

Tillaga til þingsályktunar

um úttekt á ástandi eigna á jarðskjálftasvæðum.

Flm.: Margrét Frímansdóttir, Lúðvík Bergvinsson, Sigríður Jóhannesdóttir,
Ólafur Örn Haraldsson, Drífa Hjartardóttir, Ísólfur Gylfi Pálmason,
Magnús Stefánsson, Kjartan Ólafsson.

Alþingi ályktar að fela ríkisstjórninni að láta fara fram rannsókn og úttekt á ástandi eigna á öllum helstu jarðskjálftasvæðum á Íslandi. Rannsóknin fari fram á næstu tíu árum og markmið hennar verði að efla varnir og viðbúnað gegn jarðskjálftum þar sem megináhersla verði lögð á að fyrirbyggja manntjón og draga úr slysum, sem og að lágmarka skemmdir á byggingum, tæknikerfum og innanstokksmunum. Rannsóknarmiðstöð Háskóla Íslands í jarðskjálftaverkfræði á Selfossi hafi yfirumsjón með verkinu. Strax að lokinni úttekt á fyrsta svæði sem rannsakað verður skulu niðurstöður birtar og ákveðið hvernig staðið verði að því að bæta eða kaupa þær eignir sem teljast varhugaverðar með tilliti til mögulegs tjóns af völdum jarðskjálfta. Kostnaður við verkið greiðist úr ríkissjóði.

G r e i n a r g e r ð.

Þann 17. og 21. júní síðastliðið sumar urðu tveir öflugir jarðskjálftar á Suðurlandi með tilheyrandi eftirskjálftum. Fyrri jarðskjálftinn sem átti upptök sín í Holtum var um 6,6 á Richter, en sá síðari með upptök nálægt Hestfjalli var af stærðinni 6,5 á Richter.

Báðir þessir jarðskjálftar ollu töluverðu tjóni á íbúðarhúsnæði og öðrum mannvirkjum. Nú þegar hefur verið tilkynnt um 1.800 tjón. Tjón þessi eru að sjálfsögðu mismunandi mikil. Nokkur hús sem skemmdust mjög mikið hafa verið dæmd ónýt, en önnur sem einnig eru mikið skemmd hafa verið dæmd viðgerðarhæf. Þá var einnig um að ræða verulegt tjón á innbúi, vöru og framleiðslu fyrirtækja ásamt óbeinu tjóni sem ekki fellur beint undir tryggingar. Telja verður einstakt lán að ekki urðu umtalsverð slys á fólki í þessum öflugu jarðskjálftum.

Í flestum tilvikum voru það eldri hús og byggingar sem fóru illa, en einnig hús sem staðsett voru nálægt upptökum skjálftanna. Vegna fjarlægðar frá upptökum sluppu ýmsir stórir þéttbýliskjarnar á vestanverðu Suðurlandi við verulegar skemmdir á húsnæði. Öflugir jarðskjálftar hafa orðið á Suðurlandi á undanförunum árum þótt þeir næðu ekki sömu stærð og skjálftarnir í sumar. Sagan og staðfestar mælingar sýna að jarðskjálftar geta orðið enn stærri en þeir sem urðu í júní sl. og verulegar líkur eru taldar á því að þessari skjálftahrinu á Suðurlandi sé ekki lokið. Búast má við stórum skjálfta í Flóa eða Ölfusi innan skamms tíma og þá við eða nálægt stórum þéttbýlissvæðum.

Suðurland er ekki eina virka jarðskjálftasvæðið. Nægir að minna á Norðurland þar sem stórir skjálftar gætu ógnað byggð á stórum svæðum.

Prentað upp.

Það er eðlilegt í kjölfar þeirra jarðskjálfta sem urðu í sumar og þeirra jarðskjálfta sem þekktir eru að menn leiði hugann að því hvernig efla má varnir og viðbúnað gegn jarðskjálftum.

Tillaga þessi gerir ráð fyrir að gerð verði heildarúttekt á mannvirkjum á öllum þekktum jarðskjálftasvæðum á landinu þar sem búast má við stökum jarðskjálftum, með það að markmiði að niðurstöður slíkrar úttektar yrðu nýttar til þess að fyrirbyggja manntjón, draga úr slysum og lágmarka skemmdir á byggingum, innanstokksmunum og tæknikerfum. Tillagan gerir ráð fyrir að Rannsóknarmiðstöð Háskóla Íslands í jarðskjálftaverkfræði á Selfossi hafi yfirumsjón með verkefninu og að kostnaður vegna þess verði greiddur úr ríkissjóði. Í framhaldi af þessari vinnu verði einnig tekin ákvörðun um hvernig staðið verði að því að kaupa eða bæta þær eignir sem teljast varhugaverðar með tilliti til tjóns af völdum jarðskjálfta.

