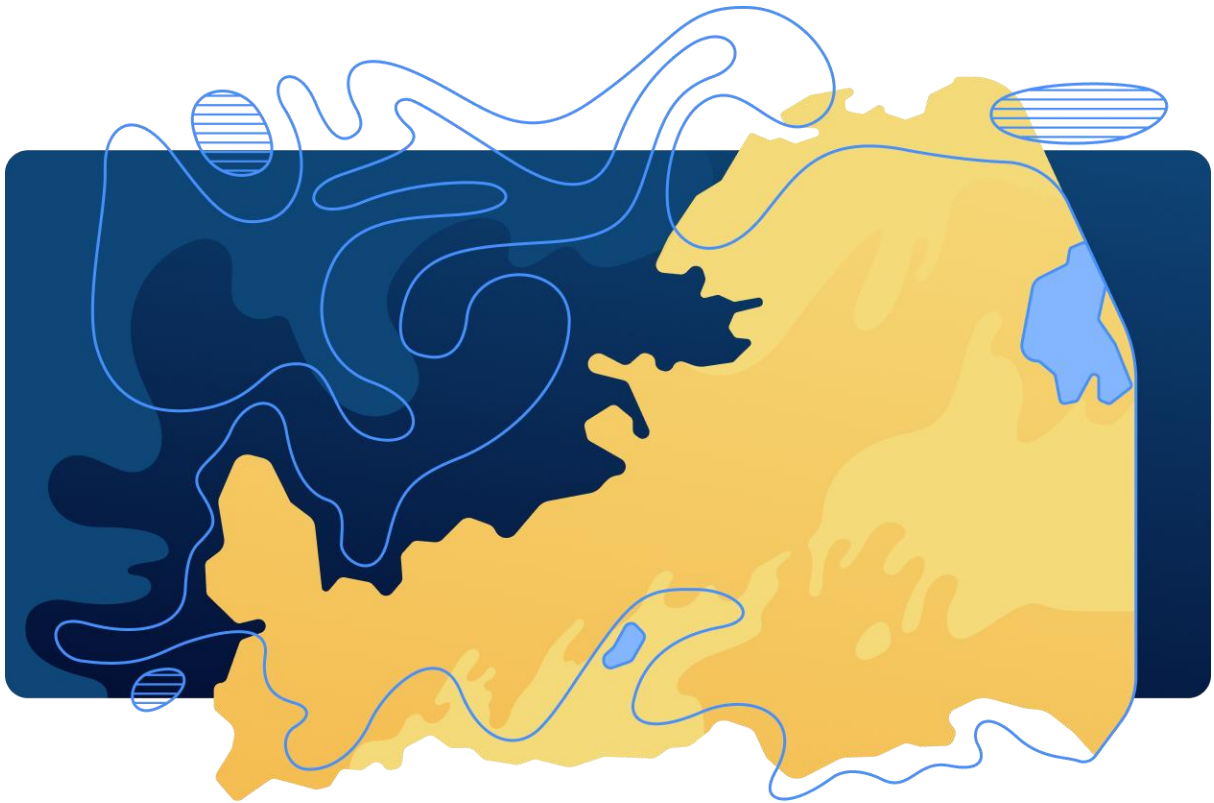


Eldfjallavá á Reykjanesskaga

Hraunavá á Reykjanesskaga – Langtímahættumat



VÍ 2026-007

Hraunavá á Reykjanesskaga – Langtímahættumat

Höfundar	Gro B.M.Pedersen, Melissa A. Pfeffer, William M. Moreland, Bergrún A. Óladóttir, Ásta R. Hjartardóttir, Þórður Á. Karlsson, Jón E. Wallevik, Bogi B. Björnsson, Ingibjörg Þórðardóttir
Unnið fyrir	Umhverfis, orku og loftslagsráðuneytið
Samvinnuaðilar	Sveitarfélög á svæðinu
Gerð skýrslu/verkstig	Hluti verkefnisins: Áhættumat vegna eldgosa og annarrar jarðrænnar náttúruvár fyrir Reykjanesskaga
Verkefnisstjóri	Guðmundur Jóseppson
Yfirfarið af	Magnús Á. Sigurgeirsson
Samþykkt af	Matthew J. Roberts, framkvæmdastjóri Þjónustu og Rannsóknasviðs VÍ

Veðurstofa Íslands / Icelandic Meteorological Office

Númer	VÍ 2026-007
ISSN	1670-8261
Dagsetning	Apríl 2026
Dreifing	Opin
Fjöldi síðna	83
Upplag	Rafræn útgáfa
Verknúmer	3721-0-0019
Málsnúmer	2024-135
DOI númer	10.33112/SCAF8080

Efnisyfirlit

Ágrip	4
Abstract	5
Samantekt	6
Myndaskrá	9
Töfluskrá	10
Orðskýringar	11
1 Inngangur	15
2 Hraunavá og þekkt gosvirkni	18
2.1 Gossaga	18
2.1.1 Endurkomutími	20
2.2 Eiginleikar hrauna á Reykjanesskaga	25
3 Aðferðafræði.....	26
3.1 Landslag og hæðarlíkan	27
3.2 Hönnun sviðsmynda	27
3.3 Líkur á framtíðar gosupptökum	29
3.4 Hraunhermanir	30
3.5 Niðurstöður og úrvinnsla gagna	31
3.6 Framsetning gagna	32
3.7 Óvissupættir og fyrirvarar	32
4 Vá af völdum hraungosa á Reykjanesskaga	34
4.1 Svæði á Reykjanesskaga á efsta hættustigi	34
4.1.1 Péttbýli	35
4.1.2 Mikilvægir innviðir	35
4.1.2.1 Virkjanir og tengdir innviðir	35
4.1.2.2 Aðrar raflínur	36
4.1.2.3 Vegir og samgöngur	36
4.1.2.4 Neysluvatn	37
4.2 Líkur á gosupptökum á Reykjanesskaga	37
4.2.1 Péttbýli	38
4.2.2 Mikilvægir innviðir	38
4.2.2.1 Virkjanir og tengdir innviðir	38
4.2.2.2 Aðrar raflínur	38
4.2.2.3 Vegir	38
4.3 Líkur á hraunflæði á Reykjanesskaga	39
4.3.1 Péttbýli	39
4.3.1.1 Grindavík	41
4.3.1.2 Hveragerði	42
4.3.1.3 Hafnarfjarðarbær	42

4.3.2	Mikilvægir innviðir.....	42
4.3.2.1	Virkjanir og tengdir innviðir	42
4.3.2.2	Aðrar raflínur.....	44
4.3.2.3	Samgöngur.....	45
4.3.2.4	Neysluvatn	46
4.4	Helstu niðurstöður	47
5	Skref í átt að skammtímahættumati	48
5.1	Hraunasvið og hraunrennisliskerfi	48
5.2	Líkur á hraunflæði frá einstökum eldstöðvakerfum	50
5.2.1	Reykjanes og Svartsengi.....	50
5.2.2	Fagradalsfjall	51
5.2.3	Krýsuvík.....	53
5.2.4	Brennisteinsfjöll.....	54
5.2.5	Hengill.....	56
5.2.6	Hrómundartindur	57
5.3	Framrásarhraði hraunjaðars	58
	Lokaorð.....	60
	Pakkarorð	61
	Heimildir	62
	I Viðauki.....	66
I.I	Gossaga og endurkomutímar	66
I.II	Hæðarlíkan og landslag	69
I.III	Líkur á framtíðargosupptökum - MatHaz.....	69
I.IV	Hraunhermanir – MrLavaLoba	73
I.IV.I	Úrvinnsla gagna (hraunhermanir)	74
I.IV.II	Óvegnar niðurstöður	75
I.V	Hraunrennislisleiðir og hraunasvið	76
I.V.I	Hraunrennislisleiðir	76
I.V.II	Hraunasvið.....	77
I.VI	Táknkerfi (e. Symbology).....	77
I.VII	Mikilvægir innviðir.....	79

Ágrip

Lykilorð: Hraunavá, gosupptök, hraunflæði, langtímahættumat, Reykjanesskagi, mikilvægir innviðir

Þessi skýrsla inniheldur langtímahættumat vegna hraunavár, hættumatið nær frá Reykjanestá í vestri að Ölfusá í austri og Hvalfirði í norðri.

Niðurstöðurnar sýna að á Reykjanesskaga eru þéttbýlin Grindavík og Hveragerði á svæðum sem eru á efsta hættustigi, þ.e. í efstu 10% líkum á hraunavá. Grindavík er bæði í nálægð við líkleg gosupptök og á efsta hættustigi vegna líklegs hraunflæðis. Staða Hveragerðis er önnur, en bærinn telst einvörðungu á efsta hættustigi vegna hraunflæðis. Hlutar Hafnarfjarðar eru í um það bil 1 km fjarlægð frá svæðum þar sem mjög mikil hætta er á hraunflæði.

Mikilvægir innviðir sem þjóna íbúum í mörgum sveitarfélögum á skaganum eru staðsettir á svæðum sem flokkast á efsta hættustigi. Þetta á við um virkjanirnar fjórar á Reykjanesskaga: á Reykjanesi, í Svartsengi, á Hellisheiði og á Nesjavöllum. Raflínur og heita- og kaldavatnslagnir sem tengjast virkjunum og/eða liggja um þessi svæði eru einnig víða á efsta hættustigi. Af þessu leiðir að ef/þegar gýs innan eldstöðvakerfa á Reykjanesskaga geta virkjanir og aðrir mikilvægir innviðir þeim tengdir auðveldlega orðið berskjölduð fyrir hraunavá.

Margir vegir eru á svæðum sem eru á efsta hættustigi, annaðhvort vegna gosupptaka eða hraunflæðis. Þetta á við um kafla hringvegarins (yfir Hellisheiði), Suðurstrandarveg, Grindavíkurveg, Nesveg, Bláfjallaveg og stutta kafla Þorlákshafnarveg, Nesjavallaleiðar og Prengslavegar.

Grindavíkurhöfn er eina höfnin sem er á efsta hættustigi og grunnvatnsbólin Kaldárbotnar í Hafnarfirði og Selhæðir í Hveragerðisbæ eru einu grunnvatnsbólin sem eru staðsett á svæðum sem eru metin á efsta hættustigi.

Í framhaldi af þessari skýrslu verða gefnar út þrjár skýrslur þar sem frekar verður farið yfir langtímahættumat vegna hraunavár á höfuðborgarsvæðinu, í vesturhluta Árnessýslu og á Suðurnesjum. Saman gagnast þessar fjórar skýrslur við framtíðarskipulag, stuðla að góðri landnýtingu og styrkingu innviða sem nauðsynlega þurfa að liggja um útsett svæði. Auk þess gagnast upplýsingarnar til að skilgreina mótvægisaðgerðir og auðvelda viðbragð ef til þess kemur að mikilvægir innviðir verði fyrir tjóni.

Langtímahættumat vegna hraunavár á Reykjanesskaga er kynnt og gert aðgengilegt en gögnin sem liggja að baki langtímahættumatinu verða auk þess aðgengileg í gegnum kortasjá, kortaþekjur og gagnasafn sem gerir almenningi og sérfræðingum kleift að nýta gögnin eftir þörfum hvers og eins. Auk hættumats vegna hraunavár er þessi vinna hluti af stærra eldfjallahættu- og áhættumati fyrir Reykjanesskaga sem Veðurstofa Íslands leiðir fyrir hönd íslenskra stjórnvalda og tekur til hættu og áhættu vegna kvikuhreyfinga, eldgosa, sprunguhreyfinga og jarðskjálfta. Allar skýrslur má finna á www.eldfjallava.is og Íslensku eldfjallavefsjánni (www.icelandicvolcanoes.is).

