



# **Veðurstofa Íslands Greinargerð**

**Sigurður Th. Rögnvaldsson**

**Frammistaða SIL kerfisins frá ágúst  
1998 til mars 1999**

**VÍ-G99004-JA01  
Reykjavík  
Mars 1999**

# **Veðurstofa Íslands Greinargerð**

**Sigurður Th. Rögnvaldsson**

**Frammistaða SIL kerfisins frá ágúst  
1998 til mars 1999**

VÍ-G99004-JA01  
Reykjavík  
Mars 1999

## EFNISYFIRLIT

<b>1</b>	<b>INNGANGUR</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>AÐFERÐIR</b>	<b>3</b>
2.1	Gæðastuðull atburða í sjálfvirku úrvinnslunni . . . . .	3
<b>3</b>	<b>ÚRVINNSLA</b>	<b>4</b>
3.1	Fjöldi raunverulegra skjálfta og falskra . . . . .	4
3.2	Gæðastuðull raunverulegra skjálfta og falskra . . . . .	6
3.3	Samband gæða og stærðar skjálfta . . . . .	10
3.4	Líklegur sparnaður ef $q_{min} = 9.99$ . . . . .	11
<b>4</b>	<b>SAMANTEKT, TILLÖGUR OG HUGLEIÐINGAR</b>	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>HEIMILDIR</b>	<b>14</b>

# 1 INNGANGUR

Eftir því sem stöðvum í SIL kerfinu hefur fjölgað, fjölgar einnig þeim skjálftum sem kerfið skráir. Jafnframt eykst ruslið sem únt er upp samtímis skjálftunum. Nú er svo komið að mönnum þykir nóg um, enda ærinn kostnaður sem fylgir ruslinu, bæði vegna gagnaflutnings og ekki síður vegna vinnu við gagnvirka yfirferð atburðanna.

Í sjálfvirku úrvinnslunni í SIL kerfinu er hverjum atburði sem kerfið greinir og staðsetur gefin einkunn eða gæðastuðull. Einkunn þessi,  $q$ , er ólínulegt fall af áætlaðri stærð skjálftans, tímaleifum, fjölda og  $s/n$  hlutfalli fasanna sem hann samanstendur af, auk nokkurra annarra eiginleika atburðarins. Aðeins eru sótt bylgjugögn fyrir þá atburði sem fengið hafa hærri einkunn en tiltekið lágmarksgildi,  $q_{min}$ . Lágmarksgæði atburða sem bylgjugögn eru sótt fyrir geta verið breytileg eftir landshlutum, en það er nauðsynlegt vegna þess hve misþétt landsnetið er. Með því að hækka gæðaþröskuldinn má auðveldlega draga úr flæði bylgjugagna frá útstöðvum og fækka atburðum sem fara þarf yfir með handaflí. Sá böggull fylgir þó skammrifi þessu að óhjákvæmilega fækkar einnig raunverulegum skjálftum sem kerfið skráir, enda stuðullinn  $q$  ekki óbrigðull mælikvarði á hvað er skjálfti og hvað ekki.

Í skýrslu þessari reyni ég að meta áhrif þess að breyta  $q_{min}$  á gagnaflutning frá útstöðvum og á fjölda skráðra jarðskjálfta.

## 2 AÐFERÐIR

### 2.1 Gæðastuðull atburða í sjálfvirku úrvinnslunni

Sjálfvirkar staðsetningar atburða og gæði eru reiknuð í forritinu **anaaut**. Fyrir hvern nýjan atburð sem **anaaut** skilgreinir athugar hugbúnaðurinn hvort áður hafi orðið til atburðir með svipaða staðsetningu en gæði undir  $q_{lim} = 10.0$ . Ef slíkur atburður finnst eru gæði hans hækkuð í 10.0. Þetta er gert til að reyna að nema sem flesta og smæsta forskjálfta. Í fyrri útgáfum hugbúnaðarins var  $q_{lim} = 6.66$ . Ef nýta á þessar upplýsingar má því augljóslega ekki setja  $q_{min} > q_{lim}$ . Í núverandi útgáfu hugbúnaðarins eru aðeins skilgreind fjögur svæði og er  $q_{min}$  á bilinu 4.0–6.0 á þeim öllum. Mynd 1 sýnir svæðin fjögur sem nú eru í notkun. Gróflega má segja að svæðin umlyki Krýsuvík ( $q_{min} = 4.0$ ), Hengilinn ( $q_{min} = 6.0$ ), Suðurlandsbrotabeltið ( $q_{min} = 4.0$ ) og Tjörnesbrotabeltið ( $q_{min} = 4.5$ ). Fyrir atburði sem lenda utan svæðanna fjögurra á mynd 1 eru aðeins sótt bylgjugögn ef  $q > 5.5$ . Skráin `region.cf` á `/usr/sil/etc` skráasafninu inniheldur upplýsingar um mörk svæðanna og gildi  $q_{min}$  í hverju þeirra.

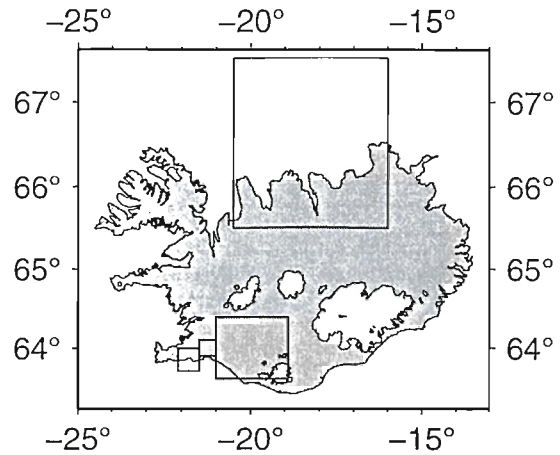
Til að leggja mat á færni kerfisins við að skilja á milli raunverulegra skjálfta og rusls þarf að yfirfæra gæðastuðul atburða í skjálfvirku úrvinnslunni á skjálfta sem hlotið hafa náð fyrir augum skjálftunga. Einfaldar aðferðir til þess arna eru t.d. að byggja samsvörunina á tilvísun atburðarins, þannig að skjálfti í `events.lib` er talinn samsvara þeim atburði í `events.aut` sem hefur sama færslulykil<sup>1</sup> (Sigurður Th. Rögnvaldsson 1997), eða að velja þann atburð sem næstur er skjálftanum í tíma og rúmi (Reynir Böðvarsson o.fl. 1996; Sigurður Th. Rögnvaldsson 1996). Báðar aðferðirnar hafa nokkuð til síns ágætis.

