tilefni til vegna fækkunar heimilisfólks í hverri fjölskyldu. Orkuþörf heimila án tillits til stærðar húsnæðis hefur því margfaldast. Jafnframt hefur húsnæði hefur stækkað og því hefur þörfin á heimamarkaði aukist mikið. Ofan á þetta bætast svo breyttir lifnaðarhættir og auknar kröfur heimamarkaðar um gæði og magn.

Heimamarkaður fyrir jarðhitaorku er einangraður frá öðrum, einsleitur hvað varðar þjóðarbrot, trú og tungumál sem gerir að verkum að nýtingaraðferðir hafa þróast

samfara aukinni nýtingu, jafnframt því sem aðferðir og tækni hafa þurft að þróast til að svara auknum kröfum heimamarkaðar vegna „vélvæðingar“ í heimilishaldi. Þegar hitaveitan var komin vel á veg og útlit fyrir að færi að hægja á var farið inn á ný svið, þ.e. raforkuframleiðslu. Notkun á heitu vatni til iðnaðar og baða hefur einnig aukist mjög mikið, sundlaugarferðir eru orðnar almennar og aukast stöðugt. Jafnframt því sem hin síðari ár hefur verið reynt að gera út á heita vatnið í ferðamannaíðnaði með því að auglýsa Reykjavík sem „Spa“ borg og reksturs Bláa lónsins og snyrtivöruframleiðslu tengdri því. Sumar tilraunir til iðnaðarnota tókust ekki sem skyldi s.s. saltvinnsla á Reykjanesi.

Skortur á náttúruauðlindum hefur áhrif, þ.e. við höfum jarðhitann en ekki jarðefnaeldsneyti. Jarðhitinn sem slíkur er jafnframt erfið auðlind ef svo má að orði komast t.d. vegna þess að erfitt er að flytja hana um langan veg og þessi auðlind getur jafnvel verið hættuleg í vinnslu sem veldur því að mikið hugvit og tæknilegar ráðstafanir þarf til að nýta hana. Náttúruhamfarir sem fylgja auðlindinni jarðhita þ.e. eldgos og jarðskjálftar hafa neikvæð áhrif á nýtinguna. Þessir þættir auka áhættuna af nýtingu og tefja fyrir henni.

6.2.2 Þekking, nám og færni

Samhliða fjölgun þjóðarinnar átti sér stað menntabylting. Skólaskyldu var komið á og hún aukin jafn og þétt. Framhaldsskólum fjölgaði, verkfræðingum og öðrum háskólaborgurum fjölgaði. Menntun þjóðarinnar jókst til muna frá árinu 1907 þegar skólaskyldu er komið á til 2005 þegar yfir 90% ungmenna fer í framhaldsskóla að loknu skyldunámi (Eggert Þór Bernharðsson 1998). Jafnframt þessu jókst þekking á sviði jarðhitanytingar samhliða nýtingunni. Þekking á jarðhitakerfunum sjálfum er lítil þegar nýtingin hefst en til lengri tíma gefur nýtingin gögn sem veita upplýsingar um hvernig jarðhitasvæði hegða sér (Stefán Arnórsson 2008).

Ef horft er á íslensku þjóðina sem nemanda í jarðhitanytingu á sú þróun sem hefur átt sér stað á Íslandi samhljóð í hugsmíðahyggjunni og hugmyndum um uppbyggingu þekkingar frá gögnum til innsæis. Grundvöllur nýtingar jarðhitans er í upphafi þekking á umhverfinu sem landsmenn höfðu aflað frá landnámi, sú þekking er dulin en verður síðar formleg með aukinni menntun. Upplýsingar erlendis frá sem berast til landsins með fréttaflutningi er þekking sem hefur safnast við notkun og er hún sett í nýtt samhengi og tengd íslenskum aðstæðum. Slík þekking getur annars vegar leitt til breytinga s.s. varðandi efni í rörum, aðferðir við borun eða nýtt efni til einangrunar.

Með aukinni nýtingu safnast upp þekking um aðstæður sem verða til þess að hægt er að hagræða og þannig lækkar rekstrarkostnaður og afkastageta eykst. Vandkvæði við notkun geta af sér lausnir og nýja þekkingu.

Fyrir árið 1900 safnast gögn um jarðhitann. Þau eru sett í samhengi við nýjar upplýsingar sem berast erlendis frá. Við nýtingu verður til sértæk þekking sem gerð er formleg með stofnun háskóladeildar í jarðfræði og verkfræði. Auk þess sem henni er miðlað á alþjóðlega vísu. Þessi formlega þekking verður síðan með tímanum dulin þ.e. nú býr almenningur á Íslandi yfir þeirri vitneskju hvernig jarðhiti er nýttur til húshitunar. Þar með fellur uppbygging þekkingarinnar að SECI-líkani Nonaka. Félagsmótun þar sem dulin þekking, þ.e. ómeðvituð þekking um jarðhitann berst milli manna og verður formleg þekking sem síðan er kerfisvædd í stofnunum sem sinna rannsóknum, þróun og framkvæmdum á sviði jarðhita. Loks verður til innra þekkingarform þar sem nýjar hugmyndir kvikna þegar fyrri þekking og færni er aðlöguð sértækum, íslenskum aðstæðum. Stjórnun og samskipti falla einnig vel að hugmyndum um *ba*, og hvernig best er að stjórna til þess að skapa rými fyrir þekkingarmyndun. Hér er t.d. um að ræða samskiptanetið sem Ingvar Birgis talar um og jafnframt þau tengsl sem eru milli háskólans, stofnana og Jarðhitaskóla SP.