Abstract

Key words: lava, vent opening, long-term hazard assessment, Reykjanes Peninsula, important infrastructure

This report contains a long-term lava hazard assessment covering from the southwestern tip of the Reykjanes Peninsula to the beginning of the south Icelandic seismic zone at the river Ölfus in the east and Hvalfjörður to the north.

The results show that on the Reykjanes Peninsula, the towns of Grindavík and Hveragerði are within areas exposed to the top 10% likelihood of lava hazard. Grindavík is exposed to both a very high likelihood of lava inundation and a very high likelihood of vent opening while Hveragerði is exposed to only a very high level of lava inundation. Parts of Hafnarfjörður are within about 1 km from areas of very high likelihood of lava inundation.

Critical infrastructure serving residents in multiple municipalities across the Peninsula is located in areas classified as having the highest lava hazard. This includes all four power plants on the Peninsula: Reykjanes, Svartsengi, Hellisheiði and Nesjavellir. Powerlines and hot- and cold-water pipelines connected to these plants, and/or crossing these areas, are also highly exposed. It follows that if/when the different volcanic systems erupt, the power plant(s) and associated infrastructure within that volcanic system is/are subject to a very high level of hazard.

Many roads are in areas that are exposed to the highest level of lava hazard, some from vent opening, some from lava inundation, and some from both. This includes sections of the ring road (to the south), Suðurstrandarvegur, Grindavíkurvegur, Nesvegur, Bláfjallavegur and minor parts of Þorlákshafnavegur, Nesjavallaleið and Þrengslavegur.

The Grindavík harbor is the sole harbor, and the groundwater supplies Kaldárbotnar within Hafnarfjörður municipality and Selhæðir within Hveragerðisbær municipality are the sole groundwater supplies, exposed to the highest lava hazard level.

This report is a companion report to three other long-term lava hazard reports that will look in more detail at the capital area, the western part of Árnessýsla and the southern region Suðurnes. These four reports are intended to be used collectively for urban planning and to serve as a base of knowledge for emergency response plans. To facilitate their educational use, the results will be published in reports, on a web map with a geoserver and in a data repository. Beyond the lava hazard, this work is part of a larger volcanic hazard and risk assessment for the Reykjanes Peninsula, led by the Icelandic Meteorological Office on behalf of the Icelandic government, which includes hazards due to seismic activity, fractures, and gases. All reports can be found at www.eldfjallava.is and at www.icelandicvolcanoes.is.

Samantekt

Langtímahættumat fyrir hraunavá hefur verið unnið fyrir Reykjanesskaga. Tilgangurinn er að staðsetja útsett eða berskjölduð svæði, en ekki að reyna að sjá fyrir nákvæma framvindu næsta mögulega atburðar. Niðurstöður sýna hvar líkur eru á gosupptökum og hvar áhrifa hraunflæðis getur orðið vart og þær eru því mikilvægar í skipulagsvinnu og við gerð og mótun viðbragðsáætlana og mótvægisáðgerða.

Svæðið sem langtímahættumatið er unnið fyrir nær frá Reykjanestá í vestri að Ölfusá í austri og Hvalfirði í norðri. Innan athugunarsvæðisins er að finna eldstöðvakerfin Reykjanes, Svartsengi, Fagradalsfjall, Krýsuvík, Brennisteinsfjöll, Hengil og Hrómundartind og alls liggja 16 sveitarfélög að hluta eða öllu leyti innan þess.

Langtímahættumat vegna hraunavár byggir á þekkingu á eldvirkni og hraunum þess svæðis sem unnið er með. Eiginleikar hraunrennslis frá gosupptökum, s.s. útstreymishraði, rennslishraði, myndun flutningskerfis, kólnun og kólnunarhraði, og undirlagið sem það rennur yfir, stjórnar gerð hraunsins sem myndast og hættum sem af hrauni stafa. Á Reykjanesskaga hafa bæði myndast hraun sem hafa flætt töluvert langt frá upptökum og hraun sem hafa frekar hlaðist upp og þykknað.

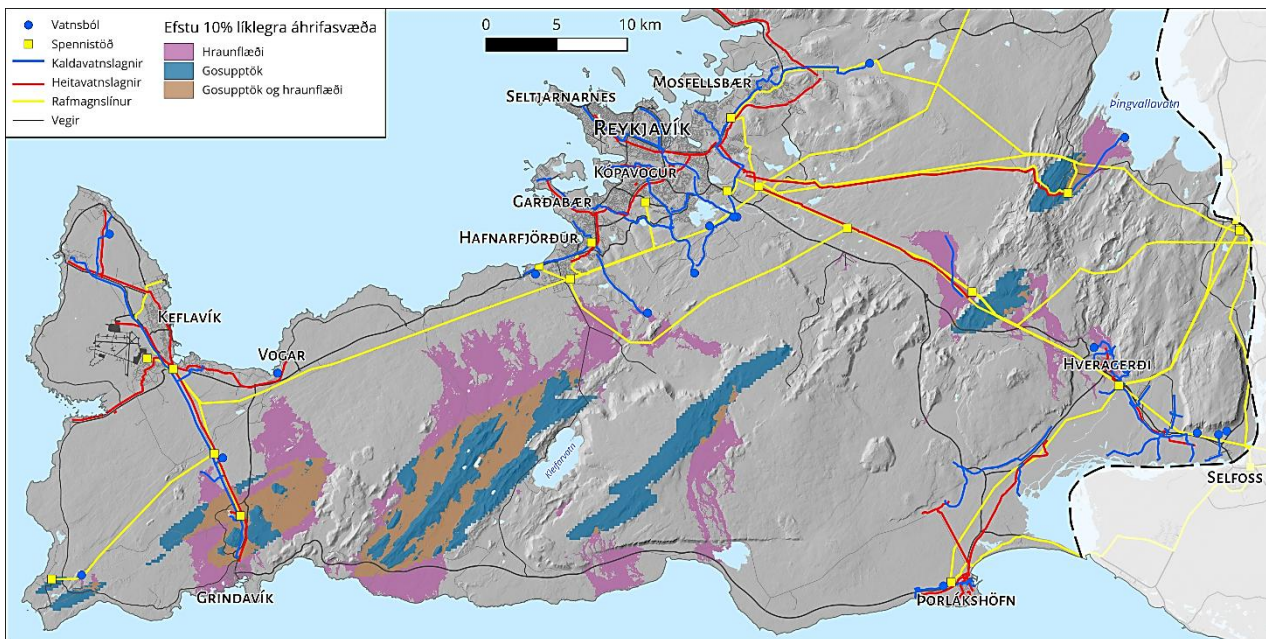
Sviðsmyndir eru hannaðar út frá jarðfræðilegri og sögulegri þekkingu á svæðinu. Þær eiga að endurspeglaríkjandi goshegðun svæðisins og reiknilíkön eru keyrð til að meta möguleg áhrif þessara gosa. Hraun á Reykjanesskaga eru mynduð í basískum hraungosum og því er líklegast að framtíðar hraunavá á skaganum stafi af slíkum gosum. Unnið er með fjórar sviðsmyndir, sem endurspeglar þekktu hegðun hraunflæðis á Reykjanesskaga, annars vegar svokölluð flæðihraun af tveimur stærðum, lítil hraun (rúmmál 0,02 km³) og meðalstór hraun (rúmmál 0,1 km³); og hins vegar upphleðsluhraun af tveimur stærðum, meðalstór hraun (rúmmál 0,1 km³) og stór hraun (rúmmál 0,3 km³). Til hagræðingar eru sviðsmyndirnar nefndar *Flæði – lítil hraun*; *Flæði – meðalstór hraun*; *Upphleðsla – meðalstór hraun*; og *Upphleðsla – stór hraun*.

Meginatriði sem þarf að taka tillit til og huga að þegar hætta af völdum hraungosa er metin er annars vegar líkur á að hraun flæði yfir land og hins vegar staðsetning gosupptaka. Þar sem óljóst er hvar framtíðar gosupptök gætu orðið var hraunflæðilíkanið, MrLavaLoba, keyrt frá mjög þéttu neti gosupptaka (þ.e. hermigosupptaka). Til að ná fram sem raunhæfastri mynd voru niðurstöðurnar vegnar með reiknilíkaninu MatHaz, miðað við ákveðnar líkur sem settar eru fram um möguleg gosupptök. Vegna mikillar óvissu um áætlaðan endurkomutíma hraungosa á Reykjanesskaga eru öll eldstöðvakerfin á skaganum metin jöfn og ekki er unnið með tölulegt mat á líkum á hraunflæði/gosupptökum innan tiltekins tímabils.

Megináhersla er lögð á hraunavá sem stafar að samfélögum á Reykjanesskaga og mikilvægum innviðum eða svokölluðum lífæðum þeirra (hér átt við virkjanir, borholur og lagnir þeim tengdum, raflínur, vatnslagnir, vatnsból og samgöngumannvirki). Þessir mikilvægu innviðir skipta öll samfélög á skaganum miklu máli og þeir þjóna sumir mörgum samfélögum samtímis.

Rétt er að undirstrika að allar niðurstöður byggja á bestu fánlegu upplýsingum hverju sinni og fela eðli málsins samkvæmt ekki í sér upplýsingar um óþekkta eða ólíklega atburði. Einnig er vert að hafa í huga að óvissa er talsverð þegar kemur að i) jarðfræðigögnum þar sem yngri jarðsaga er betur varðveitt en sú eldri; ii) sviðsmyndum þar sem þær byggja á þekkingu dagsins í dag; iii) reiknilíkönnum en unnið er með niðurstöður reiknilíkana sem eru takmörkunum háð. Þrátt fyrir þetta gefa niðurstöður vísbendingar um hvaða svæði eru útsett eða berskjölduð fyrir hraunavá.

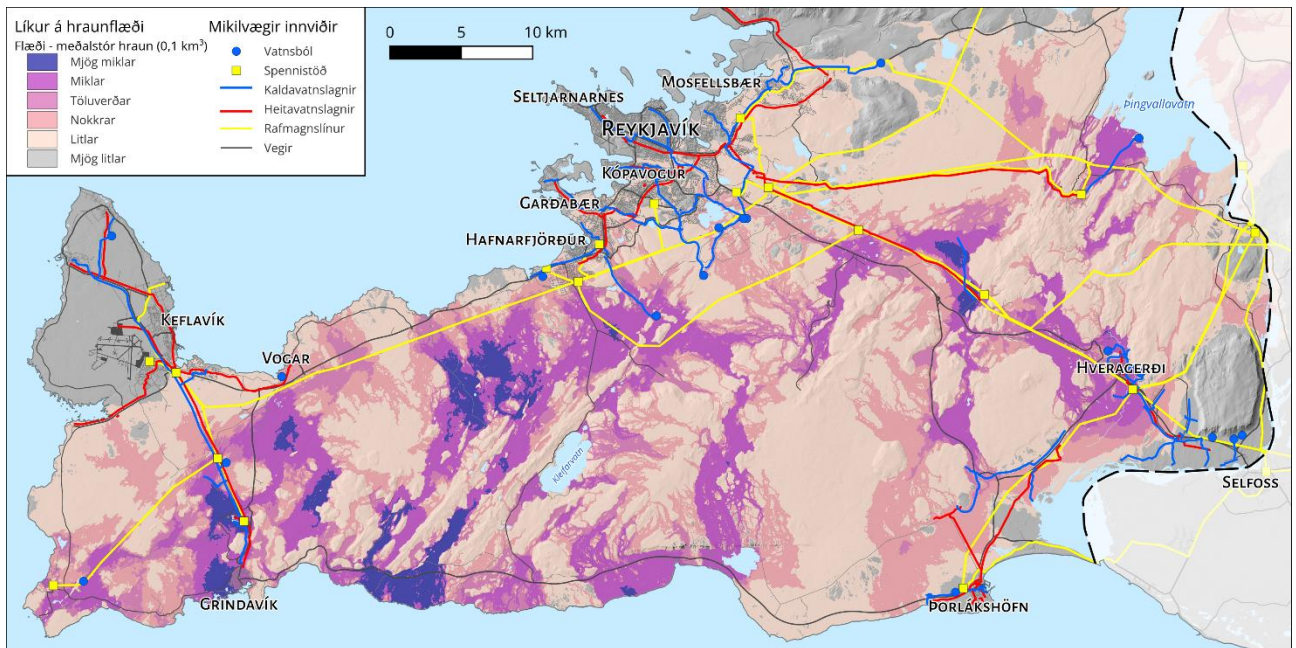
Niðurstöður fyrir 10% hæstu líkur á hraunavá af völdum hraunflæðis, gosupptaka og þessum þáttum saman eru:



Svæði á Reykjanesskaga sem eru á efsta hættustigi, þ.e. efstu 10% áhrifsvæða þar sem hraunavá er mest af völdum hraunflæðis (bleikt), gosupptaka (blátt) eða beggja þátta (brúnt).