Þegar farið er yfir atburðina í `events.aut` merkir vanur skjálftungur oftast við fyrsta augnakast hvort um raunverulegan jarðskjálfta er að ræða eður ei. Hann bætir við þeim fösum sem sjálfvirkninni hafði yfirsést og hendir þeim sem ekki eiga heima í blöndunni og staðsetur skjálftann. Þannig fer skjálftinn inn í `events.lib` með sömu tilvísun og sú útgáfa hans í `events.aut` sem lægst hafði gæðin en hágæða afbrigði skjálftans eiga sér engan alnafna

<sup>1</sup>Það sem hér er kallað færsla er ein lína í `events.aut`. Færslulykill eða tilvísun er innihald dálka 8 og 9 í `events.aut`, þ.e.a.s. gagnaslóð á atburðinn (dálkur 8) og forskeyti skráa sem tengdar eru atburðinum (dálkur 9).

í `events.lib`. Til að meta hvaða gæði tiltekinn skjálfti í `events.lib` hefur fengið í sjálfvirku úrvinnslunni nægir því oft ekki að taka gæði sama skjálfta<sup>2</sup> í `events.aut`. Ekki dugir heldur að fara eingöngu eftir staðsetningu og upphafstíma þegar meta á hvort tvær færslur í `events.aut` eru raunverulega tveir atburðir eða tvö afbrigði sama skjálftans þar sem oft munar miklu í staðsetningu, enda þótt uppistaðan í báðum atburðunum séu sömu fasarnir.

Til að finna sem áreiðanlegasta samsvörun raunverulegra skjálfta og færslna í `events.aut` voru athugaðir allir atburðir sem kerfið staðsetti með upphafstíma innan  $\pm 5$  sekúndna frá upphafstíma skjálftans. Ef einhverjir þeirra innihéldu tvo eða fleiri fasa sem einnig voru notaðir í gagnvirku staðsetningu skjálftans var einkunn þess þeirra sem best samsvaraði skjálftanum yfirfærð á skjálftann. Hver færsla í `events.aut` var aðeins notuð einu sinni. Besta samsvörun við skjálftann var talinn hafa sá atburðanna innan tímagluggans sem átti flesta sameiginlega fasa með skjálftanum. Fasi var talinn sameiginlegur ef tímamunur hans í `*.evb` og `*.eve` skránum var innan  $\pm 0.2$  sekúndna. Ef fleiri en ein færsla í `events.aut` féllu jafnvel að skjálftanum samkvæmt þessari skilgreiningu var valin sú sem hærri hafði gæðin. Ef enginn atburður uppfyllti þessi skilyrði taldist sjálfvirka úrvinnslan hafa misst af skjálftanum og hann var skilgreindur sem heimatilbúinn eða handefldur og gefin gæðin 0.0 til aðgreiningar frá þeim skjálftum sem kerfinu tókst að staðsetja án aðstoðar. Forritið **libq** framkvæmir samsvörun þá sem að ofan er lýst. Forritið getur einnig fundið samsvörun byggða á staðsetningu og upphafstíma atburða, enda þótt sú aðferð væri ekki notuð í þessari úttekt. Nánari upplýsingar um notkun forritsins fást með skipuninni **libq -h**.



Mynd 1. Svæðin sem nú eru notuð til að skilgreina mismunandi gildi  $q_{min}$ .