Mikil vinna hefur verið lögð í að meta það tjón sem varð í jarðskjálftunum 17. og 21. júní sl. og er sú vinna vel á veg komin. Þar er um að ræða mat á tjóni í samræmi við þau lög og reglugerðir sem gilda um Viðlagatryggingu Íslands. Í þessari vinnu hefur berlega komið í ljós að nauðsynlegt er fyrir Alþingi að taka til endurskoðunar lög um Viðlagatryggingu og aðra löggjöf sem málið varðar og einnig þær viðmiðanir sem hafðar eru að leiðarljósi, svo sem gildandi brunabótamat sem reynst hefur mjög ótryggur grunnur til að byggja matsniðurstöður á. Þá er langt í frá að Viðlagatryggingu Íslands sé ætlað að standa undir öllu því tjóni sem varð og því má reikna með að enn sé um óleystan vanda að ræða hjá mörgum þeim sem urðu fyrir tjóni í Suðurlandsskjálftunum. Þann vanda þarf að leysa og einnig að koma til móts við þau sveitarfélög þar sem tjónin urðu hvað mest. Þau hafa óhjákvæmilega borið mikinn kostnað vegna þessara náttúruhamfara. Margir urðu fyrir óbætanlegu tjóni, en það er mjög mikilvægt að allir þeir aðilar sem urðu fyrir fjárhagslegu tjóni fái það bætt með þeim hætti að enginn verði verr settur fjárhagslega en fyrir skjálftana.

Það má draga mikinn lærdóm af jarðskjálftunum sem urðu í sumar og þegar hefur Rannsóknarmiðstöð Háskóla Íslands í jarðskjálftaverkfræði á Selfossi tekið saman skýrslu um skjálftana og afleiðingar þeirra. Einnig býr mikil vitneskja hjá sveitarfélögum, matsmönnum Rauða krossins, Slysavarnafélaginu Landsbjörg og fleiri aðilum. Þessari vitneskju þarf að sjálfsgöðu að safna saman.

Mjög mismunandi er hvernig húsum og innbúi reiddi af í jarðskjálftunum. Nokkur hús skemmdust mikið og hafa verið dæmd ónýtt, önnur hús í næsta nágrenni við mesta skjálftasvæðið virðast vera lítið sem ekkert skemmd. Sama máli gegnir um innbúi í húsum; víða varð stórtjón en á öðrum stöðum var komið í veg fyrir verulegt tjón með fyrirbyggjandi ráðstöfunum. Þessi lýsing á við þekkt tjón en einnig má reikna með að í nokkrum tilvikum sé líklegt að skemmdir hafi orðið á innviðum húsa án þess að þær hafi enn komið í ljós eða að mannvirki eigi eftir að skemmast vegna ýmiss konar röskunar sem varð í skjálftunum. Sem dæmi má nefna að vítað er að víða varð sig á jarðvegi við hús og líkur eru á að einnig geti hafa orðið sig á fyllingum undir gólfplötum og jafnvel undir sökklum húsa. Við slíkar aðstæður verða gjarnan skemmdir á lögnum undir húsum og við þau, auk þess sem sökklar og gólfplötur geta farið að síga og brotna á næstu mánuðum eða árum. Í timburhúsum gætu þéttingar hafa rofnað þannig að þau verði óþétt í vindi og kaldari, eða að raki fari að safnast í grindur og húsin að fúna. Nauðsynlegt er að ganga úr skugga um hvort slíkar duldar skemmdir hafa orðið, bæði til að unnt verði að gera við húsin ef þess er kostur og einnig til að eyða röngum grunsemdum ef ekkert er að.

Mikilvægt er að á næstu árum verði unnið rétt og skipulega að undirbúningi jarðskjálftavarna. Liður í því er að nýta þá vitneskju sem fékkst í sumar um eðli og afleiðingar jarðskjálfta. Þar verður að forðast allar öfgar og má hvorki stinga höfðinu í sandinn og vona að nú sé þetta búíð í bili og ekkert þurfi að gera né ganga of langt í varkárni og öryggiskröfum. Jarðskjálftar á Íslandi eru staðreynd sem nauðsynlegt er að búa sig undir af skynsemi og af varkárni. Til þess þarf að draga almennan lærdóm af nýliðnum skjálftum og koma þeim upplýsingum á skipulegan hátt til almennings. Þar sem enn eru taldar verulegar líkur á að stórir jarðskjálftar verði innan tíðar á Suðurlandi þarf að hefjast handa strax.

Gera þarf með skipulegum hætti úttekt á því svæði þar sem skjálftarnir urðu í sumar og nýta þá þekkingu til forvarna. Þá þarf einnig að gera úttekt á öllum byggingum á Suðurlandi þar sem búast má við að stórir skjálftar verði þannig að hægt verði að grípa til ráðstafana sem mögulegar eru til að lágmarka það tjón sem kann að verða.

Í framhaldi þarf síðan að fara í skipulega úttekt á öllum þekktum jarðskjálftasvæðum á landinu og gera áhættugreiningu. Á grundvelli slíkrar áhættugreiningar mætti síðan flokka byggingar í áhættuflokka.

Þær upplýsingar væri síðan hægt að nota til að forgangsraða endurnýjun eða endurbótum á byggingum, setja fram hönnunarreglu og leiðbeiningar um forvarnir. Í þessari könnun verði sérstök áhersla lögð á t.d. íbúðarhúsnæði, skóla, leikskóla, sjúkrahús, dvalarheimili og annað húsnæði sem daglega hýsir margt fólk.

Af fenginni reynslu er augljóst að á þekktum jarðskjálftasvæðum er húsnæði sem þarf að afskrifa eða styrkja. Slíkt hefur að sjálfsögðu í för með sér kostnað sem ekki er hægt að velta alfarið yfir á eigendur þess.

Eðlilegt er að strax að lokinni ítarlegri úttekt á fyrsta hluta þess landsvæðis sem gerð yrði úttekt á verði ákveðið hver beri kostnað af niðurrifi eða endurbótum á hættulegu húsnæði. Þar má t.d. hugsanlega víkka hlutverk ofanflóðasjóðs og styrkja þannig að um verði að ræða sjóð vegna allra náttúruhamfara og hann eigi að bera kostnað af verkefnum eins og þessum.