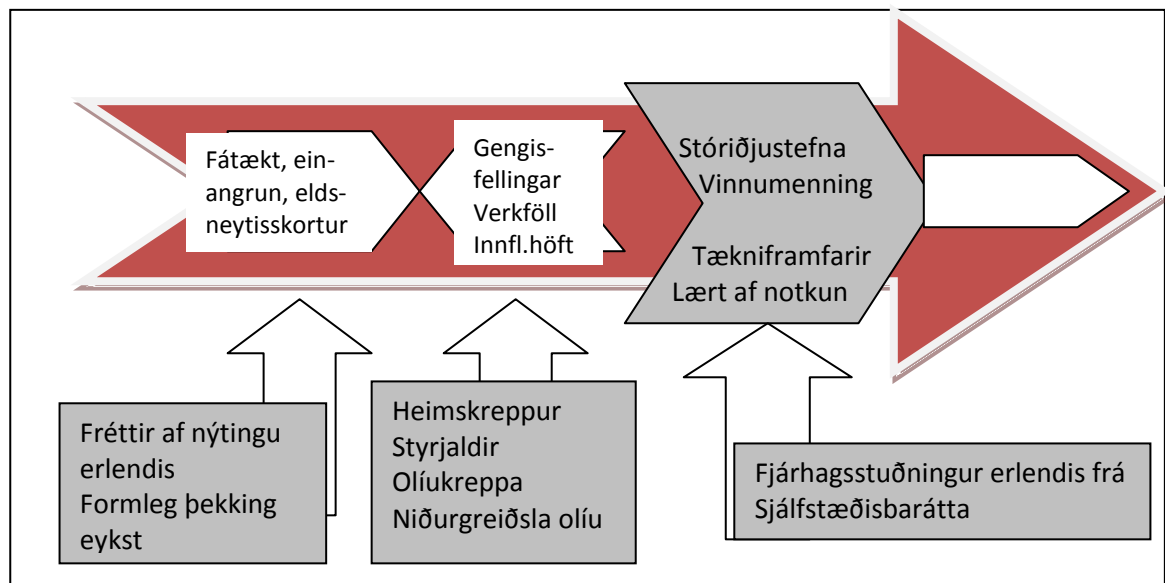
Rosenberg bendir á að svipaðan lærdóm af notkun og hægt er að draga í flugvéla- iðnaði megi einnig draga af notkun á rafmagnsframleiðslu í gufuaflsvirkjunum þar sem um sé að ræða flókið kerfi víxlverkandi þátta. Fyrir utan háan fastan kostnað búnaðar er gífurlegur þróunarkostnaður, langur afgreiðslutími og talsverð óvissa um afköst, sem einungis verður eytt með notkun og reynslu. (Rosenberg 2004)

6.2.3 Stjórnsýsla og efnahagur

Við upphaf þess tímabils sem hér er til umfjöllunar eru Íslendingar nýlendubjóð Dana. Þeir fá heimastjórn 1918 og sjálfstæði 1944 eftir mikla baráttu. Þessi barátta blæs þjóðinni í brjóst vilja til að sýna og sanna að hún geti bjargað sér sjálf og það hefur eflaust haft jákvæð áhrif. Efnahagur þjóðarinnar og þjóðarframleiðsla hefur vaxið á því tímabili sem hér er horft til. (Þorvaldur Gylfason 2008).

Erfiðleikar hafa iðulega steðjað að íslensku efnahagslífi bæði fyrir og eftir að þjóðin fékk sjálfstæði. Hefur það bæði haft jákvæð og neikvæð áhrif. Fátækt, skortur og dýrt lífrænt eldsneyti rak á eftir því að jarðhiti var nýttur og hafði þannig jákvæð áhrif. Á sama tíma hamlaði fjárskortur framþróun. Aðgerðir stjórnvalda í efnahagsmálum, þ.e. gengisfellingar með tilheyrandi verðbólgu tímabilum hafa haft neikvæð áhrif. Erlend

