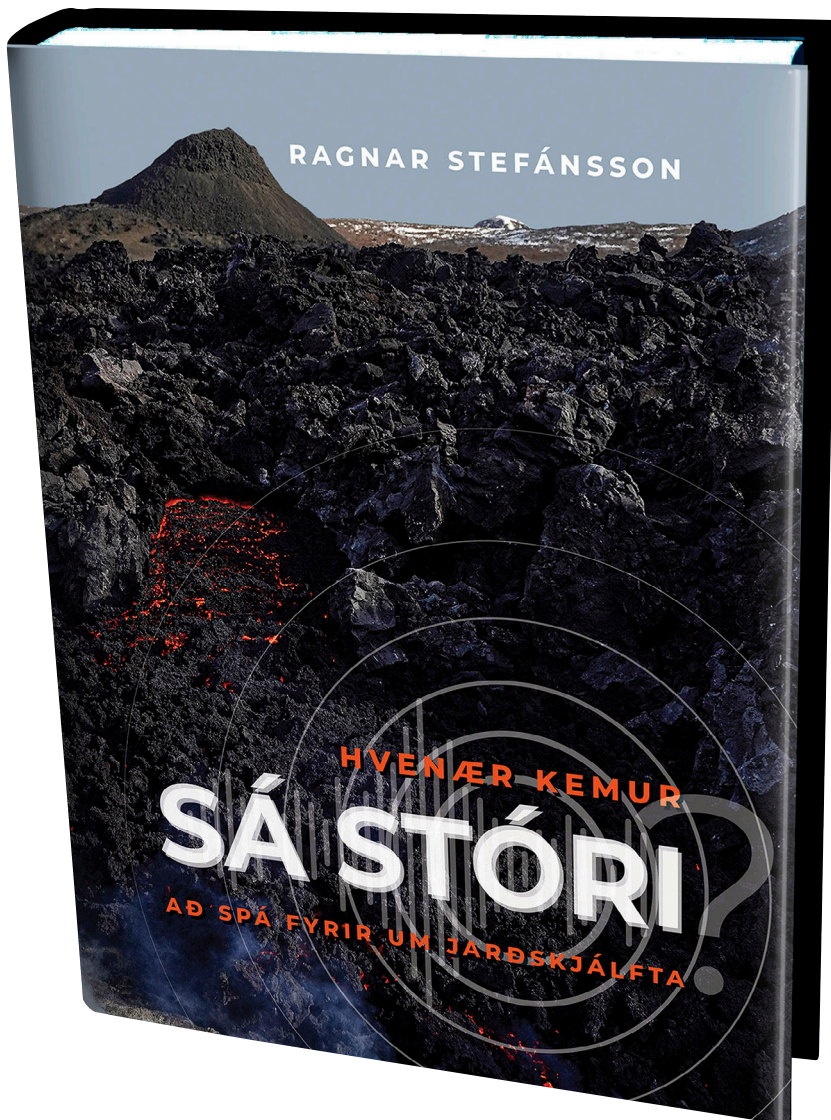


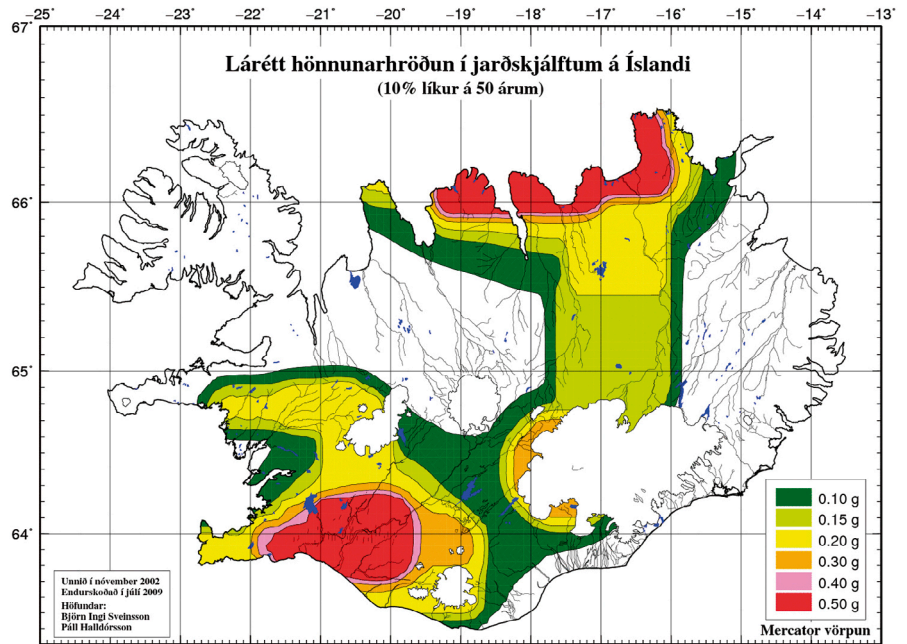
Hvenær kemur sá stóri?