Þá má nýta úttekt eins og þá sem tillagan gerir ráð fyrir til vinnu við leiðbeiningar um hvernig ganga þarf frá innanstokksmunum svo að öryggi íbúa sé sem best tryggt.

Þá er ekki síður mikilvægt að nota þá þekkingu sem fæst til að setja reglur hvað varðar hönnun bygginga.

Af framansögðu má ljóst vera að verkefnið sem tillaga þessi felur í sér er viðamikil og tímafrekt. Það krefst einnig sérþekkingar á mörgum sviðum, en þó ekki síst á sviði jarðskjálftaverkfræði. Slík sérfræðiþekking er til staðar í Rannsóknarmiðstöð Háskóla Íslands á Selfossi, en starfsmenn miðstöðvarinnar hafa sýnt og sannað hæfni sína við að takast á við verkefni eins og þau sem hér um ræðir og nægir í þeim efnum að benda á þær skýrslur sem frá Rannsóknarmiðstöðinni hafa komið. Markmið Rannsóknarmiðstöðvarinnar er að sinna rannsóknum, þróunarverkefnum og ráðgjöf á sviði jarðskjálftaverkfræði og skyldra greina.

Með því að fela Rannsóknarmiðstöðinni leiðandi hlutverk í þeim verkefnum sem tillagan gerir ráð fyrir mun verða stigið stórt skref til að efla varnir og viðbúnað gegn jarðskjálftum og til að bæta öryggi íbúa landsins.

Fylgiskjal I.

Ragnar Sigbjörnsson:

Rannsóknarmiðstöð í jarðskjálftaverkfræði. (3. október 2000.)

Inngangur.

Jarðskjálftaverkfræði (*earthquake engineering*) er ört vaxandi fræðigrein. Meginástæðu þess má rekja til þess tjóns sem jarðskjálftar valda á ári hverju um heim allan svo og viðleitni manna til þess að draga úr því. Þrátt fyrir síauknar rannsóknir á alþjóðavettvangi virðist enn nokkuð langt í land með að ásættanlegur árangur hafi náðst varðandi skilning á eðli og eiginleikum jarðskjálfta og áhrifum þeirra. Árlega er þó varið miklum fjármunum til rannsókna á sviði jarðskjálftaverkfræði í helstu jarðskjálftalöndum heims.

Rannsóknir á sviði jarðeðlisfræði, hér með talin jarðskjálftafræði (*seismology*), hafa verið stundaðar hérlendis um langt árabíl og ber rannsóknir á Raunvísindastofnun Háskólans þar hæst, svo og mælingar Veðurstofu Íslands hin síðari ár. Í jarðskjálftafræðinni er aflað upplýsinga um innri gerð jarðarinnar og eðli jarðskjálfta með túlkun og greiningu jarðskjálftarita.¹ Jarðskjálftaverkfræði fjallar hins vegar um eðli og áhrif jarðskjálfta á mannlegt samfélag í víðum skilningi. Í grófum dráttum má skipta áhrifunum í þrennt:

- *félagsleg áhrif* (social effects),
- *eðlislæg áhrif* (physical effects) og
- *efnahagsleg áhrif* (economical effects).

Enn fremur er venja að skipta hverjum þessara þátta í tvennt, þ.e. *bein áhrif*, sem eru samfara því að jarðskjálftar ríða yfir, og *afleidd áhrif*, sem fylgja í kjölfar þeirra. Einfaldað yfirlit yfir þessa áhrifaþætti er sett fram í töflu 1. Hversu mikil og varanleg áhrifin á samfélagið verða tengist því hversu *auðsært* (vulnerable) samfélagið er og hversu vel eða illa það er búið undir að mæta afleiðingum jarðskjálfta. Í þessu sambandi vegur þungt skipulag, hönnun og rekstur mannvirkja og tæknikerfa á jarðskjálftasvæðum, áhættugreining og áhættustjórnun. Rannsóknunum á þessu fræðasviði hefur hins vegar lítið verið sinnt hérlendis ef undan eru skildar þær rannsóknir sem stundaðar hafa verið við verkfræðideild Háskóla Íslands og nú hin síðari ár á Verkfræðistofnun Háskóla Íslands, Aflfræðistofnu. Sú starfsemi hefur nú verið flutt í Rannsóknarmiðstöð í jarðskjálftaverkfræði á Selfossi. Hornsteinn þessara rannsókna eru mælingar Rannsóknarmiðstöðvarinnar á hröðun yfirborðs jarðar og hreyfingum mannvirkja í jarðskjálftum. Þessar mælingar eru einu mælingar af þessari tegund hérlendis. Meðal mannvirkja má nefna byggingar, brýr og orkuver.

Á seinni árum hefur verið lögð mikil áhersla erlendis á söfnun upplýsinga um hreyfingar yfirborðs jarðar í stórum jarðskjálftum. Mælingar á hröðun hafa að sjálfsögðu sérstaka þýðingu fyrir hvers konar verkfræðilegar þarfir. Slíkar upplýsingar eru núorðið geymdar í gagnabönkum þar sem þær eru aðgengilegar fyrir notendur. Mælingar Rannsóknarmiðstöðvarinnar

¹ Aki & Richards: *Quantitative Seismology – Theory and Methods*, Freeman and Co., San Fransico, 1980.

eru hluti slíks gagnabanka sem er *Database of European Strong Ground-Motion Recordings*.²

Tafla 1. Einfaldað yfirlit yfir helstu áhrif jarðskjálfta.