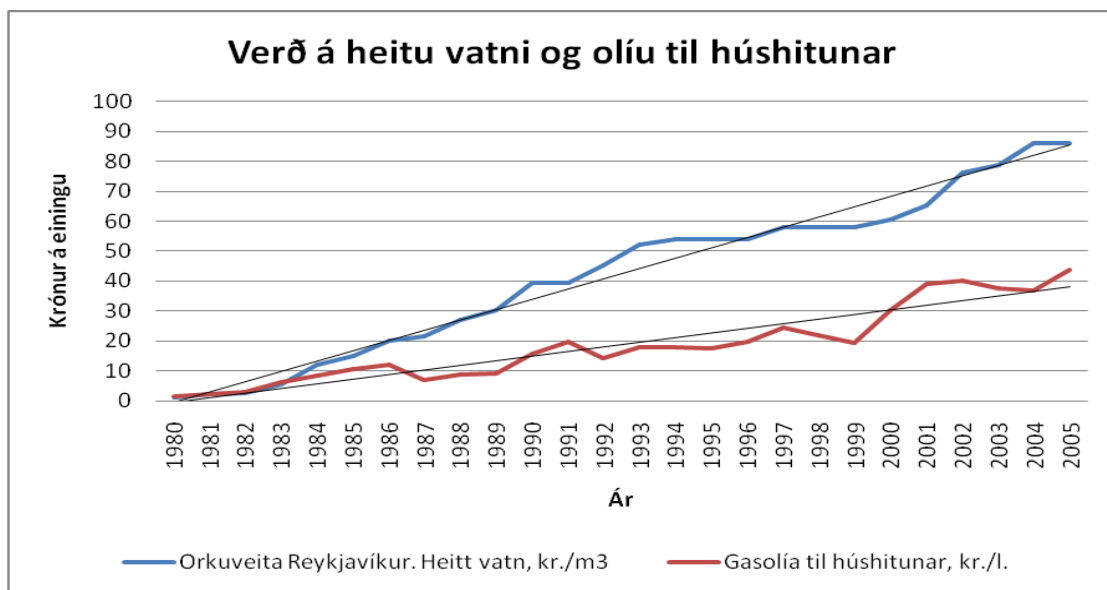
aðstoð hafði mikil og jákvæð áhrif. Vinnumenning og verkalyðsfélög hafa bæði haft jákvæð og neikvæð áhrif. Þetta kemur heim og saman við hugmyndir Dahmén's um þróunarsamfellur. Á mynd 6.4 hefur verið reynt að fella þessa þætti inn í mynd af þróunarsamfellu. Innri spenna myndast vegna fátæktar og skorts á náttúruauðlindum sem veldur framþróun. Inn á milli eru tímabil stöðunar vegna efnahagsástands og stefnu stjórnvalda auk utanaðkomandi áhrifa sem hamla. Þegar stjórnvöld með fjárhagslegri aðstoð erlendis frá taka stefnumarkandi ákvarðanir verkar það hvetjandi. Ekki hafa verið sett ártöl á myndina enda gæti hún átt við um allt tímabilið frá 1900 til 2005 eða eitthvert skemmra tímabil innan þessa tímabils.



Mynd 6.4 Nokkrir áhrifaþættir settir inni þróunarsamfelluna.

6.2.4 Stefnumótun stjórnvalda

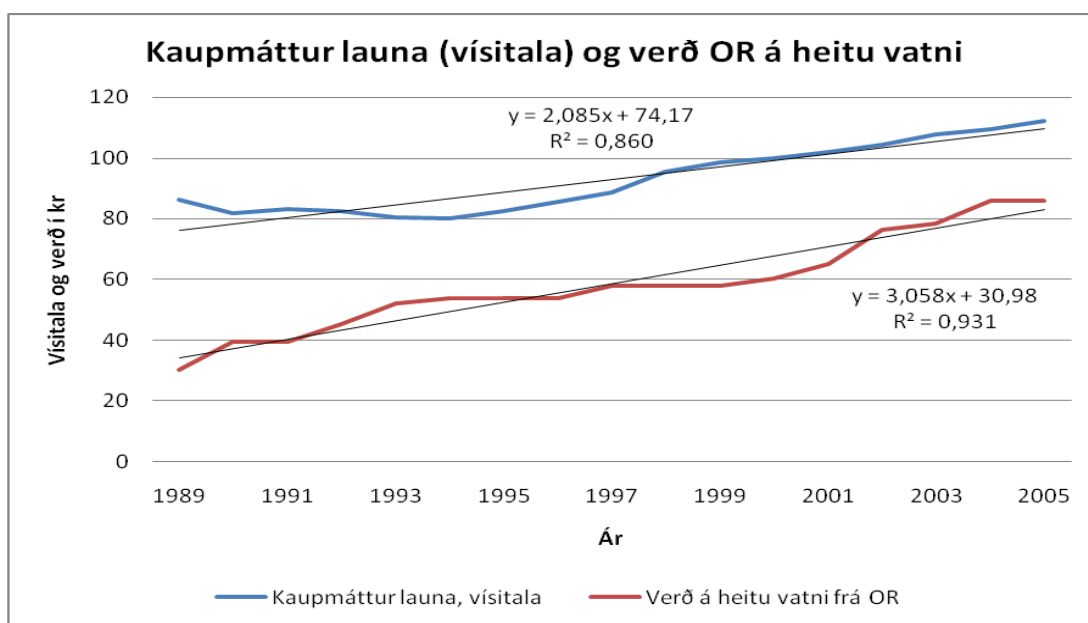
Stjórnvöld hafa bæði haft hvetjandi og letjandi áhrif á jarðhitánýtinguna. Ekki er hægt að sjá að með vísvitandi hætti hafi verið reynt að hvetja til hennar ef skoðuð eru framlög til rannsókna og þróunar. Innflutningshöft á fyrri hluta 20. aldar gerðu öllum sem í framkvæmdum stóðu erfitt fyrir og töfðu þannig framþróun. Niðurgreiðslur til „kaldra“ svæða tefja fyrir því að leitað sé að heitu vatni og leiðum til að nýta vatn með lægra hitastigi en sem nemur því sem við eigum að venjast. Það vatn sem fer út af kerfum er hér er heitara en það jarðhitavatn sem verið er að nýta erlendis (Ingvar Birgir Friðleifsson 2008).



(Heimild: Hagstofa Íslands)

Mynd 6.5 Verðbreytingar á heitu vatni og olíu til húshitunar frá 1980 – 2005.