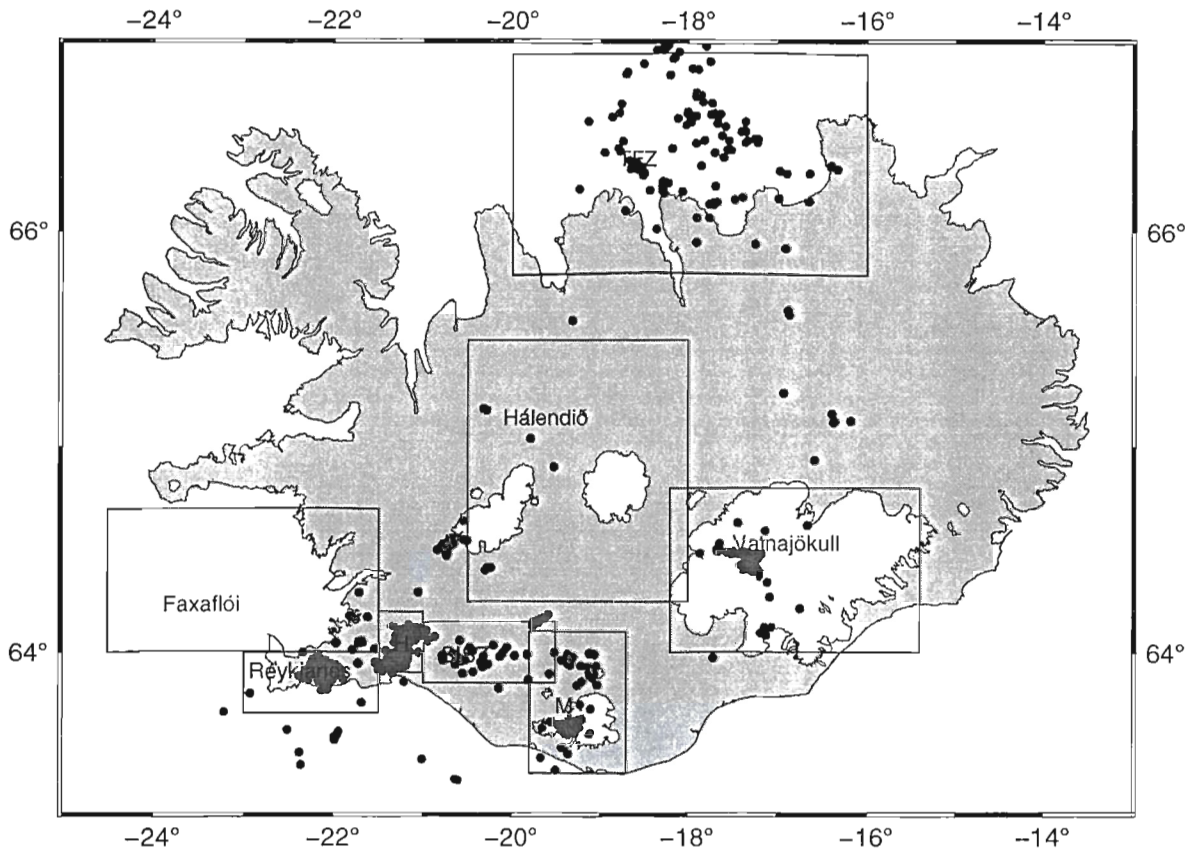
### 3 ÚRVINNSLA

#### 3.1 Fjöldi raunverulegra skjálfta og falskra

Ágætt mat á frammistöðu sjálfvirku úrvinnslunnar er hlutfall fjölda raunverulegra skjálfta og heildarfjölda atburða sem kerfið skráir. Hlutfall þetta er háð bæði dreifingu útstöðvanna og aðferðinni sem notuð er við að reikna gæði atburðanna. Því má búast við að allar breytingar á fjölda stöðva í netinu og breytingar á úrvinnsluhugbúnaði (**anaaut**) hafi áhrif á frammistöðu kerfisins. Sú útgáfa **anaaut** forritsins sem nú er í notkun var sett upp 17. júlí 1998. Til að athuga frammistöðu kerfisins og hæfnina til að greina að raunverulega skjálfta og uppspuna skoðaði ég því gögn frá 1. ágúst 1998 til 28. febrúar 1999. Undan voru skildir dagarnir 13.–15. nóvember 1998, en þá geysaði mikil skjálftahrina í Ölfusi (Sigurður Th. Rögnvaldsson o.fl. 1998) og er úrvinnslu hennar ekki að fullu lokið. Stöðvarnar í Svartárkoti og á Aðalbóli voru settar upp í ágúst 1998 og því er gagnasafnið ekki alveg einsleitt allt tímabilið sem skoðað var.

Skrárnar `events.aut` innihalda gjarna margar útgáfur af hverjum atburði. Þegar farið er yfir niðurstöður sjálfvirku úrvinnslunnar í **lokimp**, er reynt að skilja hismið frá korninu til að fækka þeim atburðum sem fara þarf yfir. Þetta er gert með því að skilja aðeins eftir

<sup>2</sup>Þ.e. skjálfta með sömu tilvísun.



Mynd 2. Svæðaskiptingin sem notuð var við athugun á frammistöðu SIL kerfisins. Hengils-  
svæðið er merkt með H á myndinni og Mýrdalsjökull með M. Auk svæðanna átta á  
myndinni var heildargagnasafnið athugað. Fylltir rauðir hringir sýna staðsetningu  
heimatilbúinna jarðskjálfta á tímabilinu 1.8.1998–28.2.1999, alls um 1200 skjálfta.  
Nokkrir þeirra eru utan svæðisins á myndinni, á Reykjaneshrygg og Kolbeinseyjar-  
hrygg.

eina færslu fyrir hvern færslulykil í `events.aut`. Þeirri færslu atburðarins sem hæst hefur gæðin er haldið eftir en skjálftungi er hlíft við hinum. Þetta er auðvitað ekki fullkomin hreinsun þar eð nokkuð algengt er að færslur sem í raun eru afbrigði af sama atburðinum hafi mismunandi færslulykla og sleppi því í gegnum þetta nálarauga. Því var `libq` forritið notað til að merkja allar færslur í `events.aut` sem áttu tvo eða fleiri fasa sameiginlega við einhvern skjálfta í `events.lib`. Sú færslan sem innihélt flesta sameiginlega fasa og hafði hæst gæðin var talin samsvara skjálftanum, en hinar voru skilgreindar sem lélegri útgáfur af honum og ekki teknar með í tölfræðilegu samantektinni. Þessi aðferð gefur þó líklega betri mynd af frammistöðu kerfisins en það á skilið. Við venjulega yfirferð gagnanna þarf að skoða allar þær útgáfur atburðanna sem hér voru fjarlægðar með þessu móti. Hér er þó vandrataður meðalvegurinn og erfitt að finna almenna og óbyggjandi skilgreiningu á því hvað er nýr atburður og hvað ný útgáfa af atburði sem fyrir er.

Athuguð voru átta svæði og gerð úttekt á færni kerfisins á hverju þeirra, auk landsins alls. Mörk svæðanna eru sýnd á mynd 2. Þegar borin voru saman gögn úr sjálfvirku úrvinnslunni og þeirri gagnvirku voru aðeins notaðir atburðir sem lentu innan sama svæðisins bæði í `events.aut` og `events.lib`. Niðurstöðurnar eru teknar saman í töflu 1. Á Reykjanesi og í Hengli eru raunverulegir jarðskjálftar og sprengingar drjúgur helmingur allra at-

Svæði	Fjöldi í lib		Fjöldi í aut		Hlutföll	
	alls ( $N_r$ )	heimat. ( $N_h$ )	alls ( $N_a$ )	falskir ( $N_f$ )	$N_r/N_a$	$N_r/N_f$
Ísland	11514	1211	31515	21212	0.37	0.54
Tjörnes	1077	112	3868	2903	0.28	0.37
Faxaflói	519	53	6713	6559	0.08	0.08
Reykjanes	2285	359	3550	1624	0.64	1.39
Hengill	6294	732	7404	1842	0.85	3.42
Suðurland	757	66	2021	1330	0.37	0.57
Hálendið	58	8	1341	1291	0.04	0.04
Vatnajökull	71	60	876	865	0.08	0.08
Mýrdalsjökull	145	64	953	872	0.15	0.17