	Félagsleg áhrif	Eðlislæg áhrif	Efnahagsleg áhrif
Bein áhrif	<ul style="list-style-type: none"> dauðsföll meiðsl tekjutap, glötuð atvinnutækifæri fólk verður heimilislaut 	<ul style="list-style-type: none"> skemmdir á landi og undirstöðum mannvirkja skemmdir og hrun burðarvirkja bygginga og kerfa skemmdir á búnaði bygginga og kerfa 	<ul style="list-style-type: none"> truflun viðskipta vegna skemmdra bygginga og þjónustukerfa tap virks vinnuafls vegna dauðsfalla, meiðsla og hjálparstarfs fjárútlát vegna viðbragða og hjálparstarfs
Afleidd áhrif	<ul style="list-style-type: none"> sjúkdómar og varanleg örorka sálræn áhrif vegna meiðsla, ástvinamissis og losts röskun félagslegra tengsla vegna samfélagslegrar upplausnar stjórnmalalegur óróleiki þar sem viðbrögð yfirvalda eru talin vera ófullnægjandi 	<ul style="list-style-type: none"> stigvaxandi skemmdir laskaðra bygginga og kerfa sem ekki er gert við á fullnægjandi hátt 	<ul style="list-style-type: none"> skaði sem lendir á tryggingafélögum veikir tryggingamarkaðinn og hækkar iðgjöld tap markaða og viðskiptamöguleika vegna skammtíma viðskiptatruflana fjárútlát vegna viðgerða, endurhæfingar, læknishjálpar og félagslegrar aðstoðar

Markmið þeirra rannsókna á sviði jarðskjálftaverkfræði sem stundaðar eru á vegum Rannsóknarmiðstöðvar í jarðskjálftaverkfræði er öflun nýrrar þekkingar til þess að auka skilning á eðli jarðskjálfta og áhrifum þeirra á byggingar og tæknikerfi, svo og íslenskt samfélag. Markmiðið er öðru fremur að bæta verkfræðilegar hönnunarforsendur mannvirkja héraendis og að skapa raunhæfan grundvöll fyrir áhættugreiningu og áhættustjórnun. Til þess að ná þessu markmiði er unnið kerfisbundið að því að þróa tölvulíkön sem lýsa áhrifum jarðskjálfta á mannvirki og samræmast niðurstöðum áður nefndra mælinga. Síðast en ekki síst er rétt að undirstrika þýðingu þessara rannsókna sem grundvöll bættrar verkfræðikennslu við Háskóla Íslands.

² N. N. Ambraseys: EAEE Working Group on Strong Motion Records and Data Analysis, *The Bulletin of the European Association for Earthquake Engineering*, Vol. 15, No. 2, 1996.

Þess ber að geta að þessar rannsóknir hafa vakið athygli erlendis og hafa leitt til aukins samstarfs við erlenda háskóla. Hérlendis hafa niðurstöður þessara rannsókna einkum verið hagnýttar við hönnun stærri mannvirkja og við varnir og viðbúnað gegn jarðskjálftum.

Yfirlit yfir helstu rannsóknir.

Eins og áður er vikið að hafa rannsóknir á sviði jarðskjálftaverkfræði verið stundaðar á Aflfræðistofu Verkfræðistofnunar Háskóla Íslands um árabíl. Nú hefur þessi rannsóknarstarfsemi verið flutt á Selfoss í Rannsóknarmiðstöð í jarðskjálftaverkfræði. Þýðing þess að staðsetja miðstöð slíkra rannsókna í bæ á virku jarðskjálftasvæði er ótvíræð. Gerð hefur verið grein fyrir framvindu þessara rannsókna í tímaritsgreinum og bókum sem birst hafa reglulega hin síðari ár (sjá ritaskrá á heimasíðu³). Yfirlit yfir helstu viðfangsefni er að finna í greininni *An overview on strong motion research in Iceland*.⁴ Til þess að gera rannsóknirnar markvissari var sett fram aukin og endurbætt rannsóknaráætlun fyrir tímabilið 1998–2000. Unnið hefur verið eftir þessari áætlun og framvinda verið ásættanleg. Þessi áætlun fylgir hér á eftir í styttri útgáfu. Hún skiptist í þrjú meginhluta:

- *Gagnaöflun*. – Lögd er áhersla á mælingar á hreyfingum (svörun) jarðar og mannvirkja í jarðskjálftum, enn fremur úrvinnslu og túlkun mælinganna sem og þróun og endurbætur á sviði mælitækni.
- *Líkanagerð og greining óvissu*. – Lögd er áhersla á gerð stærðfræðilegra líkana sem lýsa eðli og eiginleikum jarðskjálfta og áhrifum þeirra á mannvirki og tæknikerfi. Líkanagerðin byggist á áður nefndum mælingum Rannsóknarmiðstöðvarinnar og mælingum erlendis frá sem notaðar eru til samanburðar. Greining óvissu fær sífellt aukið vægi þar sem fyrri rannsóknir hafa leitt í ljós að óvissu verður ekki eytt þrátt fyrir bætt gögn og betri stærðfræðilíkon. Unnið er að þróun aðferða sem gera það mögulegt að taka tillit til óvissunnar á raunhæfan hátt og meta áreiðanleika og öryggi mannvirkja og tæknikerfa á jarðskjálftasvæðum.
- *Áhættugreining, hönnun og forvarnir*. – Lögd er áhersla á að hagnýta þær niðurstöður sem hinn fræðilegi hluti gefur af sér til þess að þróa nýjar aðferðir sem miða að því að bæta hönnun mannvirkja og tæknikerfa, styrkja og treysta þau mannvirki sem þegar hafa verið byggð eftir því sem við á og síðast en ekki síst efla varnir og viðbúnað sem grundvallaður er á áhættugreiningu.