Orkuveita Reykjavíkur selur nú tveimur af hverjum þremur íbúum landsins heitt vatn (Tekið af vef OR 1. september 2008, <http://www.or.is/UmOR/Stefnaogstjornun/>). Verðmyndun á heitu vatni fylgir hvorki kaupmáttarþróun né heldur verði á olíu. Verð á olíu til húshitunar á árunum 1980 – 2005 hækkaði mun minna en verð á heitu vatni. Verð á heitu vatni frá Orkuveitu Reykjavíkur hefur vaxið hraðar en sem nemur vexti vísitölu kaupmáttar launa á tímabilinu 1989 – 2005 (Sjá mynd 6.6). Gætir þar hugsanlega áhrifa af aðgerðum stjórnvalda sem niðurgreiða olíu til húshitunar. Önnur ástæða gæti verið skuldastaða OR á erfiðum fjármálamarkaði vegna orkuöflunar til erlendrar stóriðju með vafasamri arðsemi. (Ásta Þorleifsdóttir 2008)



(Heimild: Hagstofa Íslands 2008)

Mynd 6.6 Þróun kaupmáttar launa og verðs á heitu vatni frá OR árin 1989-2005.

Jafnframt þessu hefur stóriðjustefna stjórnvalda orsakað mikla eftirspurn eftir raforku sem gera verður ráð fyrir að hafi haft jákvæð áhrif og gert virkjun jarðhita til raforkuframleiðslu vænlegan kost (Ingvar Birgir Friðleifsson 2006). Jarðhitaskóli Sameinuðu þjóðanna sem kostaður er af ríkinu sem hluti af framlagi Íslands til þróunaraðstoðar hefur haft gríðarleg jákvæð áhrif á uppbyggingu þekkingar og stuðlað að mikilli framþróun og tengslamyndun á alþjóðavettvangi.

6.2.5 Stjórnun þekkingar, nýsköpun og þróunarsamfellur

Nýting jarðhita byggir að stórum hluta á verkviti, sem síðan verður að staðbundinni verkfærni sem byggir á hagnýtingu bókvits við ákveðnar aðstæður. Jarðfræðin verður með tímanum formleg yfirferanleg þekking sem nýtt er við lausnir vandamála. Stjórnunarhættir í jarðhitanýtingu verða að taka mið af þessu. Stjórnun á Íslandi er sérstök vegna smæðar þjóðarinnar og nándar íbúanna. Stjórnunarhættir verða því oft með þeim hætti sem að mati Nonaka er best fallin til að stjórna nýsköpun innan skipulagsheilda.

Hægt er að líta á nýtingu jarðhita sem sérhæfða tæknibraut sem þá fellur undir stærðarbraut. Ef til vill væri gott að skipta tímabilinu sem hér er til umfjöllunar upp í fleiri en eina samfellda þróunarbraut. T.d. gæti tímabilið frá 1901 – 1950 myndað eina samfellu og tímabilið frá 1951 – 2005 aðra, enda eru aðstæður og tækni gjörólík á þessum tveimur tímabilum. Á hinu fyrra eru háðar tvær styrjaldir, heimskreppan ríður yfir, gjaldeyrir er af skornum skammti og landið er mjög einangrað. Þekking berst í litlu magni erlendis frá, tæknimenntaðir einstaklingar eru fáir. Eftir 1950 breytist heimsmyndin mjög og um leið áhrifavaldar á þróunarsamfelluna.

Rosenberg (2004) telur að rannsóknir og þróun feli í sér margvíslegan lærdóm sem nýtist í nýsköpunarferli og því er framlag til rannsókna og þróunar mikilvæg vísbending um nýsköpunargetu þjóða (Rosenberg 2004). Hér á landi hefur framlagið ekki verið sambærilegt við önnur lönd. Á hinn bóginn hefur Íslendingum tekist að nýta framlag til þróunaraðstoðar í þágu rannsókna á nýtingu jarðhita.

Fjöldi einkaleyfa getur verið góð vísbending um uppbyggingu þekkingar. Hér á landi bregður svo við að þrátt fyrir viðurkenningu á mikilvægi þekkingar og menntunar á sviði jarðhitanýtingar eru einkaleyfi á þessu sviði mjög fá. Einungis er um að ræða 10 – 20 einkaleyfi sem gætu tengst jarðhitanýtingu. Þar af eru 11 fyrir aðferðir og búnað sem hugsanlega tengjast orkuframleiðslu og níu sem tengjast því að fjarlægja brennisteinsvetni eða brennisteinssúlfíð úr jarðgufu eða vökva (Helgi Hannesson 2008).

6.2.6 Stoðgreinar og skyldar greinar

Nýsköpun í jarðhitanýtingu er mikil hér á landi og opnast hafa nýir möguleikar í atvinnustarfsemi. Nýting á jarðhita fellur ýmist undir tæknibraut eða sérhæfingarbraut. Starfsemi á borð við garðyrkjuna stuðlar að aukinni þörf og ýtir þannig undir nýsköpun og öfugt, þ.e. jarðhitanýting er stuðningsgrein garðyrkju, eftir því sem nýtingarmöguleikar aukast vex garðyrkju fiskur um hrygg. Nýsköpun eykst í garðyrkju þegar ríkið fellir niður styrki. Það veldur því að garðyrkjubændur verða að hagræða og finna nýjar leiðir til að auka framleiðsluna og auka arðsemi hennar. Við slíkar aðstæður verða til nýjar lausnir þannig getur styrkjakerfi heft nýsköpun í greininni.