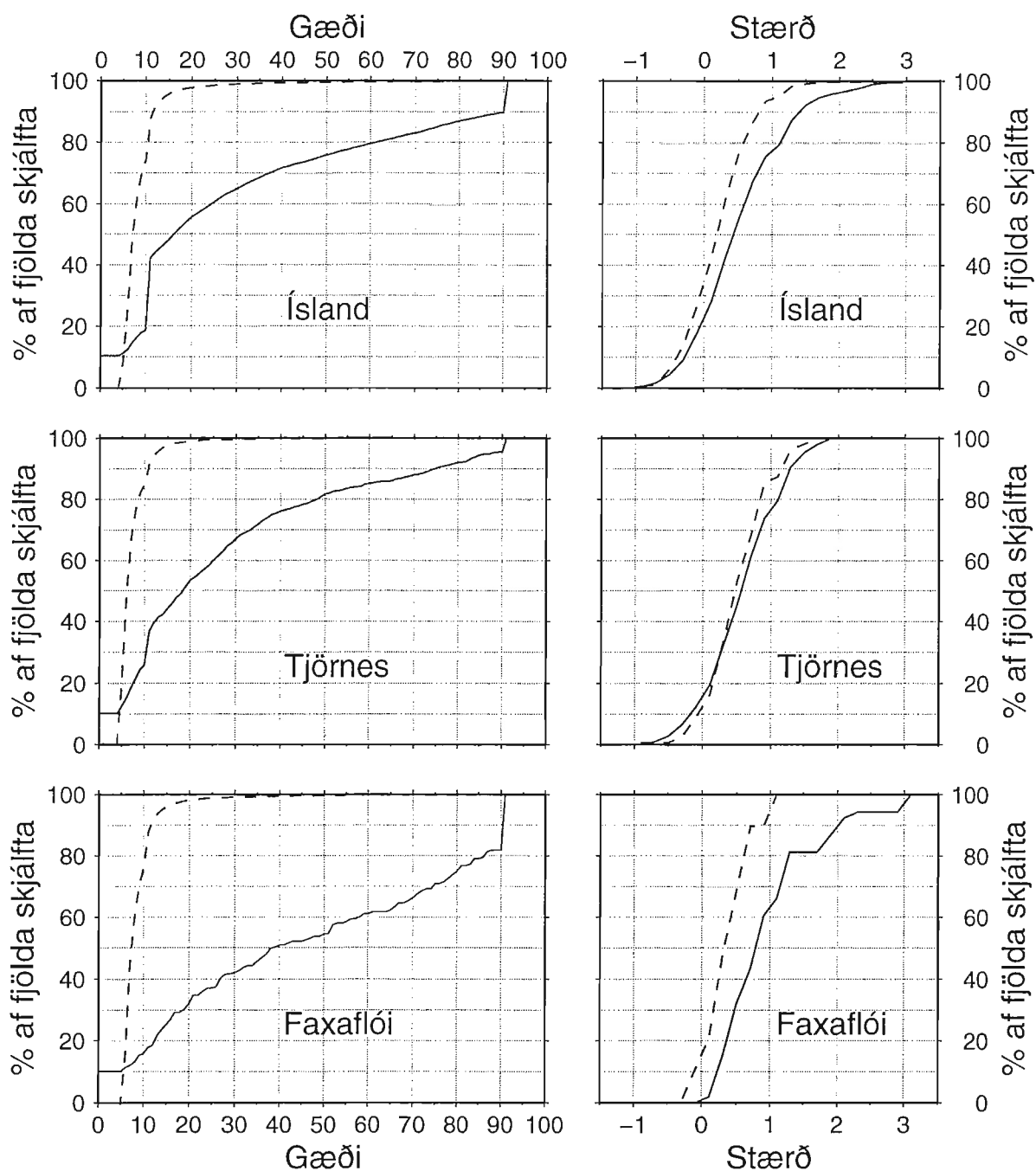
Tafla 1. Fjöldi raunverulegra skjálfta og falskra á nokkrum svæðum á tímabilinu 1. ágúst 1998 til 28. febrúar 1999. Í öðrum dálki er heildarfjöldi skjálfta í `events.lib`, í þriðja dálki er fjöldi „heimatilbúinna“ skjálfta í `events.lib`, í fjórða dálki er fjöldi skjálfta í `events.aut` eftir að búið er að fjarlægja margfalda atburði og í fimmta dálki er fjöldi falskra skjálfta í `events.aut`. Mörk svæðanna eru sýnd á mynd 2.

burða sem kerfið skráir (dálkur 6 í töflu 1). Í brotabelti Suðurlands, Tjörnesbrotabeltinu og í heildargagnasafninu eru raunverulegir skjálftar aðeins um þriðjungur þeirra gagna sem kerfið safnar. Megnið af atburðum sem kerfið staðsetur á svæðum þar sem skjálftavirkni er lítil, en tiltölulega stutt í virku svæði, er rusl. Ástæðan er sú að á virku svæðunum er styst á milli útstöðva og því fremur auðvelt að púsla saman nokkrum fösum þannig að komutímar þeirra og sveifluviddir falli að jarðskjálftalíkani. Það er hins vegar allt eins líklegt að staðsetning atburðar sem þannig er búinn til sé utan hefðbundinna upptakasvæða jarðskjálfta. Um 10% allra skjálfta sem kerfið skráir eru skilgreind sem heimatilbúin, þ.e. ekki fannst nein samsvörun þessara skjálfta og atburða í `events.aut` með þeim aðferðum sem áður er lýst. Í Vatnajökli og Mýrdalsjökli er þetta hlutfall mun hærra, um 85% í Vatnajökli og 44% í Mýrdalsjökli.