Hraunavá á Reykjanesskaga er mest á þeim svæðum þar sem mestar líkur eru á hættu af völdum gosupptaka, hraunflæðis eða beggja þátta. Tveir þéttbýliskjarnar, Grindavík og Hveragerði, eru á svæðum á efsta hættustigi, þ.e. þar sem hraunavá er mest (efstu 10%). Grindavík er bæði útsett fyrir mjög mikilli hættu á hraunflæði og mjög miklum líkum á gosupptökum, en staða Hveragerðis er önnur og telst einungis vera á efsta hættustigi vegna hraunflæðis. Hlutar Hafnarfjarðar eru um 1 km frá svæðum á efsta hættustigi. Einnig er ljóst að nokkuð er um að mikilvægir innviðir séu staðsettir á svæðum á efsta hættustigi.

Niðurstöður sýna að sviðsmyndin *Flæði – meðalstór hraun* gefur víðtækustu berskjöldun svæða gagnvart hraunflæði:



Líkur á hraunflæði á Reykjanesskaga fyrir sviðsmyndina Flæði – meðalstór hraun (rúmmál 0,1 km³) og að teknu tilliti til vægis hermigosupptaka. Dekkri litir tákna meiri líkur og þ.a.l. svæði sem eru berskjaldaðri fyrir hraunflæði. Á myndinni má sjá lífæðar samfélaga á svæðinu, þ.e. helstu raflínur, vatnslagnir (heitt og kalt vatn) og vegi.

Þéttbýliskjarnar og mikilvægir innviðir eru á svæðum þar sem líkur á hraunflæði eru metnar *töluverðar* til *mjög miklar* og eru því berskjaldaðir fyrir hraunavá. Mikilvægt er að benda á að eftir að ísa leysti á Reykjanesskaga (fyrir u.þ.b. 14 þúsund árum) hafa hraun þó runnið um svæði þar sem líkur á hraunflæði eru einungis metnar *nokkrar*. Því er ljóst að flokkurinn *Nokkrar líkur* gefur einnig til kynna berskjöldun fyrir hraunflæði.

Langtímahættumat byggir á hlutfallslegum líkum á gosupptökum á öllum Reykjanesskaga. Þegar umbrot hefjast á tilteknu svæði fellur langtímahættumat úr gildi og skammtíma-hættumat tekur við. Í skammtíma-hættumati eru allar grunnniðurstöður langtímahættumats notaðar að viðbættum upplýsingum úr rauntímaeftirlitskerfi. Settar hafa verið fram leiðbeiningar um hvernig nýta má langtímahættumat á allra fyrstu stigum þegar forboðar eldvirkni gera vart við sig. Til dæmis má nota yfirborðskort af hraunasviðum og hraunrennislísiðum til að greina svæði þar sem byggð eða mikilvægir innviðir eru útsett fyrir hraunavá en þessi gögn nýtast í fyrsta skammtíma-hættumati til að gera skjótar, skilvirkar og árangursríkar viðbragðsáætlanir.

Niðurstöður verkefnisins má nota til stuðnings við ákvarðanatöku þar sem staðbundnar líkur geta gefið vísbendingu um hvort einn staður sé meira eða minna berskjaldaður fyrir hraunflæði en annar. Hins vegar liggur ekki fyrir regluverk (þegar þetta er ritað) um viðunandi eða ásættanlega áhættu hvað varðar hraunavá og því er um að ræða leiðbeinandi upplýsingar sem nýta má til skynsamlegrar ákvörðunartöku um skipulag og góða landnýtingu.

Myndaskrá

Mynd 1. Reykjanesskagi eins og hann er skilgreindur í verkefninu og skipting hans í þrennt: 1) höfuðborgarsvæðið, 2) vesturhluti Árnessýslu og 3) Suðurnes	17
Mynd 2. A) Eldstöðvakerfi á Reykjanesskaga. B) Jarðfræðikort á Reykjanesskaga að viðbættum nýjum hraunum frá 2021–2025.....	19
Mynd 3. Áætlaður endurkomutími hrauna frá eldstöðvakerfum á Reykjanesskaga	24
Mynd 4. Yfirlit yfir verkþætti langtímahættumats vegna hraunavár	26
Mynd 5. Svört lína afmarkar svæði þar sem MatHaz líkanið gefur líkur á gosupptökum, að undanskildum djúpum vötnum	29
Mynd 6. Samanburður hraunhermana með mismunandi stillingum hraunflæðilíkansins MrLavaLoba.....	31
Mynd 7. Svæði á Reykjanesskaga sem eru á efsta hættustigi, þ.e. efstu 10% áhrifasvæða þar sem hraunavá er mest af völdum hraunflæðis, gosupptaka eða beggja þátta	35
Mynd 8. Líkur á gosupptökum samkvæmt MatHaz líkaninu. Mikilvægir innviðir sýndir. ..	37
Mynd 9. Líkur á hraunflæði á Reykjanesskaga út frá niðurstöðum stakra sviðsmynda ...	41
Mynd 10. A) Hraunasvið, líklegar hraunrennislisleiðir og hraunsöfnunarsvæði á Reykjanesskaga. B) Dæmi um gossprungu sem opnast innan staks hraunasviðs. C) Gossprungu sem opnast og sker nokkur hraunasvið sem veldur því að hraun getur fylgt mörgum hraunrennislisleiðum og runnið til margra átta.....	49
Mynd 11. Líkur á hraunflæði frá eldstöðvakerfi Reykjaness/Svartsengis. Kort sýnir líkur á gosupptökum innan eldstöðvakerfisins.	51
Mynd 12. Líkur á hraunflæði frá eldstöðvakerfi Fagradalsfjalls. Kort sýnir líkur á gosupptökum innan eldstöðvakerfisins.	52
Mynd 13. Líkur á hraunflæði frá eldstöðvakerfi Krýsuvíkur. Kort sýnir líkur á gosupptökum innan eldstöðvakerfisins.	54
Mynd 14. Líkur á hraunflæði frá eldstöðvakerfi Brennisteinsfjalla. Kort sýnir líkur á gosupptökum innan eldstöðvakerfisins.	55
Mynd 15. Líkur á hraunflæði frá eldstöðvakerfi Hengils. Kort sýnir líkur á gosupptökum innan eldstöðvakerfisins.	57
Mynd 16. Líkur á hraunflæði frá eldstöðvakerfi Hrómundartinds. Kort sýnir líkur á gosupptökum innan eldstöðvakerfisins.	58
Mynd V.1 Gögn sem sett voru í MatHaz líkanið til að meta líkur á gosupptökum á Reykjanesskaga. Gossprungur og móbergshryggir, háhitasvæði, sprungur og flekaskil ..	71
Mynd V.2 Svæði þar sem MatHaz líkanið gefur líkur á gosupptökum, að undanskildum djúpum vötnum	72
Mynd V.3 Hraunsöfnunarsvæði sviðsmyndanna fjögurra, framsetning óveginna niðurstaðna.	76
Mynd V.4 Hæðargildi í hverjum reit/myndeiningu landlíkansins og útreiknaður halli á milli þeirra.....	77

Töfluskra

Tafla 1 Mat á gostíðni, lengd goshléa og áætlaður endurkomutími hrauna frá skilgreindum eldstöðvakerfum á Reykjanesskaga út frá jarðfræðikortlagningu	21
Tafla 2 Metinn framrásarhraði hraunjaðars í nokkrum eldgosum á Íslandi	59
Tafla V.1 Kortlögð nútímahraun á Reykjanesskaga	66
Tafla V.2 Vægi einstakra þátta sem notað er við útreikninga með líkaninu MatHaz.	72
Tafla V.3 Skilgreiningar og gildi inntaksbreyta í hraunflæðilíkaninu MrLavaLoba	74
Tafla V.4 Flokkun á líkum á gosupptökum	78
Tafla V.5 Orðanotkun tengd líkindum á hraunflæði	78
Tafla V.6 Yfirlit yfir berskjölduð byggðarlög og mikilvæga innviði	80

Orðskýringar

Orðskýringar eru teknar úr orðabók almannavarna þar sem þær eru til (<https://www.almannavarnir.is/almannavarnir/hugtok/>) og einnig var stuðst við orðskýringar á Íslensku eldfjallavefsjánni (www.islenskeldfjoll.is).

Áhætta: Það tjón sem ákveðin ógn veldur á ákveðnu svæði/ yfir ákveðið viðmiðunartímabil vegna samspils tjónmættis (e. damage potential) og tjónnæmis (e. vulnerability). Áhættan er samspil á ógn, vörnum og veikleikum. Einnig er tekið tillit til viðveru (e. risk).

Áhættumat: Heildarferli, sem felur í sér að finna, átta sig á og lýsa og gera sér grein fyrir áhættu. Ákvarða umfang og eðli áhættu eða áhættuþátta (afleiðingar og líkur) og samanburður á niðurstöðum við áhættuviðmið til að ákvarða hvort áhættan og/eða umfang hennar sé ásættanleg eða þolanleg (e. risk assessment).

Berskjaldaður: Berskjöldun/veikleiki/tjónnæmur. Einkenni og aðstæður samfélags, innviða og kerfa, sem gerir það viðkvæmt á einhvern hátt gagnvart vá af hvaða tagi sem hún er, stundum kallað tjónnæmi. **Tjónnæmi:** Viðkvæmni samfélagsins, innviða og kerfa gagnvart tjóni sem hlýst t.d. af náttúruhamförum. Tjónið getur verið m.a. manntjón, slys, eignatjón og samfélagslegs eðlis og er háð mótvægisáðgerðum. Breytingar á skipulagi byggðar og byggingarlagi, viðbragðsáætlanir, viðbúnaður og fræðsla geta lækkað tjónnæmi/berskjöldun (e.vulnerability).

C¹⁴ aldursgreining: Geislakolsaldursgreining er aðferð sem mælir hlutfall geislavirks C-14 í lífrænu efni til að ákvarða hvenær það hætti að taka upp kolefni og aldursgreina það út frá því.

Eldfjallavá: hætta sem stafar af eldfjallatengdum atburðum s.s. jarðskjálftum, sprunguhreyfingum, hraunflæði, gjóskufalli, gasmengun o.s.frv. hvort heldur sem er nálægt eldstöð eða fjarri henni.