– Glæsileg ný bók

ÞAÐ ER FENGUR AÐ BÓKINNI *Hvenær kemur sá stóri?* þar sem Ragnar Stefánsson jarðskjálftafræðingur fæst við mikilvægar spurningar um jarðskjálftaspár og jarðvár.^a



^a Ragnar Stefánsson 2022. *Hvenær kemur sá stóri? Að spá fyrir um jarðskjálfta*. Skrudda, Reykjavík. 220 bls.



MYND 1. Skipting Íslands í hönnunarhröðunarsvæði miðað við 500 ára meðalendurkomutíma.

1. mynd. Meginjarðskjálftasvæði Íslands. Kortið sýnir mestu áætlaða láréttu hröðun á Íslandi í jarðskjálftum á 500 árum. Mesta hröðun er sýnd sem hlutfall af þyngdarhröðun jarðar (g). Kortið er hluti af EUROCODE 8 staðlinum fyrir Ísland. Rauður litur táknar að á þeim svæðum getur lárétt hröðun berggrunnins í jarðskjálftum orðið 40% af g eða meiri. Þessar upplýsingar koma að mestu fram á kortinu sjálfu.

Í inngangi leggur höfundur áherslu á að í bókinni sé „ekki að finna svör við spurningum allra fróðleiksfúsra um málið“ og bendir í því sambandi á bók sína *Advances in Earthquake Prediction: Research and Risk Mitigation*, frá 2011 hjá Springer-forlaginu, og bókina *Náttúruvá á Íslandi* frá 2013 sem kom út hjá Viðlagatryggingu Íslands og Háskólaútgáfunni.

Til fyrirmyndar er að í texta bókarinnar leiðbeinir höfundur lesendum um heimildirnar og segir í hvaða heimildum má finna frekari upplýsingar um efnið sem hann er að fjalla um. Í heimildaskránni eru um 150 heimildir og er rúmlega helmingur þeirra yngri en frá 2000, sem væntanlega má túlka sem vaxandi grósku á þessu rannsóknasviði.

Bókin skiptist í meginatriðum í tvo hluta. *Fyrri hluti bókarinnar*, kaflar 1–12, byggist að talsverðu leyti á tveggja áratuga rannsóknum á Suðurlandsundirlöndinu. Að þeim komu vísindamenn af ýmsu þjóðerni, og miðuðust þær við að geta á gagnlegan hátt varað við jarðskjálftum og áhrifum þeirra. Kostur við þennan hluta bókarinnar er að kaflarnir eru stuttir og aðeins einn yfir 10 blaðsíðum.

Í byrjun er lýst þeirri hugsjón að geta spáð fyrir um jarðskjálfta og afstýrt slysum, og kemur fram að um 1980 hafi íslenskir jarðskjálftafræðingar farið að feta sig áfram á þeirri braut með nýrri nálgun að verkefninu.

Tekin eru dæmi um hvernig tókst að vara við stórum skjálfta í Haicheng í Kína árið 1975, sem jók bjartsýni um að hægt væri að spá fyrir um stóra skjálfta, en jafnframt er sagt frá skjálftanum í borginni Tangshan skammt frá, sem varð einu og hálfu ári síðar án viðvörunar. Einnig er fjallað um mistök í aðdraganda skjálftans á San Andreas-sprungukerfinu í Kaliforníu 2004, sem varð 16 árum seinna en spáð var.