Óvænt stoðgrein jarðhitanýtingar á Suðurnesjum er rekstur Bláa lónsins sem upphaflega varð til við niðurdælingu kælivatns. Kælivatnið er mettað af kísli og teppti hraunið sem því var dælt á og þannig myndaðist lónið. Nú hefur þessu vandmáli verið breytt í arðbæran rekstur baðstaðar og í kjölfar þess hefur viðlíka starfsemi verið sett á laggirnar í Mývatnssveit.

7 Niðurstöður

Frá 1901 – 2005 urðu miklar breytingar á orkumálum á Íslandi. Tímabilið skiptist í þrennt eftir því hvaða orkulindir eru í notkun. Tímabilin eru kolatímabil frá 1901 – 1945, olútímabilið 1945 – 1970 og loks tímabil endurnýjanlegra orkulinda frá 1970 til dagsins í dag. Jafnframt þessu spilar það stórt hlutverk í sjálfstæðisbaráttu þjóðarinnar hvaðan orkan kemur. Aðfluttar fjárfrekar orkulindir hefðu hugsanlega haldið þjóðinni í örbyrgð og komið í veg fyrir að hún yrði sjálfstæð. Sú varð ekki raunin en margar tilviljanir hjálpuðust að í aðdraganda þess að þjóðin fékk sjálfstæði m.a. hernám Danmerkur 1940 sem leiðir til þess að Íslendingar taka sér sjálfðæmi í utanríkismálum. Það gerir þeim kleift að semja við Bandaríkjamenn um aðflutning á efni til hitaveituvæðingarinnar.

Ástæða þess að Íslendingar hafa náð svo langt í nýtingu á heitu vatni eru fyrst og fremst vegna þess að hér er víða að finna jarðhita. Eftir að nýting hans hefst til húshitunar vex heimamarkaður og jafnframt kröfur um gæði þjónustunnar á heimamarkaði.

Megináhrifaþættir eru eftirfarandi:

1. Fjarlægð frá öðrum löndum og staðhættir
2. Utanaðkomandi atvik, styrjaldir, heimskreppa, olúkreppa, og tilviljanir hafa valdið því að farin var tiltekin leið.
3. Áhrif og stefna stjórnvalda hafa skipt sköpum
4. Sjálfstæðið og skortur á fjármunum og yfirráð yfir auðlindum
5. Stækkun heimamarkaðar vegna fjölgunar þjóðarinnar og þörf fyrir ódýra orku
6. Þekking byggðist upp vegna ákvarðana sveitarstjórna um að leysa verkefni heimavið.
7. Ákvarðanir stjórnvalda um almenna atvinnuuppbyggingu og stóriðju og þátttöku í alþjóðlegri samvinnu með Háskóla Sameinuðu þjóðanna.

Um er að ræða tvö skeið, annars vegar nauðþurfta og hins vegar nýsköpunar, þar sem hvatinn er mjög ólíkur, þekking er mismikil, tæknigeta, hæfni og sýn á jarðhitann mismunandi. Hvort skeið um sig er námsferli þar sem þjóðin breytir hegðun sinni og tileinkar sér nýja síði. Annars vegar er skeið nauðþurfta þar sem hvatinn var þörf fyrir ódýran orkugjafa til að hita og rafvæða íslenskt samfélag. Umsköpunarferlið stýrist af neikvæðum þrýstingi. Markmiðið var að bæta lífskjör landsmanna. Erfitt er að fá efni til framkvæmda, hyggjuvitið og heimaefnið efni s.s. reiðingur til einangrunar er nýtt. Nýting jarðhita er bein, þ.e. heita vatnið er leitt eins og það kemur úr jörðu inní hús

landsmanna sem þegar höfðu verið miðstöðvarvædd. Nýting jarðhita réð þar úrslitum við að færa þjóðina úr fátækt yfir í allsnægtir vegna þess sparnaðar sem leiddi af nýtingu hans. Olúinnflutningur minnkaði ekki svo neinu næmi, hins vegar var aukinni orkuþörf landsmanna mætt með nýjum orkugjöfum s.s. vatnsorku til rafvæðingar og jarðhita til kyndingar.

Síðara skeiðið er tímabil nýsköpunar. Þekkingar hefur verið aflað með nýtingu og aukinni menntun og tæknivæðingu. Upplýsingar eru settar í nýtt samhengi innanlands. Þetta getur af sér að betri og sértækari aðferðir eru innleiddar. Ný tækni gerir kleift að nýta vatn með lægra hitastigi. Ný efni eru innleidd til einangrunar, bortækni fleygir fram, stoðgreinar vaxa. Nýting er ekki lengur bein heldur afleidd, þ.e. raforkuframleiðsla til stóriðju og stoðgreinar. Markmiðið er hámarksnýting náttúruauðlinda landsins, háværkun hagnaðar. Umsköpunarþrýstingur er jákvæður. Síðar tekur við markaðsvæðing með stóriðju og þar með útflutningur á orku í formi orkufrekra iðnaðarvара, s.s. áls og járnbendis.