Eldstöðvakerfi: samanstanda af megineldstöð og/eða sprungusveimi. Á Reykjanesskaga eru engar megineldstöðvar. Frekar má lesa um íslenskar eldstöðvar á íslensku eldfjallavefsjánni www.islenskeldfjoll.is.

Eldvirkni: myndun kviku, uppstreymi hennar í jarðskorpunni og þeir atburðir sem eiga sér stað þegar kvika nær að brjóta sér leið til yfirborðs í eldgosi af hvaða gerð sem er.

Endurkomutími: Meðaltími milli atburða, segir ekki til um hvenær næsti atburður á sér stað heldur hversu líklegur hann er.

Flæðigos: gosefni, að mestu hraun, sem flæðir frá gosopi, gosmökkur er tiltölulega lítill.

Framrásarhraði: hraði hraunjaðars (frambrún hraunflæðis) yfir land. Stjórnast m.a. af halla lands sem hraun rennur yfir, seigju kviku og kælingu hrauns.

Gasmengun: í eldgosi losna eldfjallagös s.s. brennisteinsdíoxíð, koldíoxíð, sem dreifast með vindi og geta valdið skertum loftgæðum og haft áhrif á heilsu.

Gjóskufall: gjóska sem myndast í sprengigosum berst upp í lofthjúpin, flyst með vindi og fellur síðan aftur til jarðar. Gjóskufall myndar gjóskulag þar sem það þekur landsvæði, misþykkt eftir fjarlægð frá gosupptökum.

Gjóskutímatal: aldursgreiningaraðferð sem byggir á að bera kennsl á þekkt og aldursgreind gjóskulög og nota afstöðu þeirra til annarra jarðmyndana (s.s. hrauna) til að aldursetja þær.

Gosskeið: rannsóknir á eldgosasögu Reykjanesskaga gefa til kynna að þar skiptist á tímabil eldvirkni, sem kölluð hafa verið gosskeið, og tímabil án eldvirkni.

Gosupptök: sá staður þar sem kvika nær í gegnum jarðskorpu til yfirborðs og eldgos hefst.

Hermigosupptök: gosupptök hraunhermana. Hermigosupptök í þessu verkefni eru 75 m löng, þannig að hver hraunhermun er gerð frá ímyndaðri 75 m langri gossprungu.

Hermun: felur í sér að keyra reiknilíkan af raunverulegu kerfi (t.d. hraunflæði), til að draga ályktanir um hegðun og/eða þróun þess.

Hraunasvið: afmörkuð svæði sem safna hrauni reiknuð út frá stafrænum hæðarlíkönum á svipaðan hátt og vatnasvið sem afmarka rennslissvæði yfirborðsvatns út frá vatnaskilum. Hraun sem rennur frá gosupptökum sem opnast innan staks hraunrennslissvæðis mun hafa tilhneigingu til að renna niður á við innan þess svæðis og flæða þar til þau rekast á hindrun, ná sjó, kvíslast upp í móti eða hættir að færast fram.

Hraunavá: hætta sem stafar af hraunflæði yfir land og/eða gosupptökum.

Hraunflæði: kvika sem nær til yfirborðs í gosupptökum flæðir sem hraun yfir land.

Hraunflæðilíkan: stærðfræðileg líkön hönnuð til að herma hraunflæði, hér er hraunflæðilíkanið MrLavaLoba notað.

Hraungos: sjá flæðigos.

Hraunjaðar: jaðar eða ysti kantur hrauns, þar sem hraunflæði endar. Hraunjaðar getur hreyfst á meðan hraunflæði stendur en hann getur einnig verið hreyfingarlaus ef hraunflæði veldur frekar upphleðslu innan hraunbreiðu.

Hraunrennslisleið eða rennslisleið: hraun renna undan halla og oft mynda dalir hallamestu hraunrennslisleiðir. Hraunasvið og hraunrennsliskerfi má reikna út frá stafrænum hæðarlíkönum á svipaðan hátt og vatnaskil og vatnsrennslisleiðir til að fá grófa mynd af líklegum hraunrennslisleiðum frá mögulegum gosupptökum.

Hraunrennsliskerfi eða rennsliskerfi: farvegur sem myndast þegar hraun renna frá gosupptökum að hraunjaðri. Hraunrennsliskerfi geta t.d. verið opnar rásir eða lokuð hraungöng.

Hraunsöfnunarsvæði: samandregnar niðurstöður allra hraunhermana úr MrLavaLoba (óvegnar niðurstöður). Gefur tíðni hraunflæðis inn á myndeiningu korts samkvæmt þeim 47.174 hermunum sem gerðar voru.

Hætta eða vá: Fyrirbæri, efni, mannlegar gjörðir eða ástand sem getur valdið skaða, svo sem dauða, meiðslum, heilsutapi, eignaspjöllum, tapi á lífsviðurværi, skerðingu nauðsynlegrar þjónustu, félagslegum eða efnahagslegum óstöðugleika eða umhverfisspjöllum (e.hazard).

Hættumat: Tilgreina, meta og flokka mögulegar hættur sem eru fyrir hendi við skilgreindar aðstæður eða kennistærðir. Áhættugreiningar og áhættumat byggjast á hættumati (e.hazard assessment). Hættumat á náttúruhamförum og umfangi þeirra, einnig mat á öðrum hættum t.d. tæknivá, stríðsástandi o.s.frv. Hugtakið er mikið notað hér á landi en er ekki skilgreint sérstaklega í orðalista Sameinuðu þjóðanna og Alþjóða veðurfræðistofnunarinnar.

Kvikuhreyfingar: hreyfingar kviku í jarðskorpunni hvort sem er lóðrétt, lárétt eða eitthvað þar á milli. Kviku hreyfingar leiða af sér myndun innskota, kvikuganga og geta valdið jarðskjálftum, aflögun á yfirborði (s.s. sprunguhreyfingar, sigdalamyndun) og jafnvel eldgos.

Kvikustrókvirkni: kvikustrókar eru strókar glóandi kvikuflikkjum sem myndast við ákaft útsteymi gass og kviku úr gosopi, kvikustrókvirkni er því afleiðing afgösunar kviku í gosupptökum.

Langtímahættumat eldfjallavár: hættumat sem byggir á þekkingu á eldvirkni viðkomandi svæðis og segir til um hvar hættur gætu skapast út frá gossögu svæðis. Hjálpar til við skipulag byggðar og landnýtingar með það markmið að draga úr efnahagslegu tjóni af völdum eldgosa. Þegar eldstöð sýnir merki um aukna virkni fellur langtímahættumat úr gildi og skammtímahættumat tekur við.

Líkur á gosupptökum: líkur á að eldgos komi upp á tilteknum stað, hér metnar með líkaninu MatHaz.

Líkur á hraunflæði: samandregnar niðurstöður allra hraunhermana (MrLavaLoba) þar sem hver hermun fær vægi eftir því hve líkleg hermigosupptök hennar eru (MatHaz; vegnar niðurstöður) og gefur því yfirlit yfir hve útsett svæði eru fyrir hraunflæði.

Megineldstöð: virkasti hluti eldstöðvakerfis, eldstöð sem hefur gosið margsinnis. Eldstöðvakerfi samanstanda af megineldstöð og/eða sprungusveimi.

Mikilvægir innviðir: hugtakið má túlka mjög vítt en nær yfir kerfi, eignir, aðstöðu, búnað, fjarskiptanet, mannvirki eða þjónustu sem nauðsynleg er til að tryggja grunnþarfir samfélagsins skv. frumvarpi til laga um almannavarnir sem lagt var fram á 157. löggjafarþingi 2025–2026 (sjá 3. grein <https://www.althingi.is/altext/pdf/157/s/0396.pdf>) án þess að vera frekar útlistað þar. Í eftirfarandi skrifum falla virkjanir (borholur og lagnir þeim tengdar), raflínur, vatnslagnir (heitt og kalt vatn), samgöngumannvirki og vatnsból undir hugtakið mikilvæga innviði.

Nútími: nútími tók við að lokinni ísöld, fyrir um 10.000 geislakolsárum (¹⁴C árum) eða um 11.500 almanaksárum. Nútímahraun er því hraun sem hefur runnið eftir ísöld.

Ómissandi innviðir: Kerfi, eignir, aðstaða, búnaður, net, mannvirki eða þjónusta sem er nauðsynleg til að tryggja grunnþarfir samfélagsins og samfélagið getur ekki verið án í sólarhring eða skemur. Ómissandi innviðir geta verið í eigu eða á forræði opinberra aðila eða einkaaðila. Gert er ráð fyrir að leggja þurfi reglulega mat á hvaða innviðir teljist til ómissandi innviða, a.m.k. árlega. Skilgreiningin er ný í frumvarpi til laga um almannavarnir sem lagt var fram á 157. löggjafarþingi 2025–2026 (sjá 3. grein <https://www.althingi.is/altext/pdf/157/s/0396.pdf>). Í eftirfarandi skrifum er hugtakið ekki notað þar sem mat á hvaða innviðir teljast ómissandi liggur ekki fyrir þegar skýrslan er rituð. Þess í stað er vísað til mikilvægra innviða.

Skammtímahættumat eldfjallavár: byggir á langtímahættumati og tekur að auki tillit til allra nýjustu upplýsinga sem liggja fyrir hverju sinni. Segir til um hvað gæti mögulega gerst næst út frá nýjustu gögnum um virkni í eldstöð.

Sprunguhreyfingar: afstæðar hreyfingar sprunguveggja, sem eiga sér stað af völdum höggunar og/eða kvikuhreyfinga í jarðskorpu. Höggun er hugtak notað um jarðskorpuhreyfingar sem verða vegna jarðfræðilegra krafta, s.s. flekahreyfinga, spennubreytinga, misgengishreyfinga, fellinga, landriss eða landsigs.

Sprungusveimur: svæði þar sem þéttleiki gossprungna og annarra sprungna er mikill. Eldstöðvakerfi samanstanda af megineldstöð og/eða sprungusveimi.

Sviðsmynd: lýsing eða myndræn framsetning þar sem skilgreindar eru tilteknar forsendur til að greina hvernig aðstæður eða atburðir geta þróast. Þessar forsendur geta verið nýttar í líkanreikninga. Sviðsmynd felur ekki í sér spá um tiltekna framtíð.

Táknkerfi: hvernig fyrirbærum er gefið sjónrænt form með táknum, litum, línnum eða mynstrum.

Tjónmætti: Flokkun á hversu mikið tjón getur orðið vegna náttúruváratburðar. Byggist á stærð, afl og varanda (lengd) náttúruváratburðar og hversu mikil líkindi eru á því að hann eigi sér stað, óháð því hvort byggð eða mannvirki eru til staðar. Varnarvirki, svo sem varnargarðar sem bægja flóðum frá byggð eða breytt skipulag landnotkunar, geta minnkað tjónmætti atburða (e. damage potential).

Tjónnæmi: sjá berskjaldaður.

Útsett: Fólk, eignir, innviðir sem geta orðið fyrir hættu eða vá sem veldur tjóni eða skaða, eru útsettir fyrir hættunni (e. exposure/exposed).

Útstreymishraði: magn kviku sem kemur upp á yfirborð um gosupptök á tímaeiningu, oft í rúmmetrum á sekúndu (m^3/s). Einn helsti mælikvarði á styrk, eðli og þróun eldgosa.