### 3.2 Gæðastuðull raunverulegra skjálfta og falskra

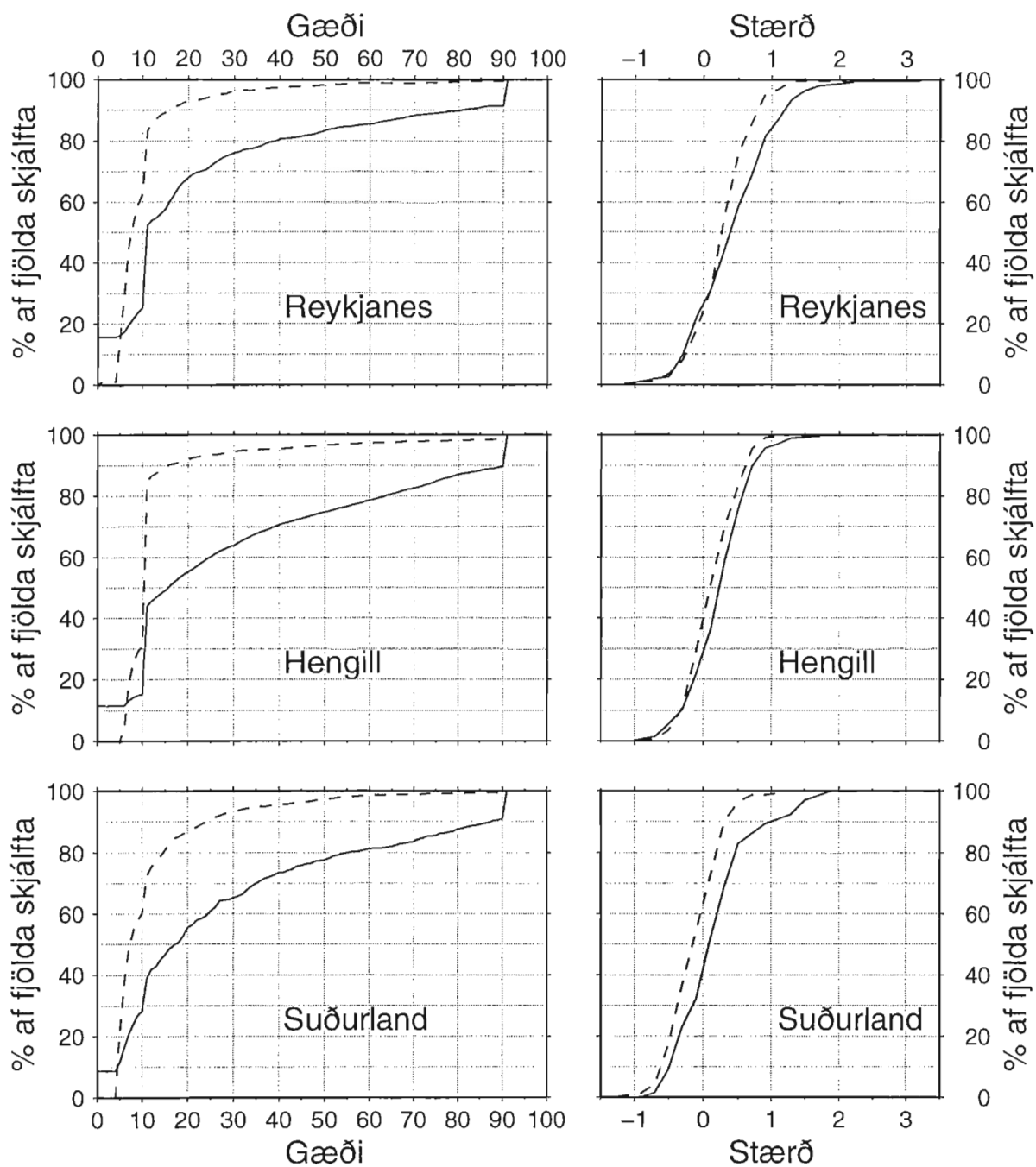
Myndir 3–5 sýna niðurstöður athugana á gæðum skjálfta á svæðunum 8 sem sýnd eru á mynd 2, auk landsins alls. Vinstri dálkurinn sýnir hlutfall af fjölda atburða sem fall af gæðum. Strikalínan er fjöldi ónotaðra færslna í `events.aut`, þ.e. atburða sem búnir voru til í sjálfvirku úrvinnslunni en hafnað í þeirri gagnvirku. Heildregna línan táknar fjölda raunverulegra skjálfta sem fall af gæðum þeirra. Flestum raunverulegu skjálftunum var gefin einkunn með því að finna samsvörun við atburði í `events.aut`, með aðferðinni sem lýst var í kafla 2.1. Ef slík samsvörun fannst ekki hlaut skjálftinn einkunnina 0.0 og var skilgreindur sem heimatilbúinn.

Hægri dálkurinn á myndum 3–5 sýnir athugun á stærðardreifingu heimatilbúnu skjálftanna (heildregna línan) og þeirra skjálfta sem hlutu 9.99 eða lægra í einkunn. Mörkin  $q_{min} = 9.99$  voru valin vegna þess að ekki þótti ástæða til að krefjast hærri gæða í sjálfvirku úrvinnslunni. Þó má sjá á mynd 3 að ef skorið væri við  $q_{min} = 20$  mætti losna við 97% af öllu rusli en þá töpuðust líka um 56% allra skjálfta sem kerfið skráir með núgildandi stillingum. Tilgangurinn með myndunum í hægri dálkinum er að fá hugmynd um stærðardreifingu