Milli þessara tveggja skeiða ríkir millibilsástand. Það er tímabilið sem Halldór talar um sem tveggja áratuga kyrrstöðu í erindi sínu á fundi RARIK eins og fram hefur komið hér að framan. Þetta millibilsástand er hins vegar eftir að stofnanavæðing hin fyrri hefur átt sér stað. Lagarammi og stofnanir sem nauðsynlegar eru til að tryggja virkni við hitaveituvæðingu eru komnar á fót. Rannsóknir til undirbúnings hafa skilað þeim árangri að framkvæmdir ganga vel. Og, eins og Ingvar Birgir bendir á, að þegar er uppsveifla í nýtingu gefst lítil tími til rannsókna. Þróunarsamfella hefur leitt til nýrra aðferða sem virka og framkvæmdir taka yfir. Enn er ekki þörf á nýjum leiðum. Engin spenna ríkir. Þannig er ekki þörf á lagasetningum eða stefnubreytingum af hálfu stjórnvalda.

Í öllum tilvikum er það stefna stjórnvalda sem ræður ferðinni. Stjórnvöld á Íslandi hafa frá fyrstu tíð leikið stórt hlutverk. Stefnumótun stjórnvalda hefur leynt og ljóst orðið til þess að hvetja framþróunina þótt ef til vill hafi stefna stjórnvalda ekki beinst að jarðhitanýtingunni sem slíkri. Stóriðjustefnan sem íslensk stjórnvöld hafa fylgt undanfarna áratugi veldur því að framleiða þarf meira rafmagn sem aftur kallar á nýtingu sjálfbærra orkulinda bæði jarðhita og vatnsfalla.

Lagasetningar í gegnum tíðina varpa ljósi á atburðarás og endurspeгла að tímabilið frá 1900 – 2005 skiptist í tvö megin skeið. Á fyrra skeiðinu koma lagasetningar eftirá þ.e. framkvæmdir og nýjungar kalla á lagarammi til að tryggja umhverfið og ramma um skipulagsheildir. Á síðara skeiðinu snýr þetta öfugt, lagasetningar koma á undan og

marka stefnu. Lagaramminn er nýttur til að móta umhverfið í samræmi við stefnu stjórnvalda.

Þróun í þjóðfélagsháttum sem greina má útfrá sögulegum heimildum hefur kallað á aukna nýtingu og þróun í atvinnugreininni „jarðhitánýting“. Sú þróun hefur fylgt ferli sem einkennir þjóðir sem ná samkeppnisforskoti skv. Porter. Jónas frá Hriflu hafði uppeldissjónarmið að leiðarljósi og skólar voru byggðir á jarðhitasvæðum en þannig varð nýting auðlindarinnar afleiðing af kenningum Grundtvigs (Jónas Jónsson 1952). Eins og félagar í Verkfræðingafélagi Íslands hafði Jónas sótt þekkingu til útlanda og heimfærði hana á íslenskar aðstæður. Þannig fluttist þekking til landsins og var gerð formleg. Með samskiptum manna á milli á mismunandi vettvangi í íslensku þjóðfélagi óx þekking á möguleikum jarðhitans og ný tækifæri voru nýtt.

Jarðhitinn er fyrirbæri sem enginn sem kemur til Íslands kemst hjá að veita eftirtekt. Í honum er fólgin orka sem gefur gríðarlega möguleika. Hann var lengst af talinn vera almannagæðai sem hver og einn gat nýtt að vild. Þekkingu um möguleika og nýtingu var miðlað óþvingað milli manna og svæða. Þetta hefur verið að breytast. Það var markmiðið með rannsókninni að gera stuttlega grein fyrir jarðhitnum og sýna fram á að nýting felur í sér möguleika sem kalla tæknilegar lausnir og getur líka valdið vandkvæðum. Sum þessara vandamála hafa verið leyst en framhjá öðrum verið horft. Lausn marga þessara vandamála samfara nýtingu hafa fært okkur dýrmæta þekkingu og opnað ný tækifæri til framtíðar, ef vel er farið með hana.

Heimildaskrá

Arnar Geir Helgason (2007). Upphaf kennaramenntunar á Íslandi. Grunnskólabraut. Reykjavík, Kennaraháskóli Íslands. **B.Ed.**: 30.

Arnheiður Sigurðardóttir (1966). Híbýlahættir á miðöldum. Reykjavík, Bókaútgáfa menningarsjóðs og Þjóðvinafélagsins.

Ágúst Józefsson (1959). Minningar og svipmyndir úr Reykjavík. Reykjavík, Prentsmiðjan Leiftur.

Ágústa Loftsdóttir (2006). Orkustofnun og vettvangur um vistvænt eldsneyti. Orkuþing 2006: Orkan og samfélagið - vistvæn lífsgæði, Reykjavík, Samorka.

Árni Ragnarsson (2001). Orkunotkun á Íslandi Orkuþing 2001. Reykjavík, Orkustofnun.

Árni Ragnarsson (2006). Orkunotkun á Íslandi. Orkuþing 2006. S. Ágústsson. Reykjavík, Samorka.

Ásdís Ingólfssdóttir (2004). Heita vatnið - dagleg notkun. Reykjavík Háskóli Íslands.

Ásdís Jónsdóttir (2007). Nýsköpun er ekki öll þar sem hún er séð. Morgunblaðið. Reykjavík, Árvakur.

Ásta Þorleifsdóttir (2008). Munnleg heimild. Reykjavík.

B. Marr, D. S. (2003). Understanding Corporate Value: Managing and Reporting Intellectual Capital. London, CIMA.

Benedikt Jóhannesson, Ritstj. (2006). Jóhannes Zoëga - æviminningar. Reykjavík, Útgáfufélagið Heimur.