1 Inngangur

Árið 2021 hófst eldgos í eldstöðvakerfi Fagradalsfjalls á Reykjanesskaga. Þar með lauk nærri 800 ára goshléi á skaganum. Rannsóknir á eldgosasögu skagans gefa til kynna að þar skiptist á tímabil eldvirkni, sem kölluð hafa verið gosskeið, og tímabil án eldvirkni. Einkennisgos Reykjanesskaga eru flæðigos (oft kölluð hraungos). Sagan sýnir að á gosskeiðum verða ítrekuð eldgos og flest eldstöðvakerfi á skaganum virkjast (t.d. Kristján Sæmundsson & Magnús Á. Sigurgeirsson, 2013). Því mátti strax árið 2021 vænta þess að fram undan væru meiri umbrotatímar á Reykjanesskaga en verið höfðu síðustu aldir.

Eldvirkni á Reykjanesskaga eftir 2021 staðfesti þetta. Á árunum 2021–2025 gaus 12 sinnum í tveimur eldstöðvakerfum. Þrisvar sinnum hefur gosið í Fagradalsfjalli (árin 2021, 2022 og 2023) og í desember 2023 hófust gos á Sundhnúksgígaraððinni í eldstöðvakerfi Svartsengis. Árið 2024 gaus sex sinnum og tvisvar árið 2025. Þegar þetta er ritað (apríl 2026) hefur því gosið níu sinnum á Sundhnúksgígaraððinni og enn mælist landris svo engin skýr merki eru um endalok eldvirkni á svæðinu. Öll fyrrnefnd gos eru flæðigos, sem undirstrikar að hraunavá er veruleg á Reykjanesskaga.

Nú þegar nýtt gosskeið er hafið á Reykjanesskaga blasir nýr veruleiki við íbúum Reykjanesskaga. Auknar líkur eru á að eldgos, hraunflæði og aðrar afleiðingar kvikuhreyfinga geti valdið usla á skaganum á næstu áratugum. Því er mikilvægt að vinna langtímahættu- og áhættumat vegna eldfjallavár á Reykjanesskaga, þar sem fjallað er um hættu og áhættu vegna kvikuhreyfinga, eldgosa, sprunguhreyfinga og jarðskjálfta.

Á völdum stöðum Reykjanesskaga hafa líkur á hraunflæði og gosupptökum þegar verið metin (t.d. Páll Imsland, 1998; Páll Imsland og Bjarni Richter, 2020; Kristján Sæmundsson og Haukur Jóhannsson, 2006; Kristján Sæmundsson og Magnús Á. Sigurgeirsson, 2015; Ármann Höskuldsson o. fl., 2018; 2022). Hér er í fyrsta skipti unnið langtímahættumat vegna hraunavár á öllum Reykjanesskaga en slíkar upplýsingar gagnast við framtíðarskipulag, mynda undirstöðu fyrir góða landnýtingu og styrkingu innviða sem nauðsynlega þurfa að liggja fyrir um útsett svæði. Auk þess gagnast niðurstöður til að skilgreina mótvægisáðgerðir og auðvelda viðbragð ef til þess kemur að ómissandi eða mikilvægir innviðir verði fyrir tjóni (sjá t.d. Ásta Rut Hjartardóttir og Bergrún Arna Óladóttir, 2025).

Í frumvarpi til laga um almannavarnir sem lagt var fram á 157. löggjafarþingi 2025–2026 (<https://www.althingi.is/altext/pdf/157/s/0396.pdf>) er hugtakið „ómissandi innviðir“ skilgreint í 3.gr. sem „kerfi, eignir, aðstaða, búnaður, net, mannvirki eða þjónusta sem er nauðsynleg til að tryggja grunnþarfir samfélagsins og samfélagið getur ekki verið án í sólarhring eða skemur“. Í frumvarpinu er ekki lagt beint mat á hvaða innviðir falla þar undir á þessum tímamarki en tekið fram að það þurfi að gera reglulega. Í frumvarpinu er ekki skilgreining á mikilvægum innviðum en tekið er fram að það hugtak megi túlka víðara en ómissandi innviði. Af þessum sökum er hugtakið mikilvægir innviðir notað í eftirfarandi skrifum og á það hér við um virkjanir (borholur og lagnir þeim tengdar), raflínur, vatnslagnir (heitt og kalt vatn) samgöngumannvirki og vatnsból.

Gerð þessa langtímahættu- og áhættumats er í umsjón Veðurstofu Íslands. Í verkefninu er Reykjanesskagi skilgreindur í mjög víðu samhengi, frá Reykjanestá í vestri, að Ölfusá í austri og Hvalfirði í norðri (Mynd 1). Þessi skýrsla er einn hluti verkefnisins og fleiri skýrslur eru í undirbúningi. Hér er gefið yfirlit um hraunavá á Reykjanesskaga í heild (Mynd 1), farið yfir fræðilegan grunn hættumats vegna hraunavár og aðferðafræði er gerð góð skil. Megináhersla er sett á hraunavá sem stafar að samfélögum á Reykjanesskaga og mikilvægum innviðum þ.e. virkjunum (borholum og lögnum þeim tengdum), raflínum, vatnslögnum, vatnsbólum og samgöngumannvirkjum. Þessir mikilvægu innviðir skipta öll samfélög á skaganum miklu máli og þeir þjóna sumir mörgum samfélögum samtímis.

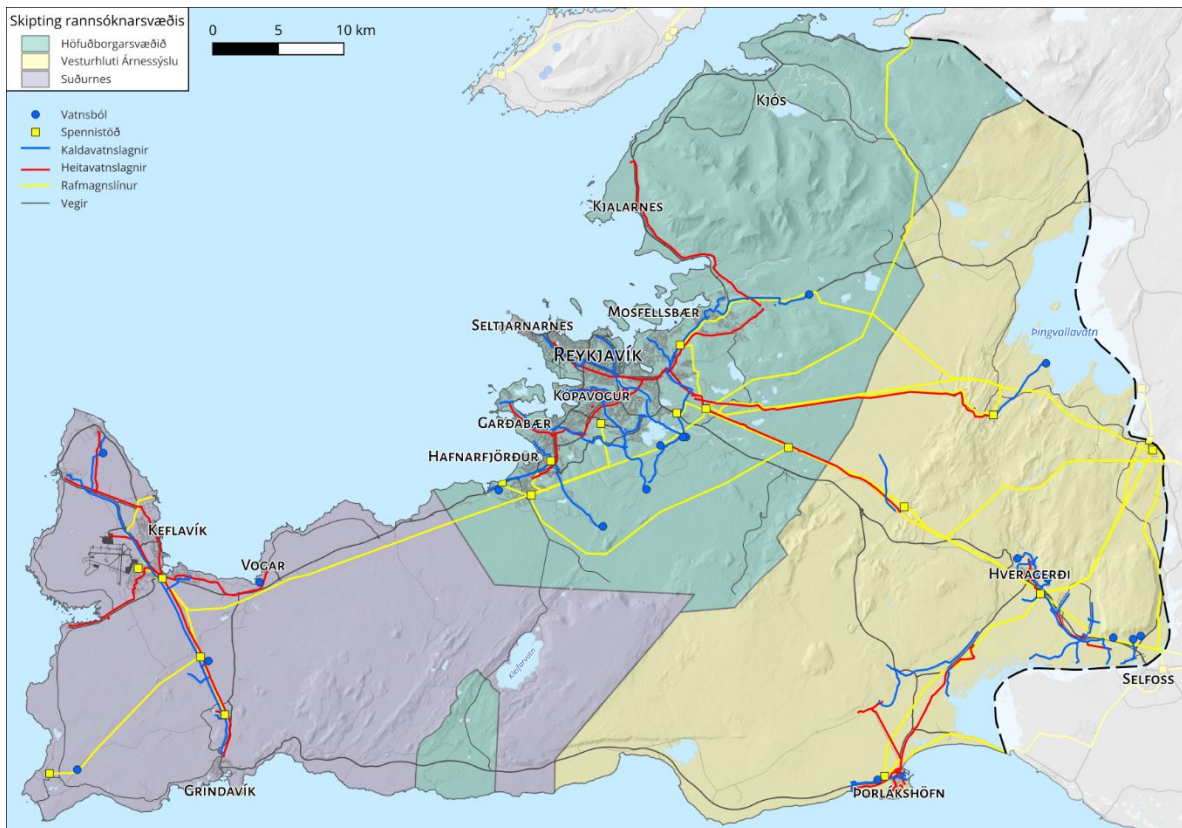
Tilgangur langtímahættumats vegna hraunavár er að staðsetja útsett eða berskjölduð svæði, en ekki að reyna sjá fyrir nákvæma framvindu næsta mögulega atburðar. Niðurstöður hættumats sýna hraunavá, þ.e. hvar eru líkleg gosupptakasvæði og/eða hvar áhrifa hraunflæðis getur orðið vart og eru því mikilvægar í skipulagsvinnu og við gerð og mótun viðbragðsáætlana.

Gögn sem liggja að baki langtímahættumatinu verða að auki aðgengileg í gegnum kortasjá, kortaþekjur og gagnasafn sem gerir almenningi og sérfræðingum kleift að nýta gögnin eftir þörfum hvers og eins, www.eldfjallava.is. Auk þess mun kortasjáin gera kleift að sjá einstakar hraunhermanir og þ.a.l. verður hægt að skoða hvaða gosupptök geta, skv. hraunhermunum, veitt hrauni inn á fyrir fram valin svæði.

Sextán sveitarfélög liggja að hluta eða öllu leyti innan athugunarsvæðisins sem er hér skipt í þrennt:

- 1) Höfuðborgarsvæði (Garðabær, Hafnarfjarðarbær, Kjósarhreppur, Kópavogsbær, Mosfellsbær, Reykjavíkurborg, Seltjarnarnesbær)
- 2) Vesturhluti Árnassýslu (Árborg, Bláskógarbyggð, Grímsnes- og Grafningshreppur, Hveragerðisbær, Ölfus)
- 3) Suðurnes (Grindavík, Reykjanesbær, Suðurnesjabær, Vogar).

Hvert svæðanna þriggja fær að auki sérstaka umfjöllun um hraunavá í sjálfstæðum skýrslum.



Mynd 1. Reykjanesskagi eins og hann er skilgreindur í verkefninu og skipting hans í þrennt: 1) höfuðborgarsvæðið (grænt), 2) vesturhluti Árnassýslu (gult) og 3) Suðurnes (gráblátt). Hér er fjallað um Reykjanesskaga í heild en undirsvæðin þrjú fá auk þess sérstaka umfjöllun í sér skýrslum (í undirbúningi).

The Reykjanes Peninsula as defined in this report delineating the three focus areas that will be described in greater detail in individual reports: 1) The capital area (green), 2) the western part of Árnassýsla (yellow) and 3) Suðurnes (purple grey).

2 Hraunavá og þekkt gosvirkni

Hættumat þarf að liggja fyrir svo hægt sé að meta áhættu fyrir byggð og innviði. Við gerð hættumats vegna hrauna þarf að taka tillit til tveggja aðalþátta; annars vegar hve líklegt er að gosupptök verði á svæðinu og hins vegar hve berskjaldað eða útsett svæðið er fyrir hraunflæði. Svæði getur verið líklegt gosupptakasvæði en ólíklegt til að verða fyrir hraunflæði (sbr. svæði ofarlega í fjallshlíðum sunnarlega á Reykjanesskaga) og öfugt (sbr. dalbotnar norðarlega á skaganum). Eins eru svæði þar sem hvort tveggja er mjög líklegt.