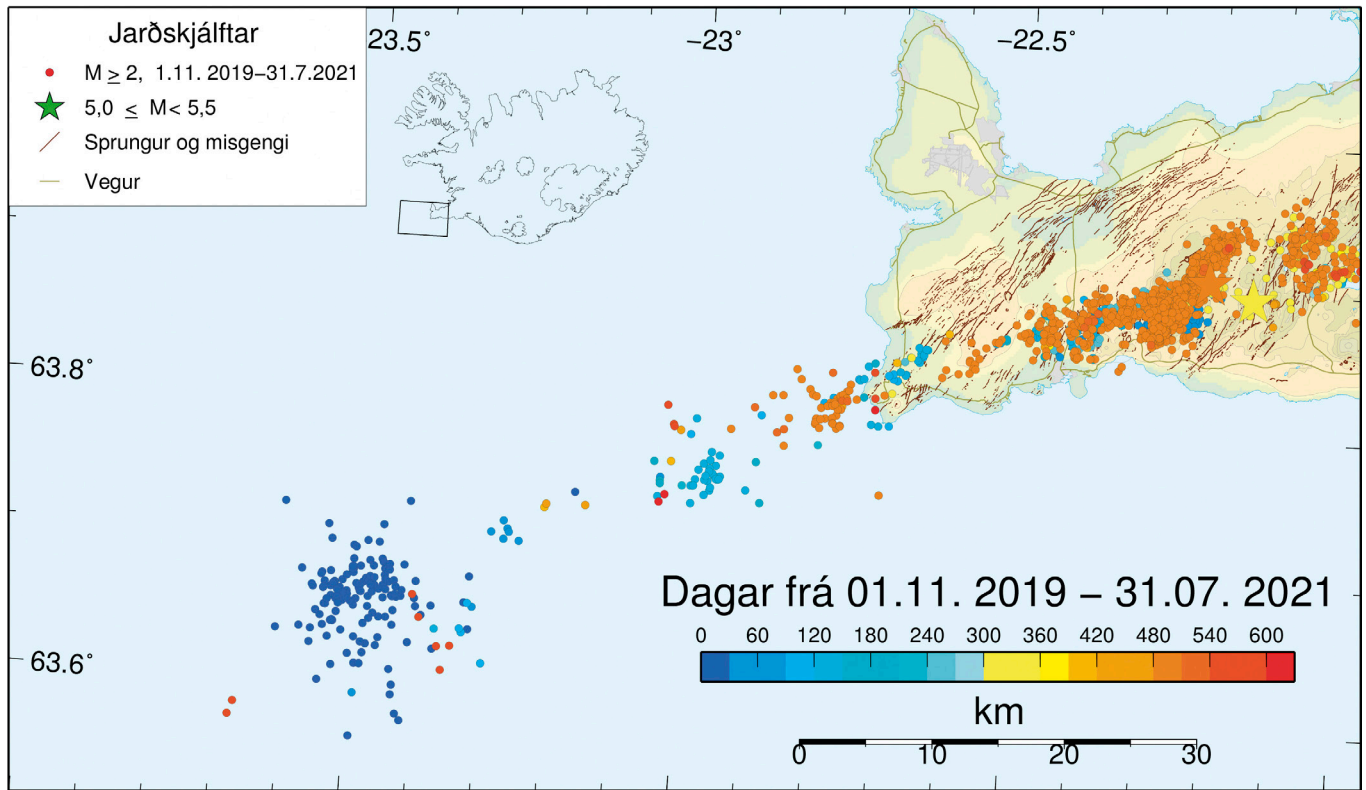
Þenslumælur í borholum eru kynntir á stuttan og laggóðan hátt, og sagt frá því hvernig þeir nýttust til að staðfesta að Heklugosið árið 2000 myndi hefjast innan 20–30 mínútna, en smáskjálftavirkni sem hófst um einni og hálfri klukkustund áður gaf til kynna að gos gæti verið yfirvofandi.

Norrænt rannsóknasamstarf (SILkerfið) um jarðskjálftaspá á Suðurlandi hófst með því að hanna og byggja þar upp rekstrarhæft mælingakerfi til að mæla smáskjálfta, en slíkt var ekki til í heim-

inum. Fjallað er um árangur af rekstri mælingakerfisins og hvernig umheimurinn hefur nýtt sér þetta rannsóknartæki í fjölþjóðlegum jarðskjálftaspárrannsóknum sem tóku við eftir 1996. Bent er á að í 20 ára rannsóknum á Suðurlandsundirlöndinu voru þróaðar aðferðir sem smám saman gætu endurspeglad aðdraganda og útlösn stórskjálfta en jafnframt undirstrikað mikilvægi ýmissa annarra rannsókna um leiðir til að vara við aðsteðjandi stórskjálfta.