Björgólfur Thorsteinsson (2006). Framlag Íslands til orkubúskapar heimsins. Orkuþing 2006. S. Ágústsson. Reykjavík, Samorka.

Björk Þorleifsdóttir (2003). Af bókfelli: Smásjárathugun á íslenskum skinnhandritum. Sagnfræði. Reykjavík, Háskóli Íslands. **BA**: 96.

Björn Hróarsson, S. S. J. (1991). Hverir á Íslandi. Reykjavík, Mál og menning.

Brennu-Njálssaga (1996). B. H. Bergljót S. Kristjánsdóttir, Guðrún Ása Grímsdóttir, Guðrún Ingólfssdóttir, Gísli Sigurðsson, Jón Torfason, Svanhildur Óskarsdóttir, Sverrir Tómasson, Örnólfur Thorsson. Reykjavík, Mál og menning.

Coyle, G. (1997). "The Nature and Value of Future Studies or Do Futures Have a Future?" Futures **29**(1): 77-93.

- Dahmén, E., Ritstj. (2004). Þróunarsamfellur í atvinnuvegahagfræði. Nýsköpun, staður - stund. Reykjavík, Viðskipta- og hagfræðideild Háskóla Íslands.
- Denison, E. F. (1982). Trends in American Growth 1929 - 1982. Washington DC, Brookings Institution.
- Dierkes, M., Ritstj. (2001). Handbook of Organizational Learning and Knowledge. Oxford, Oxford University Press.
- Dohn, N. B. (2000). Viden i praksis. Aalborg, Videncenter for Læreprocesser.
- Dretske, F. I. (1981). Knowledge and the Flow of Information. London, Basil Blackwell Publisher.
- Drucker, P. F. (1999). Management Challenges for the 21st Century. Burlington MA, Butterworth-Heinemann.
- Eggert Clausen (2007). Um þekkingarverðmæti OR. Morgunblaðið. Reykjavík, Árvakur.
- Eggert Þór Bernharðsson (1998). Saga Reykjavíkur - Borgin. Reykjavík, Iðunn.
- Fonseca, J. (2002). Complexity and Innovation in Organizations. London & New York, Routledge.
- Gerður G. Óskarsdóttir, Ritst. (1990). Skólamáli. Ísland, atvinnuhættir og menning 1990. Reykjavík, Saga Íslands h/f.
- Gísli Halldórsson (1935). "Hengill - Reykir." Tímarit Verkfræðingafélags Íslands 20(2).
- Glasersfeld, E. v. (2002). Radical Constructivism. London, RoutledgeFalmer.
- Guðmundur Birgisson (16. október 2008). www.birgisson.com. Reykjavík. 2008.
- Guðmundur Jónsson, M. S. M., Ritst. (1997). Hagskinna, sögulegar hagtölur um Ísland. Reykjavík, Hagstofa Íslands.
- Guðmundur Magnússon (2005). Stundarhagur. Pistlar og ritgerðir. Reykjavík, Viðskipta- og hagfræðideild Háskóla Íslands.
- Guðmundur Pálmason (2005). Jarðhitabók. Eðli og nýting auðlindar. Reykjavík, Hið íslenska bókmenntafélag.
- Guðrún P. Helgadóttir, A. E., Margrét Helgadóttir, Björg Einarsdóttir, Halldóra Einarsdóttir, Ritst. (1974). Kvennaskólinn í Reykjavík 1874 - 1974. Reykjavík, Almenna bókafélagið.

- Gunnar Þór Bjarnason, M. G. (2001). Íslands- og mannkynssaga NBII. Reykjavík, Nýja bókafélagið ehf.
- Guns, B. (1998). "Faster Learning." Executive Excellence, Provo **15**(7).
- Hafþór Guðjónsson (1993). Almenn efnafræði II Efnahvörf. Reykjavík, Mál og menning.
- Halldór J Kristjánsson (1997). Stefnumótun í orkumálum. Ársfundur RARIK, Viðskiptaráðuneytið.
- Helgi Hannesson (2008). Einkaleyfastofan. Munnleg heimild. Reykjavík.
- Helgi M. Sigurðsson (2002). Vatnsaflsvirkjanir á Íslandi. Reykjavík, Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsunar.
- Hellen M. Gunnarsdóttir (1992). Menntun og atvinnulíf. Reykjavík, Félagsvísindastofnun fyrir SAMMENNT.
- Hughes, T. P. (1989). American Genesis: A History of the American Genius for Invention. New York, Penguin Books.
- Hörður Ágústsson (2000). Íslensk byggingararfleifð I. Reykjavík, Húsafríðunarnefnd ríkisins.
- Ikujiro Nonaka, N. K. (1998). "The Concept og "Ba": Building a Foundation for Knowledge Creation." California Management Review.
- Ikujiro Nonaka, R. T., Philippe Byosiére (2003). A Theory of Organizational Knowledge Creation: Understanding the Dynamic Process of Creating Knowledge. Oxford, Oxford University Press.
- Illeris, K. (2006). How we learn. Learning and non-learning in school and beyond. London, Routledge.
- Ingólfur Ingólfsson (2008). Munnleg heimild. Reykjavík.
- Ingvar Birgir Friðleifsson (2006). Staða Íslands meðal jarðhitapjódanna. Orkuþing 2006. S. Ágústsson. Reykjavík, Samorka.
- Ingvar Birgir Friðleifsson (2008). Munnleg heimild. Reykjavík.
- Ingvar Birgir Friðleifsson (2008). Thirty Years of Geothermal Training in Iceland. 30th Anniversary Workshop of the United Nations University Geothermal Training Programme. Reykjavík, UNU-GTP.
- Jan Fagerberg, D. C. M., Richard Nelson, Ritstj. (2006). The Oxford Handbook of Innovation. Oxford, University Press.
- Jan Fagerberg, M. S. (2005). Catching Up: What Are the Critical Factors for Success?