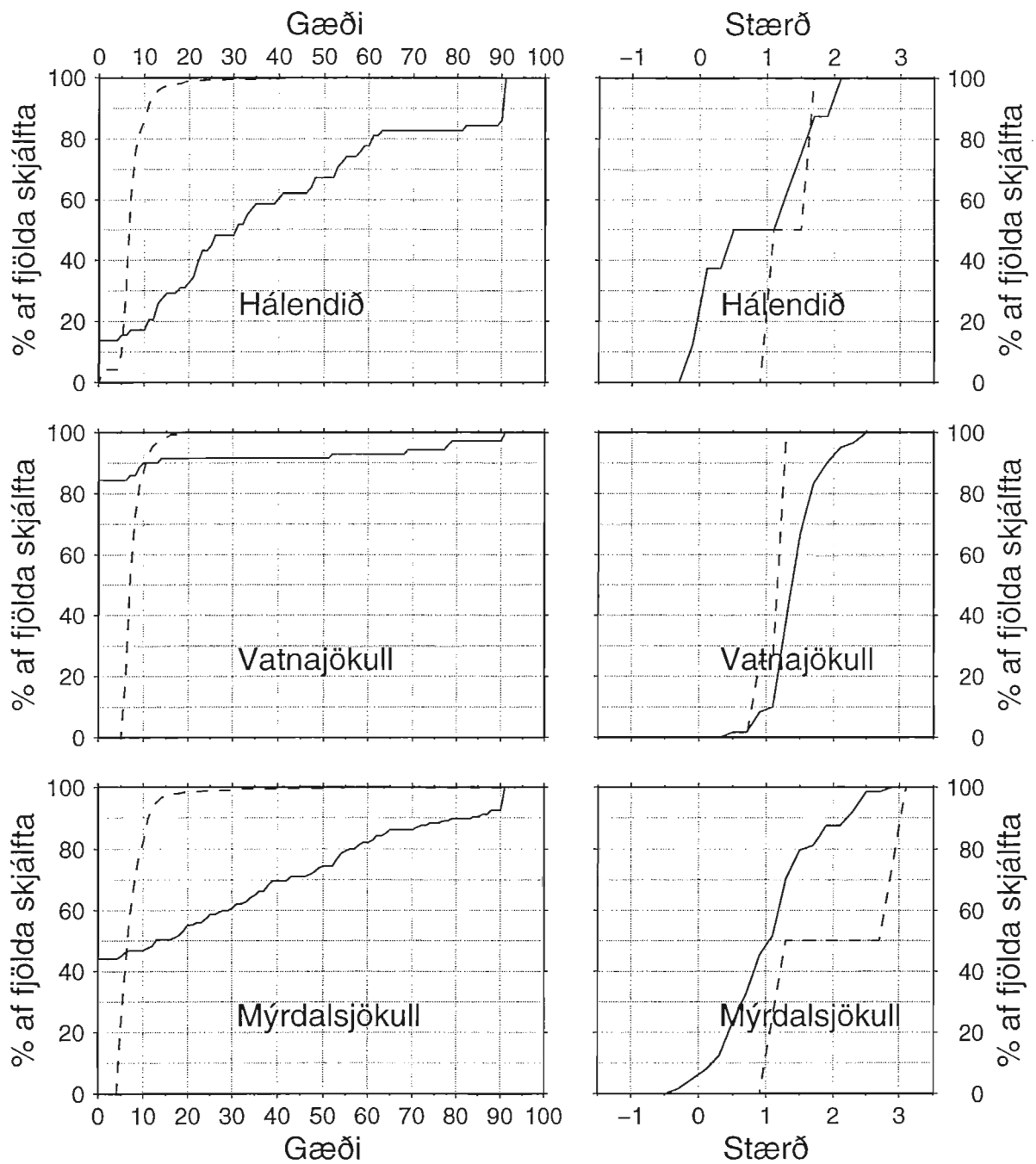


Mynd 3. Niðurstöður athugana á frammistöðu SIL kerfisins 1.8.1998–28.2.1999. Vinstri hlutinn sýnir hlutfallslegan fjölda atburða sem fall af gæðum þeirra. Strikalínan eru atburðir í events .aut sem ekki reyndust vera raunverulegir skjálftar (þ.e. rusl). Heildregna línan eru raunverulegir skjálftar sem gefin hefur verið einkunn með því að finna samsvarandi færslu í events .aut. Heimatilbúnir skjálftar fá gæði 0.0. Skurðpunktur heildregna ferilsins við y-ás gefur því hlutfall handefldra skjálfta af heildarfjöldanum. Myndin til hægri sýnir stærðardreifingu handefldra skjálfta (heildreginn ferill) og annarra skjálfta með gæði undir 10.0 (brotni ferillinn). Útmörk svæðanna eru sýnd á mynd 2.

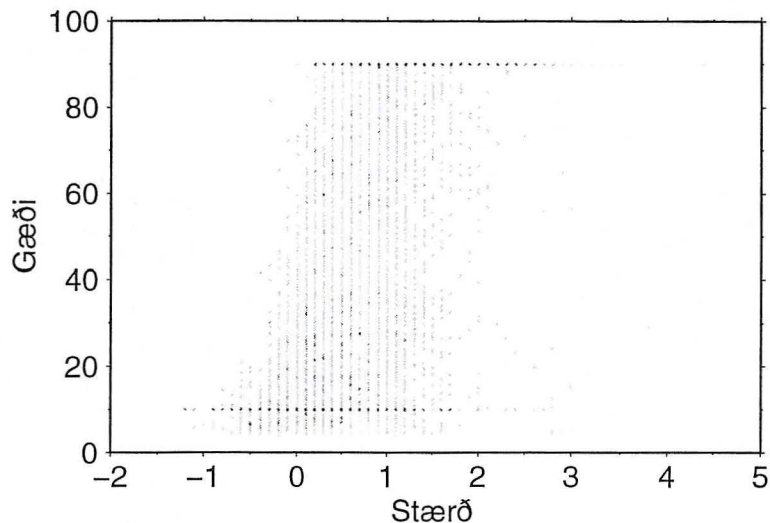




Mynd 4. Sama og mynd 3 fyrir Reykjanesskaga, Hengilssvæði og brotabelti Suðurlands. Útmörk svæðanna eru sýnd á mynd 2. Nánari umfjöllun er í textanum.



Mynd 5. Sama og mynd 3 fyrir hálandið kringum Langjökul og Hofsjökul, Vatnajökul og Mýrdalsjökul. Mynd 2 sýnir útmörk svæðanna. Nánari umfjöllun er í textanum.



Mynd 6. Gæðastuðull jarðskjálfta sem fall af stærð skjálftanna. Aðeins eru teknir með þeir skjálftar sem áttu sér samsvörun í `events.aut`. Handefldir skjálftar eru því ekki með á myndinni. Alls eru notuð gögn fyrir 9656 skjálfta. Dökku punktarnir tákna að þær samsetningar af gæðum og stærð hafa komið fyrir oftari en einu sinni í gagnasafninu.

skjálftanna sem tapast ef  $q_{min} = 9.99$ . Þar sést t.d. að stærð heimatilbúnu skjálftanna er á bilinu -1 til 3 en um 77% þeirra er undir 1. Jafnframt sést að um 94% skjálfta með gæði undir 10 eru minni en 1 að stærð. Á Hengilssvæðinu, í Suðurlandsbrotabeltinu og á Faxaflóa eru 99–100% skjálfta með gæði undir 10 smærri en 1.

Af myndum 3–5 er augljóst að mikill munur er á hæfni kerfisins til að greina raunverulega skjálfta frá rusli eftir því hvar upptökin eru. Það kann því að svara kostnaði að eyða einhverjum tíma í að finna svæðaskiptingu sem best hentar til að skilja milli skjálfta og rusls út frá gæðastuðli atburðanna.

Ekki er auðvelt að sjá fyrir áhrif þess að setja  $q_{min} = 9.99$  á fjölda heimatilbúinna skjálfta. Hinir stærri þeirra koma fram á óróaritinu og eru gögnin sótt samkvæmt því. Flestir hinna smærri eru vísast fundnir þegar farið er í gegnum ruslið sem svo óspart er sótt á sumum svæðum. Þorri þeirra mun því glatast ef ekki eru sótt bylgjugögn fyrir atburði með  $q < 9.99$ .

Stóra hrinan í Ölfusi í nóvember 1998 var ekki tekin með í þessari athugun vegna þess að úrvinnslu hennar er ekki að fullu lokið. Hins vegar var tekin með hrina nærri Fagradalsfjalli í ágúst 1998. Þá skráði kerfið um 950 skjálfta dagana 18. og 19. ágúst. Um 16% skjálftanna í hrinunni eru heimatilbúnir, en það er svipað hlutfall og dagsdaglega á Reykjanesskaga (tafla 1). Hins vegar fjölgar fölskum atburðum ekki í takt við aukinn fjölda raunverulegra skjálfta. Hlutfall fjölda raunverulegra og falskra skjálfta ( $N_r/N_f$  í töflu 1) var um fjórum sinnum hærra þessa daga en að meðaltali á tímabilinu. Líkleg skýring á þessu er að aukin virkni minnki næmni kerfisins þar sem smæstu atburðirnir drukkna í bylgjulestum stærri skjálfta.