Fjallað er um heita möttulstrókinn sem hefur verið kortlagður undir Íslandi og um landrekið, og í framhaldinu um atburði á liðnum áratugum þegar Bárðarbunga hefur þanið sig. Þar er umfjöllun um Gjalpargosið, Grímsvatnagosið 2011 og gosið í Holuhrauni og síðan spurt hvers sé að vænta af möttulstróknum. Þótt rólegt sé nú undir Bárðarbungu sé kvika örugglega farin að safnast þar saman, og skorpuflakarnir reka frá hvor öðrum um 2 sentimetra á ári.

Seinni helmingur fyrri hluta bókarinnar má segja að fjalli um Suðurlandsbrotabeltið. Fjallað er um jarðskorpuna á Suðurlandi, Suðurlandskjálftana, meðal annars, 1784 og Skaftárelda. Gerð er grein fyrir „langtímaspá“ frá 1988, og



2. mynd. Skjálftavirkni, skjálftar stærri en 2 vestarlega á Reykjanesi sýnd í tímabilum frá 1. nóv. 2019–31. júlí 2021. Svæðið er frá 22°V til 24°V og 63,5°N AÐ 64,0°N.

endurskoðun hennar 1993, um hvar líkur væru á að næsti stóri skjálfti á Suðurlandsbrotabeltinu yrði. Skjálftarnir tveir, 17. og 21. júní árið 2000, áttu svo upptök aðeins 2–3 km frá því sem spáð var. Töluverð umfjöllun er svo um þessa skjálfta og rannsóknir í aðdraganda þeirra. Skýrt er hvers vegna ekki var hægt að gefa út skammtímaviðvörðun fyrir skjálftann 17. júní líkt og gert var um sólarhring fyrir 21. júní- skjálftann. Síðan er tekist á við spurninguna: „Hvernig getum við spáð fyrir um Suðurlandskjálfta.“ Þar er ekki síst lögð áhersla á mikilvægi smáskjálfta-mælinga en einnig bent á merkjanlega þætti á yfirborði, svo sem lækun grunnvatns í borholum og atferli dýra, sem geta gefið gagnlegar upplýsingar þegar metið er hvort gefa eigi út skammtímaviðvörðun.

Þá kemur umfjöllun um nauðsyn sívirks eftirlitskerfis, sem er mikilvæg forsenda sívirks viðvörðunarkerfis þannig að hægt sé að gefa út skammtímaviðvörðun um jarðskjálfta og eldgos. Lýst er aðdraganda jarðskjálftanna í Ölfusi 2008, sem ekki tókst að vara við,

og Heklugossins 2000 sem var varað við með stuttum fyrirvara.