Jashapara, A. (2004). Knowledge Management: An Integrated Approach. Harlow, Pearson Education Ltd.

Jóhann Ísak Pétursson, J. G. J. (2003). Jarðargæði. Reykjavík, IÐNÚ.

Jónas Jónsson (1952). Komandi ár. Reykjavík, Ísafoldarprentsmiðja

Kerstin Enflo, A. K., Lennart Schön (2007). "Identifying Development Blocks - a New Methodology." Springer - Verlag **18**: 20.

Kristján Kristjánsson, Ritst. (2004). Orka í aldarfjórðung. Ágrip af sögu Hitaveitu Akraness og Borgarfjarðar 1979-2004. Akranes, Uppheimar ehf.

LaDuke, B. (2005). Beyond Polanyi. E.learning Age, ProQuest.

Magnús Halldórsson (2008). Tækifærin í eyðimörkinni. Fréttablaðið. Reykjavík, 365.

María J. Gunnarsdóttir (2002). Jarðhiti - mikilvæg auðlind. Reykjavík, Samorka.

Maslow, A. H. (1987). Motivation and Personality. New York, Harper and Row, Publisher Inc.

McFarlane, C. (2006). "Knowledge, learning and development: a post-rationalist approach." Progress in Development Studies **6**(4): 287-305.

Nonaka, I. (1991). "The Knowledge-Creating Company." Harvard Business Review.

Orkusparnefnd (2003). Jarðvarmaspá 2003-2030. Orkustofnun. Reykjavík, Orkustofnun.

Páll Sigurðsson (1986). Úr húsnæðis- og byggingarsögu Háskóla Íslands. Reykjavík, Háskóli Íslands.

Porter, M. E. (1990). The Competitive Advantage of Nations. London, Macmillan.

Rannís (2007). Rannsóknir og þróun - Tölfræði 2005. Reykjavík, Rannsóknarmiðstöð Íslands.

Rosenberg, N., Ritst. (2004). Lært af notkun. Nýsköpun staður - stund. Reykjavík, Viðskipta- og hagfræðideild Háskóla Íslands.

Schumacher, E. F. (1983). Schumacher on Energy. Speeches and Writings of E F Schumacher. London, Abacus.

Schumpeter, J. A. (1991). The Economics and Sociology of Capitalism. Princeton, New Jersey, Princeton University Press.

Sigrún Kjartansdóttir (2004). Vísbendingar um mat og skráningu þekkingarverðmæta hjá fyrirtækjum á íslenskum hlutabréfamarkaði. Viðskiptafræði. Reykjavík, Háskóli Íslands. **MS**: 301.

Sigurður Snævarr (1993). Haglýsing Íslands. Reykjavík, Heimskringla.

Stefán Arnórsson (2008). Spegillinn.

<http://www.ruv.is/heim/vefir/spegillinn/meira/store156/item205821/>. RÚV.

Stefán Ólafsson (1992). Menntun og atvinnulíf. Á. H. Ingþórsson. Reykjavík, Félagsvísindastofnun Háskóla Íslands.

Stýrihópur, N. Í. (2003). Mat á þekkingarverðmætum og útgáfa þekkingarskýrslu. Reykjavík, Viðskipta- og iðnaðarráðuneytið, RANNÍS.

Svava Guðjónsdóttir, A. M. B., Ritst. (2006). Landshagir 2006. Reykjavík, Hagstofa Íslands.

Sveinn Þórðarson (1998). Auður úr iðrum jarðar. Saga hitaveitna og jarðhitanýtingar á Íslandi. Reykjavík, Hið íslenska bókmenntafélag.

Tidd, J., Bessant, John, Pavitt, Keith (1997). Managing Innovation. Integrating Technological, Market and Organizational Change. Chichester, John Wiley & Sons Ltd.

Tímarit Verkfræðingafélags Íslands (1915-1985). "Tímarit Verkfræðingafélags Íslands." **1915-1985**.

Trausti Jónsson (2007). Veðurfar á Íslandi 1800-2006. V. Íslands.

www.mr.is. (2008). "Skólinn fyrr og nú." from http://www.mr.is/jokull/jokull.php?page_id=101010000.

Þorvaldur Gylfason (2008) Landsframleiðsla 1901 - 2005.

Þorvaldur Thoroddsen (2003). Landfræðissaga Íslands I. Hugmyndir manna um Ísland, náttúruskoðun og rannsóknir fyrr og síðar. Reykjavík, Ormstunga.

Örn D. Jónsson, Ritst. (2003). Nýsköpun, staður - stund. Reykjavík, Viðskipta- og hagfræðideild Háskóla Íslands.

Örn D. Jónsson, E. H. H. (2005). Félagsvist heita vatnsins. Rannsóknir í félagsvísindum. F. H. Jónsson. Háskóli Íslands, Háskólaútgáfan.