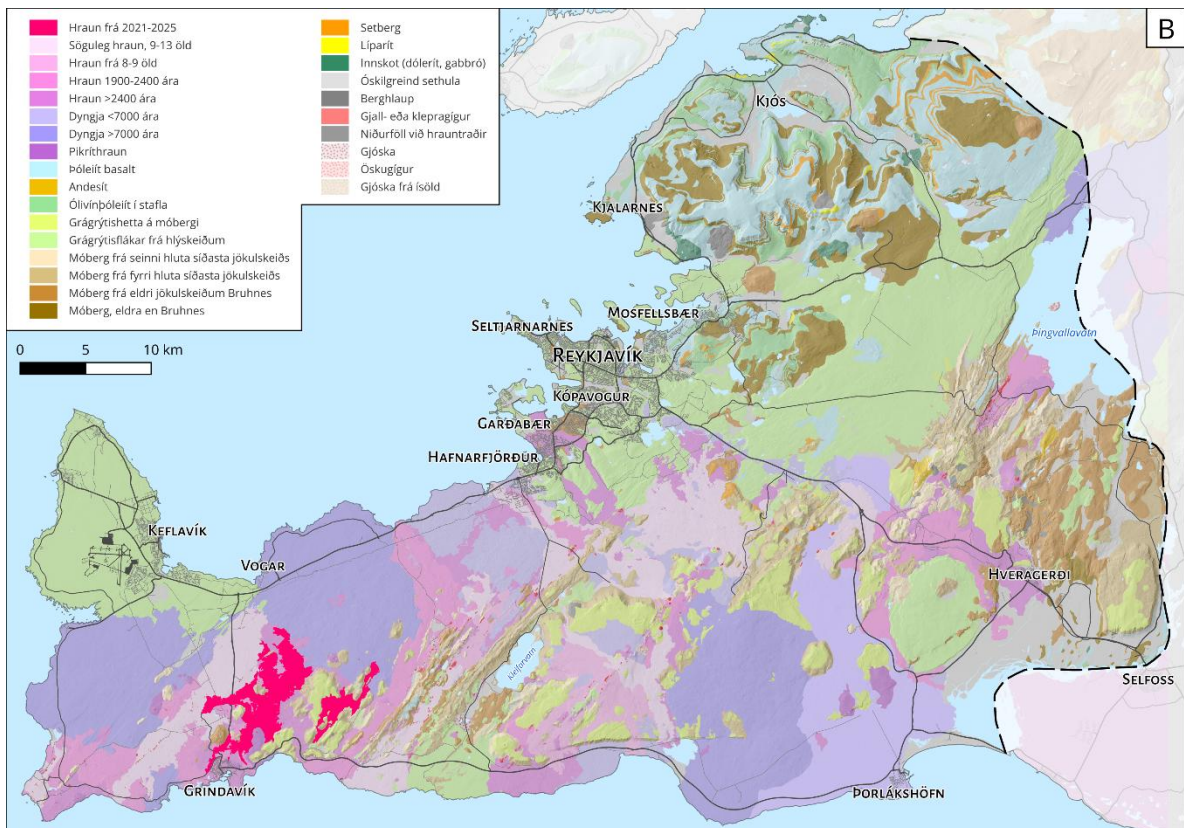
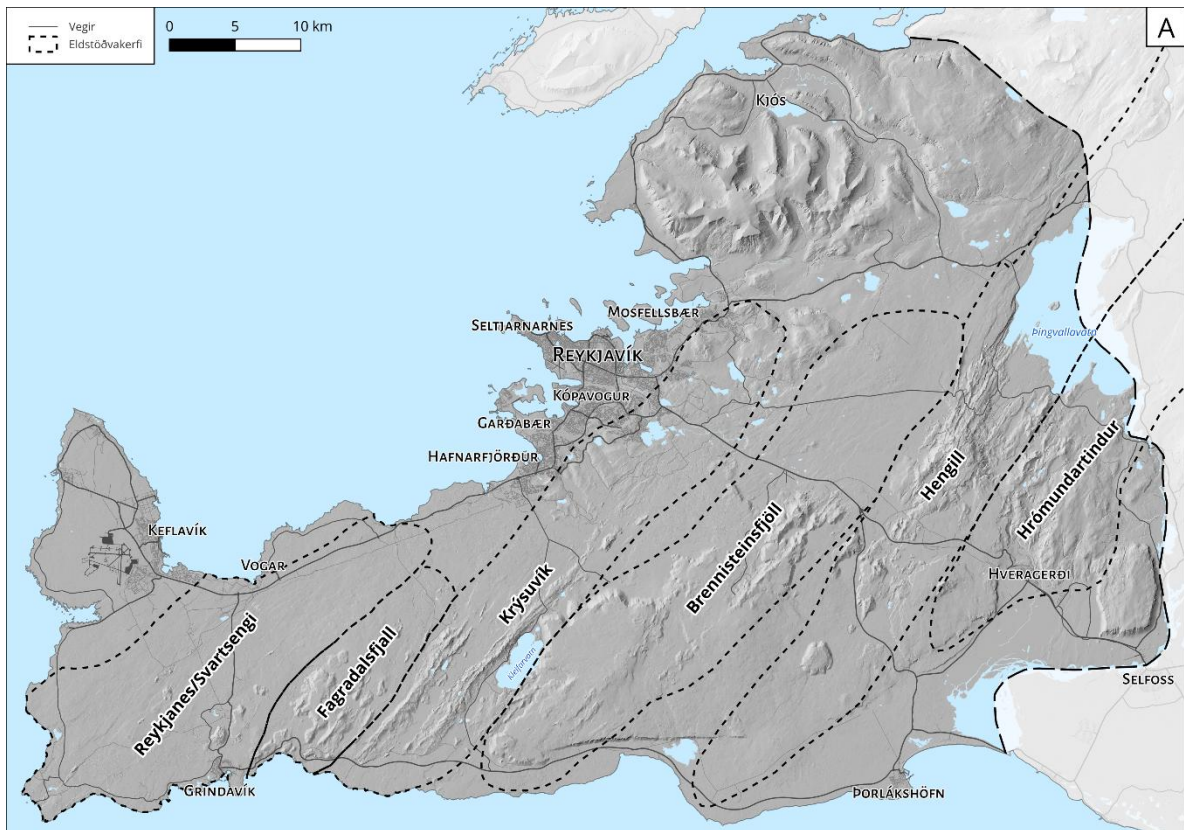
Þekking á gosvirkni Reykjanesskaga í tíma og rúmi er undirstaða þess að hægt sé að gera raunhæft hættumat vegna hraunavár á skaganum. Án þekkingar á fyrri virkni fást engar skorður á líkleg gosupptakasvæði eða líklega goshegðun í framtíðinni. Gossaga (tíðni og gerð gosa), staðsetning eldri gossprungna, gerðir hrauna og önnur jarðfræðileg gögn hjálpa til við að meta líkur á framtíðar gostíðni, líklegustu gosgerð og staðsetningu gosupptaka. Þekking á rennslisáttum, útbreiðslu og uppbyggingu hrauna er auk þess nauðsynleg til að hanna raunhæfar sviðsmyndir sem mynda grundvöll hættumats vegna hrauna.

2.1 Gossaga

Eldstöðvakerfi samanstanda af megineldstöð og/eða sprungusveimi (Kristján Sæmundsson, 1979). Á Reykjanesskaga eru eldstöðvakerfin: Reykjanes, Svartsengi (stundum sýnd sem tvö aðskilin kerfi), Fagradalsfjall, Krýsuvík, Brennisteinsfjöll, Hengill og Hrómundartindur, talin frá vestri til austurs (Mynd 2A) en ekkert þeirra hefur skilgreinda megineldstöð. Nákvæm afmörkun þeirra stjórnast af skilgreiningu og er hluti af vísindalegri umræðu sem felur m.a. í sér hvort eldstöðvakerfin séu í raun aðskildar einingar eða hvort þau deili sameiginlegum rótum.

Lengd eldstöðvakerfanna er frá 15–80 km og breidd þeirra frá 5–15 km. Öll sýna þau mesta framleiðni þar sem sprungusveimarnir þvera flekaskilin og þar eru einnig jarðhitakerfi kerfanna en öll kerfin nema Fagradalsfjall hafa þróuð háhitakerfi. Eldvirkni nær yfir stóran hluta kerfanna en á norðausturhluta þeirra eru svo til eingöngu gjár og misgengi þar sem hraunkvika hefur sjaldan náð til yfirborðs en kvikuinnskot hafa setið eftir neðanjarðar og myndað bergganga. Kvikuinnskot geta valdið því að gjár gliðni en það getur gerst án þess að gjósi (Kristján Sæmundsson og Magnús Á. Sigurgeirsson, 2013).

Fjöldi hrauna frá kerfunum sem hafa myndast á síðustu 14.500 árum (frá því að Reykjanesskagi varð íslaus, Mynd 2B) spannar frá 1-52 (Tafla 1, Viðauki I.I). Á síðasta gosskeiði á Reykjanesskaga (~800-1240 e. Kr.) gaus á fjórum kerfanna: Brennisteinsfjöll mynduðu átta hraun á u.þ.b. 100 árum (frá ~900-1050 e.Kr), Krýsuvík myndaði þrjú hraun á u.þ.b. 40 árum (1151-1188 e.Kr.), Svartsengi myndaði þrjú hraun á um 10 árum (~1230-1240 e.Kr.) og Reykjanes myndaði eitt hraun í Reykjaneseldum (Tafla 1, Viðauki I.I). Hrómundartindur, Hengill og Fagradalsfjall virkjuðust ekki. Því er ljóst að eldstöðvakerfin eru ólík, bæði í stærð og fjölda þekktra hrauna sem bendir til þess að framleiðni og styrkur eldgosa frá kerfunum geti verið mismunandi.



Mynd 2. A) Eldstöðvakerfi á Reykjanesskaga. B) Jarðfræðikort á Reykjanesskaga (Kristján Sæmundsson o.fl., 2016) að viðbættum nýjum hraunum frá 2021–2025 (sjá t.d. <https://atlas.lmi.is/mapview/?application=umbrotasja>).

A) *Volcanic systems on the Reykjanes Peninsula*. B) *Geological map of the Reykjanes Peninsula (Kristján Sæmundsson et al., 2016) including the new lavas from 2021–2025 (<https://atlas.lmi.is/mapview/?application=umbrotasja>)*.

Stærðarmat á hraunum Reykjaneskaga hefur verið notað til að flokka hraun á skaganum í stærðarflokka eftir magni gosefna þar sem $<0,1 \text{ km}^3$ er talið lítið gos, meðalstór gos eru á bilinu $0,1\text{--}0,5 \text{ km}^3$ og stór gos eru $>0,5 \text{ km}^3$ (Magnús Á. Sigurgeirsson & Sigmundur Einarsson, 2019). Flest sprunguhraun á Reykjaneskaga eru innan við $0,2 \text{ km}^3$, þau stærstu $0,4\text{--}0,5 \text{ km}^3$ og lengst hafa þau runnið um 15 km frá upptökum (Kristján Sæmundsson & Magnús Á. Sigurgeirsson, 2013). Þrátt fyrir þessa flokkun er einungis til rúmmálsmat á litlum hluta þekktu hrauna á skaganum. Yngri hraun renna yfir þau eldri og hylja þau að hluta eða jafnvel öllu leiti sem gerir snúið að meta heildarútbreiðslu þeirra og þykkt.

2.1.1 Endurkomutími

Endurkomutími er hugtak sem vísar til meðaltíma milli atburða af tiltekinni stærð. Metinn endurkomutími stjórnast af tiltæku gagnasafni og til þess að meta langan endurkomutíma þarf langar tímaraðir sem eru ekki alltaf tiltækar. Endurkomutími segir ekki til um hvenær næsti atburður á sér stað heldur hversu líklegur hann er.