Hér á eftir er áætlunin sett fram í meginatriðum þannig að hægt er að sjá hverjir helstu verkþættirnir eru. Enn fremur fylgja stuttar útskýringar á því sem felst í hverjum þessara þátta.

Eðli og áhrif jarðskjálfta – rannsóknaráætlun 1998–2000.

1. Gagnaöflun.

- 1.1 *Mælingar*. – Eins og áður er vikið að eru mælingar á yfirborðshröðun svo og hreyfingum mannvirkja í „stórum“ jarðskjálftum hornsteinn jarðskjálftaverkfræðirannsókna. Á rannsóknartímabilinu hafa þessar mælingar verið eflar. Einnig er reynt að efla mælingar sem snúa að öflun gagna til kerfisgreiningar mannvirkja svo og könnun á

³ <http://www.afl.hi.is>.

⁴ Ragnar Sigbjörnsson, Gunnar I. Baldvinsson, Símon Ólafsson, Óðinn Þórarinnsson, Bjarni Bessason: An overview on strong motion research in Iceland, *Polytechnica – Earthquake Engineering*, **1**, 1998.

staðbundnum áhrifum jarðskjálfta.⁵

- 1.2 *Rekstur mælakerfa*. – Þessi verkþáttur skiptast í tvennt: (a) Rekstur landsnets (mælakerfis sem spannar helstu jarðskjálftasvæði Íslands og er einkum lögð áhersla á þéttbýlissvæði og þýðingarmikil mannvirki), sem er langtímaverkefni, og (b) rekstur staðbundinna mælinga, sem er skammtímaverkefni.
 - 1.3 *Endurnýjun og þróun*. – Nauðsynlegt er að standa vel að endurnýjun og þróun þeirra mælakerfa sem Rannsóknarmiðstöðin rekur og á það bæði við um nema, vélbúnað og hugbúnað. Aukin áhersla er lögð á sjálfvirkni og hugbúnaðargerð, ásamt endurnýjun á eldri vélbúnaði.
 - 1.4 *Söguleg gögn*. – Aukin áhersla er lögð á úrvinnslu gagna um sögulega jarðskjálfta og þá sérstaklega til að meta það tjón sem þeir hafa valdið. Sérstök áhersla hefur verið lögð á mælda jarðskjálfta á tímabilinu 1896–1995.⁶
 - 1.5 *Úrvinnsla gagna*. – Unnið er úr nýjum mælingum ásamt því að úrvinnsla eldri mælinga er endurskoðuð eftir því sem nauðsyn krefur. Við úrvinnslu nýrra gagna er reynt að auka alla sjálfvirkni þannig að upplýsingar um jarðskjálfta liggja fyrir sem fyrst. Brynt er að samræma mat á stærð jarðskjálfta og er því verki nú að mestu lokið.⁷
 - 1.6 *Gagnasafnskerfi*. – Lögð verður aukin áhersla á að bæta og þróa gagnasafnskerfi Rannsóknarmiðstöðvarinnar fyrir hvers konar jarðskjálftagögn.
 - 1.7 *Miðlun og alþjóðleg samskipti*. – Rannsóknarmiðstöðin tekur virkan þátt í alþjóðlegu samstarfi um miðlun og úrvinnslu gagna.⁸
- 2. Líkanagerð og greining óvissu.**
- 2.1 *Kerfisgreining*. – Áhersla er lögð á kerfisgreiningu (*system identification*) sem lið í líkanasmíði. Bæði er fjallað um burðarkerfi mannvirkja en einnig búnaði (*secondary systems*).⁹
 - 2.2 *Mat á kennistærðum*. – Nauðsynlegt er að skilgreina betur hvaða breytur er heppilegt að líta á sem grunnbreytur (*basic variables*) við líkanasmíði, ákvarða hvaða (líkindafræðilegu) eiginleikar tengjast þeim og hverjar eru kennistærðir þeirra.
 - 2.3 *Jarðskjálftalíkön*. – Sérstök áhersla er lögð á að ganga frá upptakalíkani (*source model*) fyrir íslenska jarðskjálfta.¹⁰
 - 2.4 *Greining staðbundinna áhrifa*. – Rannsókn sem lokið var á þessu ári leiddi í ljós að

⁵ Í jarðskjálftunum 17. og 21. júní 2000 náðust einstæðar mælingar sem nálega tvöfalda gögn um hröðun í jarðskjálftum hérlendis. Ekki er búið að vinna úr þessum gögnum enn þannig að fullnægjandi sé. Gerð hefur verið grein fyrir helstu niðurstöðum í skýrslu: Ragnar Sigbjörnsson o.fl.: *Jarðskjálftar á Suðurlandi 17. og 21. júní 2000*, Rannsóknarmiðstöð í jarðskjálftaverkfræði, Háskóli Íslands, skýrsla nr. 00001, Selfoss 2000.

⁶ N. Ambraseys, R. Sigbjörnsson: *Re-appraisal of the seismicity of Iceland*, Earthquake Engineering Research Centre, Selfoss 2000 (í prentun).