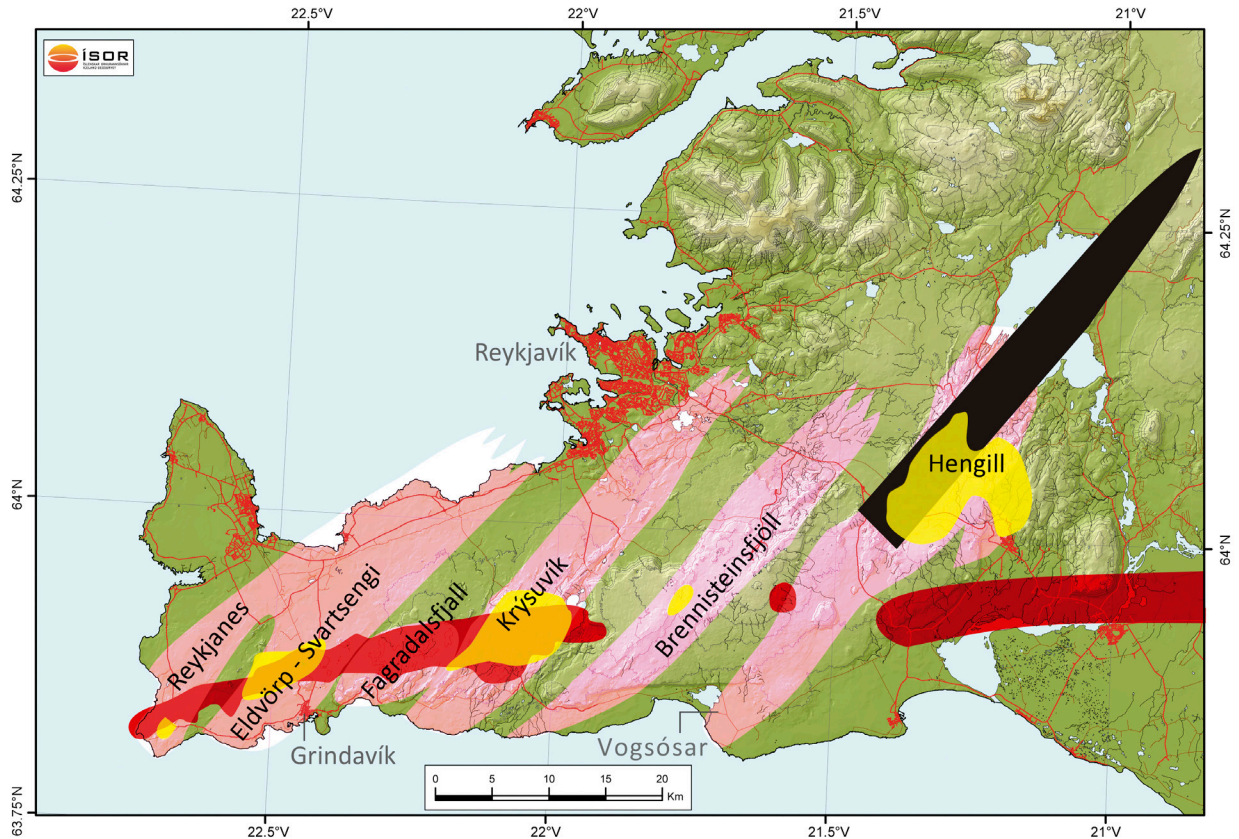
Í lok fyrri hluta bókarinnar er kafli (12.) þar sem meðal annars er lögð áhersla á hversu mikilvægt er að efla jarðskjálftarannsóknir á Norðurlandi og á Reykjanesskaga. Þótt margt sé líkt á þessum svæðum þá sé munurinn mikill og nauðsynlegt sé að vakta allt landið.

Í seinni hluta bókarinnar lýsir höfundur mikilvægum einkennum jarðskjálftavirkni á Norðurlandi, Reykjanesskaga og Vesturlandi sem geta skipt máli við möguleika til að segja fyrir um jarðskjálfta þar og aðra jarðvá. Umfjöllun um jarðskjálfta á Norðurlandi er þar ítarlegust og lengsti kafli bókarinnar eða 64 síður. Í byrjun er velt upp þeim spurningum hvort hægt hefði verið að spá fyrir um Kröfluelda og Kópaskersskjálftann, en síðan er fjallað um stóra jarðskjálfta, allt frá 1618 til Skagafjarðarskjálftans 1963. Þá er meðal annars fjallað um aðdraganda skjálfta á svæðinu eftir 1994, mismunandi forvirkni á vestanverðu og austanverðu Norðurlandi, yfirgnæfandi

líkur á stórum skjálfta innan tveggja áratuga og um möguleika til að spá fyrir um Norðurlandskjálfta.

Í umfjöllun um Reykjanesskagann er bent á að þótt jarðskjálftasvæðið þar sé nánast í beinu framhaldi til vesturs af Suðurlandsbrotabeltinu sé margt ólíkt í eðli brotabeltanna. Fjallað er um aðdraganda skjálfta á Reykjanesskaga samkvæmt mælingum og sögulegum heimildum, meðal annars um Hengils-Ölfuss-hrinuna 1994–1998, um skammtímaspár jarðskjálftanna 4. júní og 13. nóvember 1998 og um orsök og áhrif hrinunnar. Þá er spurt hvers sé að vænta um stóra skjálfta á Reykjanesskaganum og fjallað um upphaf nýja gostímabilsins, aðdraganda gossins 19. mars 2021 og mikilvægi jarðskjálftaspárrannsókna.