Þekking á fjölda og aldri hrauna er nauðsynleg til að meta endurkomutíma hraungosa en þekking á gossögu eldstöðvakerfanna er takmörkuð þar sem:

- Eldri hraun kaffærast undir þeim yngri og geta með tímanum horfið að mestu eða öllu leiti og eru því mögulega óþekkt. Á þennan hátt geta eldstöðvakerfi sem eru mjög virk hulið eldri hraun á styttri tíma og því vantar hlutfallslega meira af gossögu þeirra en óvirkari kerfa (elstu þekktu hraun eru yngri). Þetta á t.d. við um Brennisteinsfjöll þar sem elsta þekktu hraunið er talið vera um 7.500 ára á meðan elsta þekktu hraun frá Fagradalsfjalli er talið vera allt að 14.500 ára gamalt (Tafla 1).
- Gosvirkni árána 2021–2025 undirstrikar að sundurgreining einstakra hrauna af svipuðum aldri er erfið. Þó svo að grannt hafi verið fylgst með hraunflæði í gosunum 12 er erfitt úti í mörkinni að greina á milli einstakra hrauna. Því verður að teljast líklegt að eldri hraun sem hafa hugsanlega myndast í svipuðum endurteknum gosum séu nú kortlögð sem eitt samfelldu hraun frekar en mörg stök sem renna hvert yfir annað. Af þessum sökum ber að líta á fjölda kortlagðra hrauna (Tafla 1, Viðauki I.I) sem lágmarksfjölda.
- Nákvæm aldursgreining hrauna er mjög krefjandi og hefur ekki verið gerð nema fyrir tiltölulega fá hraun á Reykjaneskaga. Einkum hefur verið stuðst við gjóskutímatal (byggir á að bera kennsl á gjóskulög af þekktum aldri og stöðu þeirra m.t.t. hrauns), sem er ónákvæmt fyrir fyrri hluta nútíma á Reykjaneskaga, og svo ^{14}C -aldursgreiningar á gróðurleifum undan hraununum sem erfitt er að nálgast. Því er ljóst að mikil óvissa fylgir bæði aldri hraunanna og þeim heildartíma sem unnið er með.

Tafla 1. Mat á gostíðni, lengd goshléa og áætlaður endurkomutími hrauna frá skilgreindum eldstöðvakerfum á Reykjaneskaga út frá jarðfræðikortlagningu (Viðauki I.I). Erfitt er að aðgreina hraun sem hafa myndast á Sundhnúksgíggaröðinni frá því í desember 2023 og það verður að teljast líklegt að við kortlagningu eldri hrauna á Reykjaneskaga eigi það sama við. Neðri hluti töflunnar sýnir því mat á endurkomutíma miðað við annars vegar 5 sinnum og hins vegar 10 sinnum fleiri gos en áætluð eru út frá jarðfræðikortlagningu. REY stendur fyrir Reykjanes, SVA fyrir Svartsengi, FAG fyrir Fagradalsfjall, KRÝ fyrir Krýsuvík, BRE fyrir Brennisteinsfjöll, HEN fyrir Hengil og HRÓ fyrir Hrómundartind.

Summary table of known mapped lavas, repose time between lava-producing eruptions and their estimated recurrence intervals for each volcanic systems on the Reykjanes Peninsula (Viðauki I.I). It is difficult to distinguish individual lava flows that have erupted at the Sundhnúks crater row since December 2023 and it is considered likely that the mapped lava flows from older eruptions on the Reykjanes Peninsula are similarly comprised of multiple individual flows. The lower half of the table (four last rows) estimates eruption frequencies assuming that there are 5 times and 10 times as many individual lava flows as the number of known mapped flows. REY represents Reykjanes, SVA Svartsengi, FAG Fagradalsfjall, KRÝ Krýsuvík, BRE Brennisteinsfjöll, HEN Hengill and HRÓ Hrómundartindur.

	Eldstöðvakerfi						
	REY	SVA	FAG	KRÝ	BRE	HEN	HRÓ
Fjöldi þekktra hrauna (N)	16	31/40*	12/15*	35	52	8	1
Heildartími (ár) T	14500	14500	14500	8000	7500	11000	11000
Endurkomutími (ár) E=T/N	906	467/363*	1208/967*	229	144	1375	11000
Fjöldi gosskeiða G=T/1200	12	12	12	7	6	9	9
Heildartími gosskeiða (ár) T _g =G*400	4800	4800	4800	2800	2400	3600	3600
Fjöldi gosa í gosskeiðum N _g =N/G	1,3	2,6/3,3*	1,0/1,3*	5,3	8,3	0,9	0,1
Endurkomutími innan gosskeiða (ár) E _g =T _g /N	300	155/120*	400/320*	80	46	450	3600
5x fjöldi gosa í gosskeiðum N _{g(5x)} =N*5/G	6,6	12,8/16,6*	5/6,2*	26,3	41,6	4,4	0,5
Endurkomutími fyrir 5 X fjöldi gosa í gosskeiðum, E _{g(5x)} =T _g /(N*5)	60	31/24*	80/64*	16	9	90	720
10x fjöldi gosa í gosskeiðum N _{g(10x)} =N*10/G	13,2	25,7/33,1*	9,9/12,4*	52,5	83,2	8,7	1,1
Endurkomutími fyrir 10x fjölda gosa í gosskeiðum, E _{g(10x)} =T _g /(N*10)	30	15/12*	40/32*	8	5	45	360

*Gefnar eru tvær tölur fyrir Svartsengi og Fagradalsfjall. Fyrri talan sýnir fjölda þekktra hrauna fyrir upphaf yfirstandandi gosskeiðs og sú seinni sýnir fjölda þekktra hrauna að meðtöldum hraunum sem myndast hafa á yfirstandandi gosskeiði (unnið með árin 2021–2025).

Heildarfjöldi sýnilegra hrauna á Reykjaneskaga er rúmlega 150 skv. jarðfræðikorti (Kristján Sæmundsson o.fl., 2010, 2016, Tafla 1, Viðauki I.I). Þennan heildarfjölda ásamt þekkingu á aldri hraunanna (sem þó er mjög takmörkuð) má nota til að meta gróflega endurkomutíma hraungosa á skaganum í heild og frá stökum eldstöðvakerfum.

Endurkomutími, E, gefur mat á því hve langur tími líður að jafnaði milli eldgosa frá ákveðnu eldstöðvakerfi og er skilgreindur sem:

$$E=T/N$$

Þar sem T er hámarksaldur þekktra kortlagðra hrauna frá umræddu eldstöðvakerfi og N er fjöldi þeirra (sjá Tafla 1).

Út frá þekkingu á gossögu Reykjanesskaga er vitað að eldvirkni gengur yfir skagann í góstímabilum eða gosskeiðum sem virðast standa í nokkur hundruð ár og á móti koma lengri tímabil goshléa (t.d. Sveinbjörn Björnsson o.fl., 2020; Sigrún Hreinsdóttir o.fl., 2001; Kristján Sæmundsson & Magnús Á. Sigurgeirsson, 2013). Því er raunhæfara að meta endurkomutíma hraungosa innan gosskeiða fremur en á þekktum heildartíma, sérstaklega í ljósi þess að nýtt gosskeið er hafið. Gossagan bendir til að gosskeið séu oft 400-600 ár og að goshlé milli þeirra sé 800-1000 ár og því má ætla að heildarlota taki 1200 ár (t.d. Kristján Sæmundsson & Magnús Á. Sigurgeirsson, 2013). Út frá hámarksaldri þekktra kortlagðra hrauna frá hverju eldstöðvakerfi má því áætla fjölda gosskeiða (G) sem hafa gengið yfir kerfið á myndunartíma hraunanna (T):

$$G=T/1200$$

Heildartíma gosskeiða (T_G), þ.e. tími þegar gosvirkni er ríkjandi á hverju eldstöðvakerfi, má áætla með því að margfalda fjölda gosskeiða (G) með áætlaðri tímalengd þeirra (400 ár):

$$T_G=G*400$$

Fjöldi gosa innan gosskeiða (N_G) má svo áætla út frá þekktum fjölda hrauna og fjölda gosskeiða:

$$N_G=N/G$$

Endurkomutíma innan gosskeiða (E_G) má að lokum áætla út frá heildartíma gosskeiða (T_G) og heildar fjölda þekktra hrauna (N) en hann gefur hugmynd um hve tíð gos eru frá eldstöðvakerfi þegar gosskeið stendur yfir, þ.e. á tímabilum þegar eldvirkni gengur yfir:

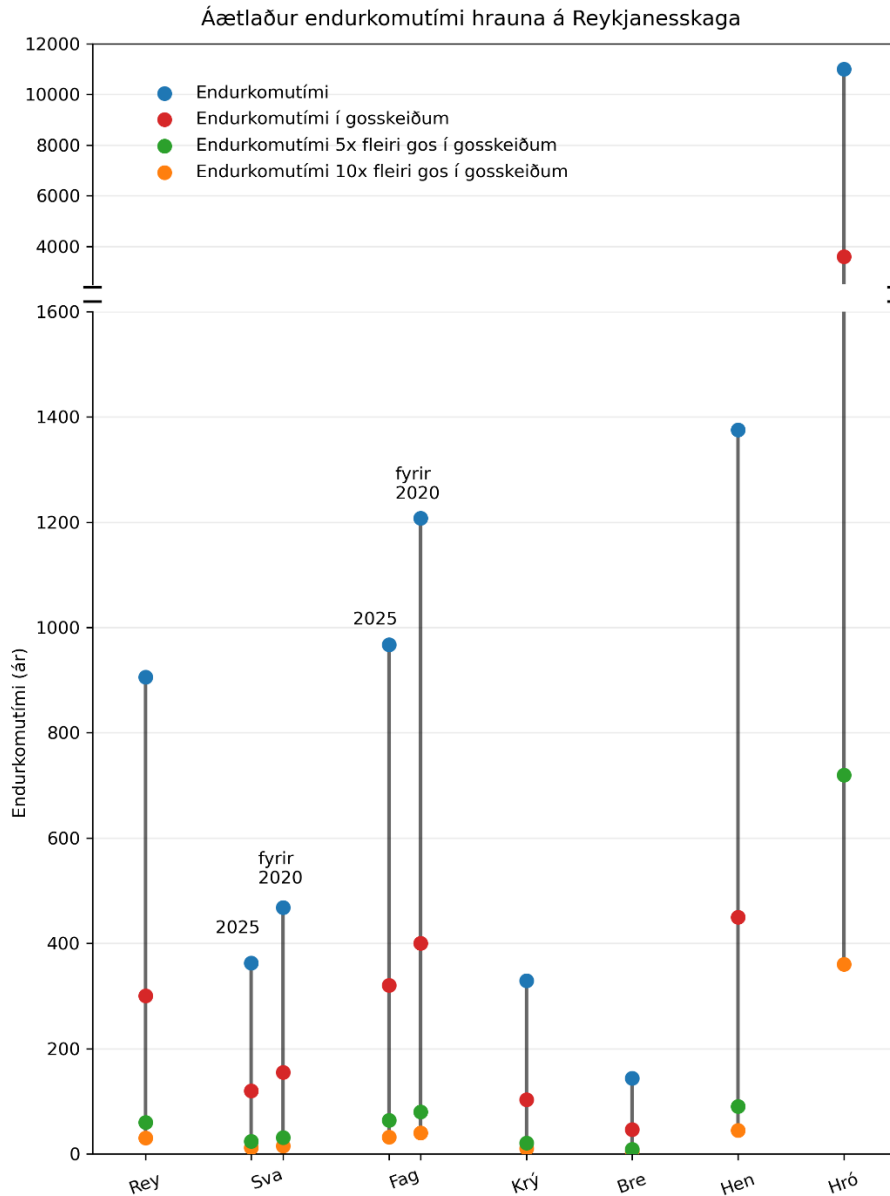
$$E_G=T_G/N$$

Fjöldi gosa (N) og endurkomutími innan gosskeiða (E_G) eru lykilatriði í hættumati vegna hraunavár þar sem það sýnir hve oft hvert eldstöðvakerfi hefur gosið og líklega tíðni gosa frá kerfinu.