⁷ N. Ambraseys, R. Sigbjörnsson (sjá nmgr. 6).

⁸ Rannsóknarmiðstöðin er þátttakandi í Evrópuverkefni á þessu sviði. Samstarfsaðilar eru auk hennar Imperial College í London, Háskólinn í Trieste á Ítalíu og grísk stofnun í Þessaloníki sem hefur umsjón með hröðunarmælingum þar í landi. Af hálfu Rannsóknarmiðstöðvarinnar er rannsóknunum stjórnað af Ragnari Sigbjörnssyni.

⁹ Rannsóknarmiðstöðin er þátttakandi í Evrópuverkefni á þessu svið og er rannsóknunum stjórnað af Jónasi Þór Snæbjörnssyni.

¹⁰ Hér ber sérstaklega að nefna doktorsrit Símonar Ólafssonar, en þar er meðal annar fjallað um slík líkön og hagnýtingu þeirra: Símon Ólafsson: *Estimation of Earthquake-Induced Response*, (doktorsrit), Norwegian University of Science and Technology, Trondheim 1999. Sjá einnig: Símon Ólafsson, Ragnar Sigbjörnsson: A theoretical attenuation model for earthquake-induced ground motion, *Journal of Earthquake Engineering*, Vol. 3, No. 3, 1999.

- staðbundin áhrif móta svörun yfirborðs á afgerandi hátt á vissum stöðum. Nauðsynlegt er að efla rannsóknir á slíkum áhrifum þar sem um umtalsverða mögnun hreyfingar getur verið að ræða, jafnvel fyrir staði þar sem undirstaðan er flokkuð sem klöpp. Mælingar hafa einnig leitt í ljós að nálægt upptökum geta áhrif verið mun meiri en almennt er gert ráð fyrir.¹¹ Þetta kallar einnig á nánari rannsóknir og líkanasmíð.
- 2.5 *Mannvirkjalíkön*. – Nauðsynlegt er að vinna áfram að þróun stærðfræðilegra líkana fyrir byggingar og tæknikerfi. Áhersla er lögð á ólínuleg líkön svo og líkön sem lýst geta hrúni bygginga, enn fremur líkön sem lýsa samspili undirstöðu og mannvirkis.¹²
- 2.6 *Jarðskjálftasvörun*. – Áhersla er lögð á svörunarróf og aðferðir til þess að taka tillit til óvissu.
- 2.7 *Greining öryggis og áreiðanleika*. – Unnið er að þróun heildstæðrar aðferðar til þess að meta öryggi bygginga og tæknikerfa, þ.m.t. hvers konar húsbúnaður og innan-stokksmunir, á jarðskjálftasvæðum.
3. **Áhættugreining, hönnun og forvarnir.**
- 3.1 *Greining jarðskjálftavár*. – Unnið er að gerð vólíkans fyrir Ísland.
- 3.2 *Greining á skemmdum og þoli mannvirkja*. – Unnið er áfram að því að setja fram vísi-tölur til þess að meta skemmdarstig bygginga sem mælikvarða á nerti (*vulnerability*).¹³ Unnið verður frekar úr tiltækum gögnum.¹⁴
- 3.3 *Tjóna- og áhættumat*. – Settar verða fram hagnýtar leiðbeiningar um hvernig hægt er að framkvæma tjónamat. Unnið verður áfram að hugbúnaði til þess að gera áhættu- og tjónamat og stefnt að því að hann verði aðgengilegur verkfræðingum, almannavarna-fólki og öðrum þeim sem koma að jarðskjálftamálum.
- 3.4 *Hönnunaraðferðir*. – Settar verða fram hagnýtar leiðbeiningar fyrir hönnuði og skipu-lagsfræðinga.¹⁵
- 3.5 *Styrking mannvirkja og einangrun gegn jarðskjálftum*. – Settar verða fram hagnýtar ábendingar um hvernig hægt er að styrkja mannvirki á jarðskjálftasvæðum,¹⁶ enn fremur hvernig hægt er að auka þol mannvirkja með þar til gerðri „jarðskjálftaeinangrun“ (*seismic base isolation*).¹⁷
- 3.6 *Fræðsla og fyrirbyggjandi aðgerðir*. – Lögð er áhersla á kynningu og fræðslu um fyrirbyggjandi aðgerðir fyrir almannavarnafólk, sveitarstjórnarmenn, skipulagsfræð-inga, hönnuði og almenning.¹⁸

¹¹ Þetta var staðfest á mjög afgerandi hátt í jarðskjálftunum 17. og 21. júní 2000: Ragnar Sigbjörnsson o.fl.: *Jarðskjálftar á Suðurlandi 17. og 21. júní 2000*, Rannsóknarmiðstöð í jarðskjálftaverkfræði, Háskóli Íslands, skýrsla nr. 00001, Selfoss 2000.

¹² Reynolds frá jarðskjálftunum 17. og 21. júní 2000 sýnir ótvírætt að þetta er mjög brýnt verkefni. Rannsóknarmiðstöðin er aðili að Evrópuverkefni á þessu sviði sem miðar meðal annars að því að gera tilraunir í rannsóknarstofu.

¹³ Ragnar Sigbjörnsson, Sólveig Ragnarsdóttir: *Varnir og viðbúnaður gegn jarðskjálftum – Úrvinnsla gagna*, Verkfræðistofnun Háskóla Íslands, skýrsla nr. 99005, Reykjavík 1999.