Höfundur bendir á að Vesturland og Vestfirðir liggja utan meginplötuskilanna og brotabelta þeirra. Þar verði verulegir jarðskjálftar miklu sjaldnar og geti líklega ekki náð sömu stærð og innan brotabeltanna. Í nær hundrað ára sögu mælinga og eftirlits Veðurstofunnar



3. mynd. Eldstöðvakerfi á Reykjaneskaga (í bleikju). Í rauðum lit eru flekaskilin eins og þau teiknast af smáskjálftum. Jarðhitasvæði eru táknuð með gulum lit. Svart svert strik táknar sprungugreinar Hengils til norðausturs. Reykjanes-hryggurinn gengur svo til suðvesturs út frá Reykjanestá (Myndin er úr kafla um Reykjaneskaga eftir Kristján Sæmundsson og Magnús Á. Sigurgeirsson í bókinni *Náttúruvá á Íslandi*, 2013)

hafi innplötuskjálftar stærri en 5,5 ekki sést, en minni skjálftar geti við vissar aðstæður líka valdið slysum og tjóni. Því sé eftirlit á innplötusvæðum landsins einnig nauðsynlegt. Virkasta skjálftasvæðið á Vesturlandi sé í uppsveitum Borgarfjarðar, og er sérstaklega fjallað um jarðskjálftahrinur þar 1927–1928, 1934–1935 og 1974, eðli þeirra og orsök. Á Vestfjörðum eru engar heimildir um stærri jarðskjálfta (>4), segir höfundur, en fjallar um jarðskjálftahrinu í mars 1964 sem átti upptök við Ármúla í Skjaldfannardal og stuttlega um skjálfta með upptök fyrir botni Tálknafjarðar (1994) og upp af Reykjafirði á Ströndum (1996, 1997 og 2006).

Í lok bókarinnar er fjallað um nauðsyn vöktunar, viðbúnaðar og viðvarana. Sett er fram hugmynd um sívöktun viðvörðunarkerfi sem byggist á niðurstöðum ýmissa mælinga, greiningu þeirra (sjálfvirk og af hálfu sérfræðinga) og síðan upplýsingagjöf og viðvaranir.

Að mínu mati er texti bókarinnar í heild skrifaður með það í huga að hann

sé auðskiljanlegur sem stærstum hópi lesenda og það þurfi ekki sérstaka þekkingu á jarðfræði eða eðlisfræði til þess að skilja umfjöllunina. Til að auðvelda lesturinn eftir þörfum má benda sérstaklega á kafla aftast í bókinni þar sem er að finna greinargóðar skýringar á orðum og hugtökum, og er mælt með að lesendur notfæri sér hann óspart.

Í bókinni er fjöldi mynda sem að stórum hluta sýna staðsetningar jarðskjálfta, og eru þær mikilvægar til skýringar á efni einstakra kafla.

Uppbygging bókarinnar er þannig að við lok hvers kafla langaði mig til þess að lesa strax þann næsta, því textinn leiðir mann áfram. Það er að vænta frekari spennandi upplýsinga í næsta kafla eins og gerist í góðri glæpasögu. Kostur er að kaflar fyrri hluta bókarinnar eru tiltölulega stuttir, ekki ofhlaðnir myndum eða kortum, og efnið þannig gert eins aðgengilegt og kostur er.

Glæsileg bók og kærkominn fróðleikur fyrir lærða og leika.

UM HÖFUNDINN



Þóroddur F. Þóroddsson (f. 1950) lauk BS-prófi í jarðfræði við Háskóla Íslands árið 1975 og las vatnafræði við Uppsala Universitet 1976-1977. Hann starfaði sem jarðfræðingur á Orkustofnun 1975-1981, á Náttúrugripasafninu á Akureyri 1981-1986, sérfræðingur og síðar framkvæmdastjóri Náttúruverndarráðs 1986-1993 og sérfræðingur við mat á umhverfisáhrifum Skipulagsrákisins/Skipulagsstofnun 1994-2015.

Þóroddur F. Þóroddsson | Fjólugötu 18, 600 Akureyri | doddifr@gmail.com