### 3.3 Samband gæða og stærðar skjálfta

Mynd 6 sýnir gæði jarðskjálfta sem fall af stærð þeirra. Aðeins voru notaðir raunverulegir skjálftar sem áttu sér samsvörun í `events.aut` og var gefin einkunn samkvæmt því. Vegna þess hve upplausnin er lítil bæði í stærð skjálftanna og gæðum eru sumir punktanna á mynd-

inni margendurteknir. Litur punktanna sýnir fjölda skjálfta með tiltekin gæði og stærð þannig að dökkur litur táknar algengar samsetningar af  $q$  og  $M$  en ljósir sjaldgæfar. Augljóslega eru gæði 10.0 (gæði hugsanlegra forskjálfta) og hámarksgæði (90.01) algengust. Samband rétttrar stærðar skjálfta og gæða hans í sjálfvirku úrvinnslunni er tiltölulega veikt. Skjálftar á bilinu 0–1.5 fá einkunn allt frá lágmarki (4–6 eftir svæðum) að hámarki. Þó er greinileg tilhneiging til þess að stórir skjálftar hafi há gæði og allur þorri skjálfta með  $M < 0$  hefur gæði undir 30.0.

### 3.4 Líklegur sparnaður ef $q_{min} = 9.99$

Fá má gróft mat á tímamann sem sparast við gagnvirka úrvinnslu skjálfta ef fækkað er þeim atburðum (raunverulegum og fölskum) sem kerfið skráir, með eftirfarandi leikfimi. Látum  $t_r$  tákna tímamann sem fer í að vinna úr „venjulegum” jarðskjálfta og  $t_f$  tímamann sem þarf til að afgreiða hvern falskan skjálfta. Fjöldi raunverulegra skjálfta er  $N_r$  og fjöldi falskra  $N_f$ . Ef fækkun skráðra atburða, raunverulegra og falskra, er táknuð með  $a_r$  og  $a_f$ , þá er hlutfall tíma sem þarf í úrvinnslu eftir fækkun,  $T_2$ , og tíma sem þarf til að vinna úr gögnunum án fækkunar,  $T_1$ , gefið með:

$$\begin{aligned} \frac{T_2}{T_1} &= \frac{(1 - a_r)N_r t_r + (1 - a_f)N_f t_f}{N_r t_r + N_f t_f} \\ &= \frac{b_r N_r t_r + b_f N_f t_f}{N_r t_r + N_f t_f} \end{aligned} \quad (1)$$

þar sem  $b_r = 1 - a_r$  og  $b_f = 1 - a_f$ . Ef gert er ráð fyrir að  $t_r = 3t_f$ , þ.e. að það taki þrisvar sinnum lengri tíma að vinna úr alvöru jarðskjálfta en fölskum, fæst:

$$\begin{aligned} \frac{T_2}{T_1} &= \frac{3b_r N_r t_f + b_f N_f t_f}{3N_r t_f + N_f t_f} \\ &= \frac{3b_r N_r + b_f N_f}{3N_r + N_f} \\ &= \frac{3b_r r + b_f}{3r + 1} \end{aligned} \quad (2)$$

þar sem  $r = N_r/N_f$ . Í töflu 1 sést að  $r = 0.54$  fyrir allt gagnasafnið og af mynd 3 má lesa að ef  $q_{min} = 9.99$ , þá er  $a_r \sim 0.18$  og  $a_f \sim 0.74$ . Þar með verður  $b_r = 0.82$  og  $b_f = 0.26$ . Ef þessum tölum er stungið inn í jöfnu 2 fæst:

$$T_2 = 0.61T_1 \quad (3)$$

þ.e. ef aðeins er unnið úr þeim atburðum sem hljóta hærri einkunn en 9.99 í sjálfvirku úrvinnslunni má gera ráð fyrir að gagnvirka úrvinnslan taki rúmlega helming þess tíma sem nú er varið til hennar.

Lækkun kostnaðar vegna gagnaflutnings má áætla á svipaðan hátt. Látum  $d_r$  tákna gagnamagn sem sótt er fyrir meðalskjálfta og  $d_f$  gagnamagn fyrir dæmigerðan falskan atburð. Ef  $D_1$  er heildarmagn gagna sem sótt eru með núverandi stillingum kerfisins og  $D_2$  það sem sótt væri ef gerðar væru hærri gæðakröfur fæst:

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{b_r N_r d_r + b_f N_f d_f}{N_r d_r + N_f d_f} \quad (4)$$

Svæði	$r(N_r/N_f)$	$a_r$	$a_f$	$b_r$	$b_f$	$T_2/T_1$	$D_2/D_1$
Ísland	0.54	0.18	0.74	0.82	0.26	0.61	0.46
Tjörnes	0.37	0.26	0.84	0.74	0.16	0.47	0.32
Faxaflói	0.08	0.16	0.75	0.84	0.25	0.36	0.29
Reykjanes	1.39	0.25	0.62	0.75	0.38	0.68	0.60
Hengill	1.59	0.14	0.21	0.86	0.79	0.85	0.83
Suðurland	0.57	0.28	0.60	0.72	0.40	0.60	0.52
Hálendið	0.04	0.17	0.85	0.83	0.15	0.22	0.18
Vatnajökull	0.08	0.90	0.88	0.10	0.12	0.12	0.12
Mýrdalsjökull	0.17	0.48	0.86	0.52	0.14	0.27	0.20

Tafla 2. Áhrif þess að setja  $q_{min} = 9.99$  á nokkrum svæðum. Mörk svæðanna eru sýnd á mynd 2.  $r$  er hlutfall fjölda raunverulegra skjálfta og fjölda falskra atburða,  $a_r$  er hlutfallsleg fækkun raunverulegra skjálfta frá því sem nú er ef  $q_{min} = 9.99$ ,  $a_f$  er samsvarandi fækkun fyrir falska atburði,  $b_r = 1 - a_r$  og  $b_f = 1 - a_f$ .  $T_1$  er tíminn sem varið er í gagnvirka úrvinnslu með núverandi stillingum kerfisins og  $T_2$  er tími sem úrvinnslan tæki ef  $q_{min} = 9.99$ . Magn bylgjugagna sem sótt eru við núverandi aðstæður er  $D_1$  en ef krafist er gæða yfir 9.99 minnkar það niður í  $D_2$ . Fyrir heildargagnasafnið (Ísland í dálki 1) má því búast við að ef aðeins eru sótt gögn fyrir atburði með gæði yfir 9.99 minnki tíminn sem fer í gagnvirku úrvinnsluna um 40% ( $T_2/T_1 = 0.61$ ) og magn bylgjugagna sem sótt er um helming ( $D_2/D_1 = 0.49$ ).