¹⁴ Þau gögn sem aflað var í jarðskjálftunum 17. og 21. júní 2000 og í kjölfar þeirra skapa mikla möguleika á því að tengja saman skemmdarstig og mælda áraun á raunhæfari hátt en áður hefur verið mögulegt.

¹⁵ Reynolds frá jarðskjálftunum 17. og 21. júní 2000 sýnir ótvírætt að þetta er mjög brýnt verkefni.

¹⁶ Reynolds frá jarðskjálftunum 17. og 21. júní 2000 sýnir ótvírætt að þetta er mjög brýnt verkefni.

¹⁷ Fjallað er um þetta viðfangsefni í doktorsriti Bjarna Bessasonar. Þar er gerð ítarleg grein fyrir notkun slíkra aðferða til þess að auka þol brúa: Bjarni Bessason: *Assessment of earthquake loading and response of seismically isolated bridges*, (doktorsrit), The Norwegian Institute of Technology, Trondheim 1992.

¹⁸ Reynolds frá jarðskjálftunum 17. og 21. júní 2000 sýnir ótvírætt að þetta er mjög brýnt verkefni.

3.7 Viðbúnaður og viðbrögð. – Settar verða fram leiðbeiningar um viðbúnað og viðbrögð gegn jarðskjálftum.^{19,20}

Jarðskjálftar 17. og 21. júní 2000 – ný viðfangsefni.

Þann 17. og 21. júní 2000 urðu tveir miklir jarðskjálftar á Suðurlandi.²¹ Fyrri jarðskjálftinn átti upptök í Holtum og var af stærðinni 6,6 en síðari jarðskjálftinn var 6,5 að stærð og voru upptök hans nálægt Hestfjalli. Engin lést í jarðskjálftunum og fólk varð ekki fyrir umtalsverðum meiðslum nema í fáum tilvikum. Jarðskjálftarnir ollu hins vegar miklu andlegu álagi og áföllum hjá ungum sem öldruðum. Tjón á mannvirkjum var mikið þótt íbúðarhús hryndu ekki til grunna eða legðust saman. Þó fóru mörg hús illa og urðu óíbúðarhæf, einkum eldri byggingar og illa byggð hús sem voru nálægt upptökunum. Ljóst er að þessi hús eru nú verr búin en áður til þess að standast nýja jarðskjálfta. Sömuleiðis er ljóst að ef jarðskjálftarnir hefðu verið stærri eða staðið lengur yfir hefði mátt búast við því að mörg þessara húsa hefðu hrunið og skapað aukna hættu á manntjóni. Ýmsir stórir þéttbýliskjarnar á vestanverðu Suðurlandi sluppu þó býsna vel í þessum jarðskjálftum og þá fyrst og fremst vegna fjarlægðar frá upptökum þeirra. Mælingar sýna að jarðskjálftar á Suðurlandi geti orðið enn stærri en skjálftarnir í sumar. Jarðskjálftar geta einnig átt upptök vestar á Suðurlandsundirlendinu, nær ýmsum stórum þéttbýliskjörnum. Þá má benda á að þótt þessir jarðskjálftar hafi orðið á Suðurlandi má ekki gleyma því að annað virkt jarðskjálftasvæði er á Norðurlandi. Þar geta stórir jarðskjálftar ógnað byggð á stórum svæðum. Hér má nefna bæina Kópasker, Húsavík, Hvammstanga, Dalvík, Ólafsfjörð og jafnvel Sauðárkrók.

Í kjölfar slíkra hamfara er rétt að endurskoða rannsóknaráætlanir og huga að nýjum viðfangsefnum þar sem varnir og viðbúnaður gegn jarðskjálftum er hafður í fyrirrúmi. Hér er lagt til að eftirfarandi markmið verði höfð að leiðarljósi:

Að efla varnir og viðbúnaði gegn jarðskjálftum þar sem megináhersla er lögð á að fyrirbyggja manntjón, draga úr slysum og lágmarka skemmdir á byggingum, tæknikerfum og innanstokksmunum. Með þessu er stefnt að því að auka andlega vellíðan fólks á jarðskjálftasvæðum og bæta lífsgæði, þó þannig að þjóðhagsleg hagkvæmni sitji í fyrirrúmi.

Til að ná þessum markmiðum er nauðsynlegt að fram fari nákvæm greining á því tjóni sem varð í jarðskjálftunum nú í sumar. Jafnframt verði unnið nánar úr þeim einstæðu mælingum sem náðust á mælakerfi Rannsóknarmiðstöðvar Háskóla Íslands í jarðskjálftaverkfræði á Selfossi og mæld áhrif og tjón (skemmdarstig) tengd saman. Gerð verði áhættugreining sem nær til allra jarðskjálftasvæða landsins. A grundvelli hennar verða byggingar síðan flokkaðar á áhættuflokka. Þessar upplýsingar verða síðan nýttar til þess að forgangsraða endurnýjun bygginga og setja fram hönnunarreglur og leiðbeiningar til stjórnvalda og almennings. Leggja ber áherslu á íbúðarhúsnæði, skóla og dvalarheimili.

Reynslan af jarðskjálftunum í sumar sýnir að það eru eldri hús, ákveðnar byggingargerðir og illa byggð hús sem eru líklegust til þess að valda slysum og manntjóni á jarðskjálftasvæðum. Þá hefur einnig verið bent á að slíkar byggingar eru þjóðhagslega óhagkvæmar. Til þess

¹⁹ Reynsla frá jarðskjálftunum 17. og 21. júní 2000 sýnir ótvírætt að þetta er mjög brýnt verkefni.

²⁰ Ragnar Sigbjörnsson, Bjarni Bessason, Þorsteinn Ingi Sigfússon, Þórður Sigfússon: Earthquake risk mitigation in South Iceland, *Proceedings of the Eleventh European Conference on Earthquake Engineering*, Editors: P. Bisch, P. Labbé, A. Pecker, Balkema, Rotterdam, 1998. Í þessari grein er fjallað um SEISMIS-verkefnið og niðurstöður þess.

²¹ Ragnar Sigbjörnsson o.fl.: *Jarðskjálftar á Suðurlandi 17. og 21. júní 2000*, Rannsóknarmiðstöð í jarðskjálftaverkfræði, Háskóli Íslands, skýrsla nr. 00001, Selfoss 2000.

að bæta ástandið hvað þetta varðar þarf hugsanlega að farga eða afskrifa sum þessara húsa og styrkja önnur. Reynslan sýnir einnig að traustur frágangur innanstokksmuna er lykilatriði til að draga úr slysum og manntjóni. Þetta á einkum við um þær vistarverur þar sem fólk dvelur mest, t.d. svefnerbergi, sjónvarpskróka og borðkróka, svo og rými í skólum og á dvalarheimilum þar sem margir safnast saman. Í flestum tilfellum er hægt að ganga tryggilega frá innanstokksmunum án mikils tilkostnaðar. Hér skiptir mestu máli fræðsla og áróðursherferðir en einnig úttekt á húsnæði, t.d. úrtakskannanir. Myndrænar leiðbeiningar um frágang á innanstokksmunum eru gagnlegar í þessu sambandi. Slíkum leiðbeiningum er hagkvæmt að miðla með nýjustu upplýsinga- og tölvutækni. Mikilvægt er að allar nýbyggingar á jarðskjálftasvæðum séu hannaðar með tilliti til jarðskjálfta. Hægt er að bæta hönnun án þess að það hafi umtalsverð áhrif á byggingarkostnað. Jarðskjálftarnir í sumar gefa enn fremur ótvírætt tilefni til þess að endurskoða og bæta hönnunar- og álagsforsendur. Leggja ber áherslu á að miðla upplýsingum um hvernig æskilegt er að standa að frágangi og hönnun húsnæðis á jarðskjálftasvæðum þar sem nýtt er reynsla af jarðskjálftunum frá því í sumar, ásamt annarri reynslu af jarðskjálftum héraendis sem erlendis. Hönnunarleiðbeiningar fyrir mannvirki á jarðskjálftasvæðum samdar fyrir íslenskar aðstæður bæta úr brynni þörf. Í þessu tilviki er einnig hægt að beita nýjustu upplýsinga- og tölvutækni til þess að ná fram skilvirkri miðlun.

Ljóst er að hér er á ferðinni umfangsmikið viðfangsefni sem krefst sérþekkingar á sviði jarðskjálftaverkfræði. Slík sérfræðiþekking er til staðar á Rannsóknarmiðstöð Háskóla Íslands í jarðskjálftaverkfræði á Selfossi en starfsmenn miðstöðvarinnar hafa sýnt og sannað hæfni sína við að takast á við stór og flókin viðfangsefni á sviði verkfræði. Starfsmarkmið miðstöðvarinnar er að sinna rannsóknum, þróunarverkefnum og ráðgjöf á sviði jarðskjálftaverkfræði og skyldra greina. Með því að fela Rannsóknarmiðstöðinni leiðandi hlutverk við að sinna framangreindum verkefnum er stigið stórt skref til eflingar vörnum og viðbúnaði gegn jarðskjálftum sem bætir lífsgæði fólksins í byggðum landsins og eflir þjóðarhag.

Fylgiskjal II.

Bréf Samtaka sunnlenskra sveitarfélaga til ríkisstjórnar Íslands.

(Selfossi, 9. október 2000.)

Á fundi stjórnar Samtaka sunnlenskra sveitarfélaga, sem haldinn var 4. október sl., var eftirfarandi samþykkt gerð:

„Stjórn SASS skorar á stjórnvöld að fela Rannsóknarmiðstöð í jarðskjálftaverkfræði á Selfossi, á grundvelli greiningar á því tjóni sem varð í jarðskjálftunum í sumar, að gera áhættugreiningu sem nær til allra jarðskjálftasvæða landsins. A grundvelli hennar verði síðan svæði og byggingar flokkaðar í áhættuflokka. Þessar upplýsingar verði nýttar til þess að forgangsraða endurnýjun bygginga og setja fram hönnunarreglur og leiðbeiningar til stjórnar og almennings. Leggja ber áherslu á íbúðarhúsnæði, skóla og dvalarheimili. Jafnframt verði Rannsóknarmiðstöðinni falið að rannsaka eldri hús, ákveðnar byggingagerðir og illa byggð hús sem eru líkleg til að valda slysum og manntjóni á jarðskjálftasvæðum með það að markmiði að farga eða afskrifa sum þessara húsa og styrkja önnur.“

Á fundinum kom einnig fram sú eindregna skoðun að í kjölfar jarðskjálftanna þurfi að fara fram endurskoðun á ýmsum lögum og reglugerðum sem varða starfssvið Viðlagatryggingar og ofanflóðasjóðs með það að markmiði að útvíkka hlutverk þessara stofnana. Samþykktinni er hér með komið á framfæri.

Virðingarfyllst,
f.h. SASS

Þorvarður Hjaltason,
framkvæmdastjóri.