Ef gert er ráð fyrir að  $d_f = d_r$ , þ.e. að jafn mikið sé sótt fyrir hvern falskan atburð og venjulegan skjálfta, fæst:

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{b_r r + b_f}{r + 1} \quad (5)$$

Ef stungið er inn tölum gefur jafna 5:

$$D_2 = 0.49 D_1 \quad (6)$$

Niðurstöðurnar eru teknar saman í töflu 2 fyrir svæðin átta og heildargagnasafnið. Hafa ber í huga að hér er aðeins um að ræða sparnað í flutningi bylgjugagna, fjöldi fasa- og óróatilkynninga er óháður  $q$ . Til að fækka fölskum fasatilkynningum þarf endurbætur á fasafinninum og á tækjabúnaði útstöðvanna. Gróflega áætlað er hlutur bylgjugagna um 99% af heildargögnunum sem send eru frá útstöðvum SIL kerfisins. Hluti kostnaðar vegna gagnaflutninganna er þó fastakostnaður sem ekki lækkar þótt gögnunum fækki.

## 4 SAMANTEKT, TILLÖGUR OG HUGLEIÐINGAR

Helstu atriði þessarar samantektar á frammistöðu SIL kerfisins á tímabilinu 1. ágúst 1998 til 28. febrúar 1999 eru:

- Skrifað var forritið **libq** til að yfirfæra gæðastuðul atburða úr sjálfvirku úrvinnslunni á raunverulega skjálfta í `events.lib`. Forritið athugar alla atburði í `events.aut` með upphafstíma innan  $\pm 5$  sekúndna frá upphafstíma skjálftans. Sá þeirra sem á flesta fasa sameiginlega með skjálftanum er talinn samsvara skjálftanum best og einkunn

hans er yfirferð á skjálftann. Ef fleiri en einn atburður innihalda jafnmarga fasa úr skjálftanum er valinn sá sem hefur hæst gæði. Ef engin færsla í `events` aut uppfyllir þessi skilyrði telst sjálfvirknin hafa misst af skjálftanum og hann er skilgreindur sem heimatilbúinn og honum gefin einkunnin 0.0.

- Athuguð voru átta svæði, auk heildargagnasafnsins, og gerð tölfræðileg úttekt á frammi-stöðu kerfisins við sjálfvirka úrvinnslu gagna úr hverju þeirra. Frammistaðan er ákaflega mismunandi eftir svæðum. Fyrir allt gagnasafnið er fjöldi raunverulegra jarð-skjálfta ríflega þriðjungur allra atburða sem kerfið staðsetur og sækir gögn fyrir.
- Ekki er einkvæmt samband milli réttar stærðar jarðskjálfta og gæða þeirra í sjálfvirku úrvinnslunni.
- Frammistaða kerfisins er síst verri í hrinum en þegar virkni er lítil.
- Með heppilegri svæðaskiptingu og vali á gæðaþröskuldum í sjálfvirku úrvinnslunni má að öllum líkindum helminga það magn bylgjugagna sem sótt er án þess að tapa meira en 10–15% raunverulegra skjálfta sem kerfið skráir nú. Fölskum atburðum ætti að fækka um 70–75% við þessar breytingar.

Til að draga úr rekstarkostnaði kerfisins án þess að tapa óhófllega mörgum raunverulegum skjálftum ætti að hækka sjálfgefna gæðaþröskuldinn  $q_{min}$  úr 5.5 í 9.99. Á nokkrum svæðum, t.d. í Suðurlandsbrotabeltinu og á Reykjaneskaga, ætti gæðaþröskuldurinn að vera lægri, líkt og nú er.

Áður en ný útgáfa af **anaaut** er tekin í notkun ætti að prófa forritið á eldri gögn til að fá samanburð við þá útgáfu sem fyrir er. Ef niðurstöðurnar gefa tilefni til væri rétt að breyta gæðakröfum og svæðaskiptingu til að lágmarka flutning á rusli frá stöðvunum. Þannig mætti hugsanlega spara mikla vinnu og draga úr gagnaflutningi eða koma í veg fyrir aukningu hans samfara breytingum á hugbúnaði.

Niðurstöðurnar sýna að auðveldlega má draga úr rekstarkostnaði SIL kerfisins með því að breyta stillingum þess. Til lengri tíma litið felst þó líklega mest hagræði í því að fækka fölskum fasatilkynningum og draga úr vinnu við að halda útstöðvunum gangandi. Endurbætur á fasafinni og tækjabúnaði útstöðvanna til að fækka fölskum fasatilkynningum skila sér beint í færri fölskum atburðum og þar með minni kostnaði við gagnaflutninga og vinnu við yfirferð gagnanna.

Það ætti að vera stefna okkar að sem mest af hugbúnaðarþróun kerfisins fari fram á Veðurstofunni eða í svo nánú samstarfi við starfsfólk hennar að við getum sjálf séð um minni háttar breytingar á úrvinnsluhugbúnaðinum. Einnig þyrfti að vanda meira til verka þegar breytingar eru gerðar á hugbúnaði kerfisins. Jafnvel mætti hugsa sér að reyna nýjar útgáfur forrita á eldri gögn áður en þær eru settar inn í hið reglubundna úrvinnsluferli. Enda þótt allar breytingar taki þá lengri tíma en ella er næsta víst að þeim tíma er vel varið og hann skilar sér fljótt í auknu rekstraröryggi kerfisins.

## 5 HEIMILDIR

- Reynir Böðvarsson, Sigurður Th. Rögnvaldsson, Steinunn S. Jakobsdóttir, R. Slunga og Ragnar Stefánsson 1996. The SIL data acquisition and monitoring system. *Seism. Res. Lett.* 67, 35–46.
- Sigurður Th. Rögnvaldsson 1996. Frammistaða SIL kerfisins 1.10.–24.10.1996. Veðurstofa Íslands, minnisblað.
- Sigurður Th. Rögnvaldsson 1997. The performance of the SIL system January-July 1997. *Smárit Veðurstofu Íslands JA-SThR-1997-03*. Veðurstofa Íslands, Reykjavík.
- Sigurður Th. Rögnvaldsson, Þóra Árnadóttir, Kristján Ágústsson, Þórunn Skaftadóttir, Gunnar B. Guðmundsson, Grímur Björnsson, Kristín S. Vogfjörð, Ragnar Stefánsson, Reynir Böðvarsson, R. Slunga, Steinunn S. Jakobsdóttir, Einar Kjartansson, Bergþóra Þorbjarnardóttir, Pálmi Erlendsson, Bergur H. Bergsson, Sturla Ragnarsson, Páll Halldórsson, Barði Þorkelsson og Margrét Ásgeirsdóttir 1998. Skjálftahrina í Ölfusi í nóvember 1998. *Greinargerð Veðurstofu Íslands VÍ-G98046-JA09*. Veðurstofa Íslands, Reykjavík.