Með aðferðinni sem lýst er hér að ofan er áætlaður fjöldi gosa í gosskeiðum frá Svartsengi 3,3 og frá Fagradalsfjalli 1,3 (Tafla 1). Á árunum frá 2021-2025 (fjögur af áætluðum 400 árum nýs gosskeiðs) hafa nú þegar orðið níu gos í Svartsengi og þrjú í Fagradalsfjalli. Þetta bendir til þess að fjöldi gosa í gosskeiðum og endurkomutími innan gosskeiða sé vanmetinn fyrir Reykjanesskaga í heild. Til að taka tillit til þeirrar miklu óvissu sem fylgir þekktri gossögu eldstöðvakerfanna hefur endurkomutími innan gosskeiða einnig verið áætlaður miðað við 5 og 10 sinnum meiri fjölda gosa en þekktur er (Tafla 1, neðri hluti). Niðurstöður áætlunar þessara mismunandi endurkomutíma fyrir eldstöðvakerfi Reykjanesskaga eru sýndar á Mynd 3.

Gossaga síðasta gosskeiðs bendir til þess að endurkomutími innan gosskeiða sé ekki línulegur og mismunandi eldstöðvakerfi virkjast á mismunandi tímum. Kerfi virkjast og eru mjög virk í ákveðinn tíma og svo koma goshlé sem geta jafnvel staðið í tugir ára, sbr. þekktu virkni í Reykjanes- og Krýsuvíkureldum (t.d. Kristján Sæmundsson & Magnús Á. Sigurgeirsson, 2013). Önnur eldstöðvakerfi, s.s. Brennisteinsfjöll hafa sýnt endurtekna virkni í árhundruð (sbr. 8 eldgos frá árunum ~900 til 1050; Viðauki I.I).

Í ljósi þess hve mikil óvissa fylgir áætluðum endurkomutíma er ekki unnið með tölulegt mat á líkum á hraunflæði innan tiltekins tímabils. Slíkt mat væri mjög óljóst og það þyrfti að vinna sérstaklega fyrir hvert eldstöðvakerfi fyrir sig enda er þekking á virkni kerfanna mismunandi. Því fá öll kerfi jafnt vægi í framsetningu niðurstaðna. Þó virðist ljóst að nútímavirkni eldstöðvakerfanna er mismunandi. Brennisteinsfjöll virðast vera virkasta eldstöðvakerfi Reykjaneskagans (með lægstan áætlaðan endurkomutíma) en Hrómundartindur sýnir minnsta virkni (með hæstan áætlaðan endurkomutíma). Fagradalsfjall er þriðja minnst virka eldstöðvakerfi samkvæmt fyrirliggjandi gögnum (Tafla 1, Viðauki I.I) en var engu að síður það kerfi sem hóf núverandi gosskeið. Það undirstrikar að þó eldstöðvakerfi sýni ekki mikla virkni í jarðsögulegu samhengi getur það gosið, jafnvel þó langt sé liðið frá síðasta gosi. Því verður að hafa hugfast að þó að einungis eitt hraun sé þekkt, t.d. frá Hrómundartindi, getur gos átt sér stað á kerfinu og valdið eldfjallavá.



Mynd 3. Áætlaður endurkomutími hrauna frá eldstöðvakerfum á Reykjaneskaga. Endurkomutími er áætlaður út frá mismunandi forsendum: Bláir punktar sýna endurkomutíma miðað við heildarfjölda þekktra hrauna og áætlaðan hámarksaldur þeirra; Rauðir punktar sýna endurkomutíma innan áætlaðra gosskeiða. Grænir og appelsínugulir punktar sýna endurkomutíma innan áætlaðra gosskeiða að því gefnu að gos séu 5 og 10 sinnum fleiri en þekkt er. Tvenns konar áætlun var gerð fyrir Svartsengi og Fagradalsfjall, annars vegar byggð á fjölda þekktra hrauna við lok ár 2025 (merkt 2025) og hins vegar byggð á fjölda þekktra hrauna fyrir upphaf nýs gosskeiðs (þ.e. fyrir 2020).

Estimated recurrence interval of lava flows from volcanic systems on the Reykjanes Peninsula. Recurrence interval is estimated using different approaches: Directly applying the age of the oldest lava flow divided by the total number of known lava flows (blue), Estimating cumulative years of rifting episodes for each volcanic system divided by the total number of known lava flows (red), Applying the same number of years as in red but multiplying the number of known lava flows by five (green) and Applying the same number of years as in red but multiplying the number of known lava flows by 10 (orange). Two estimates were made for Svartsengi and Fagradalsfjall, considering flows that were emplaced up through 2025 (2025) and considering only flows that were emplaced prior to the ongoing eruptive period (fyrir 2020).

2.2 Eiginleikar hrauna á Reykjanesskaga

Eldgos sem framleiða hraun geta verið mjög mismunandi og geta þar af leiðandi valdið margskonar hættum. Öll hraun á Reykjanesskaga eru mynduð í basískum hraungosum og því er líklegast að hraunavá á skaganum stafi af slíkum gosum í framtíðinni. Basísk hraun eru, líkt öðrum hraunum, seigfljótandi, þyngdardrífinn vökvi (þ.e. rennur undan halla). Eiginleikar hraunrennslis frá gosupptökum, s.s. útstreymishraði, rennlishraði, myndun flutningskerfis, kólnun og kólnunarhraði, og undirlagið sem það rennur yfir, stjórnar gerð hraunsins sem myndast og hættum sem af því stafar. Sem dæmi má nefna að flutningskerfi getur ýmist verið opið eða lokað og ef lokað flutningskerfi nær að myndast hægist á kólnunarhraða hraunsins og það getur náð að flæða lengra frá upptökum en annars.

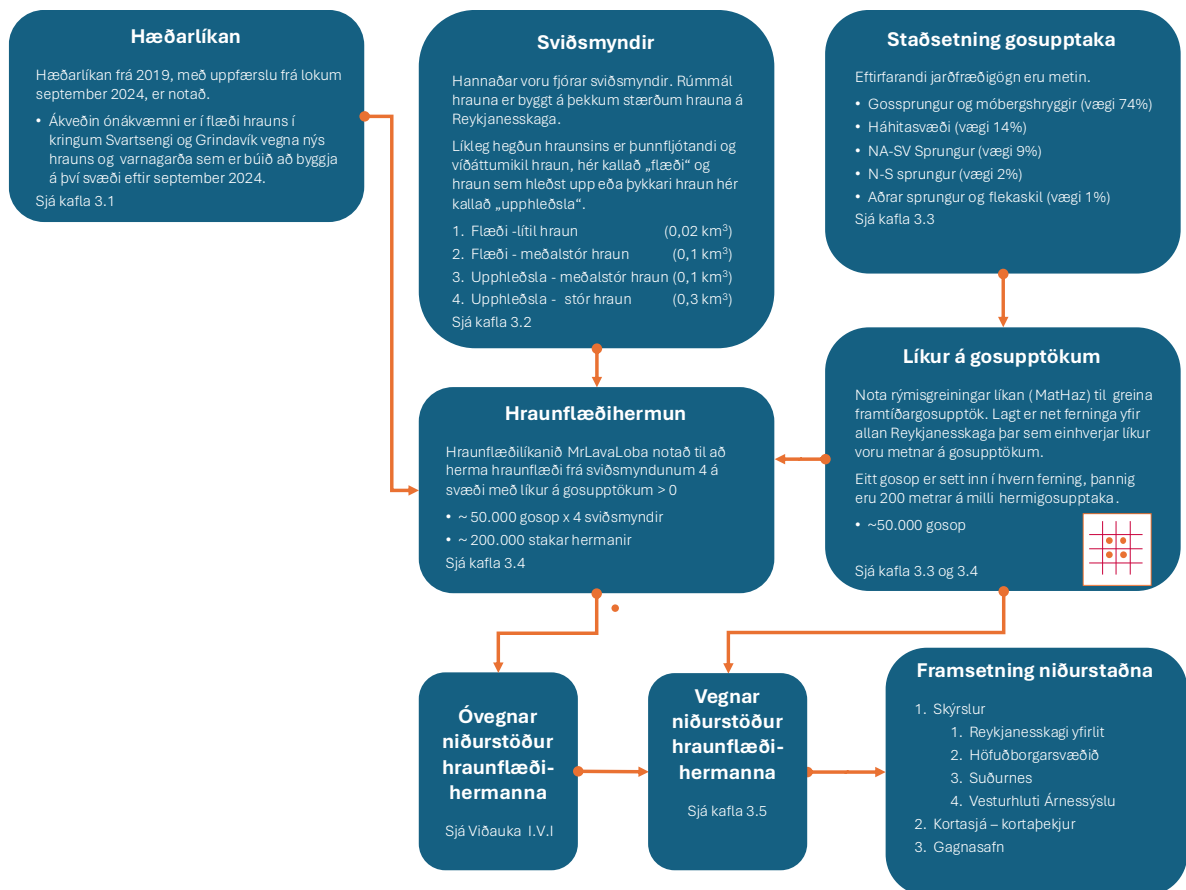
Skoðun hrauna á Reykjanesskaga sýnir að þar hafa bæði myndast hraun sem hafa flætt töluvert langt frá upptökum (t.d. Kapelluhraun, Hellnahraun og nýju hraunin frá Sundhnúksgígum) og hraun sem hafa frekar hlaðist upp og þykknað (sbr. Arnarseturshraun og nýju hraunin í Fagradalsfjalli). Löng hraunrennslisleið bendir til þess að þar hafi verið um að ræða gos með öflugan upphafsfasa (þ.e. hár útstreymishraði kviku og hröð hraunútbreiðsla) og að hraunið hafi runnið hratt eða að gosið hafi staðið lengi og náð að mynda stöðug flutningskerfi. Landslag umhverfis upptök skiptir auk þess máli og halli lands frá þeim. Eldgos sem eru ekki jafn öflug og með lægri útstreymishraða í upphafi goss mynda frekar hraunbreiður sem byggjast upp og þykkna og ná ekki eins mikilli hraunrennislengd. Slík eldgos geta jafnvel myndað dyngjur ef þau eru langvarandi.

Báðar hraungerðir hafa myndast á Reykjanesskaga eftir að nýtt gosskeið hófst. Fyrsta eldgesið í Fagradalsfjalli, árið 2021, einkenndist af litlum útstreymishraða, en eldgesið stóð í sex mánuði og byggði upp hraunbreiðu sem þekur u.þ.b. 5 km² og er að meðaltali um 30 m þykk í dölum Fagradalsfjalls (Gro B. M. Pedersen o.fl., 2022). Eldgosin á Sundhnúksgígaröðinni (á árunum 2023–2025), innan Svartsengiskerfisins, einkenndust af miklum útstreymishraða í upphafi goss og miklu og hröðu hraunflæði. Í þeim gosum rann hraun hæglega 4–5 km frá upptökum á fyrstu 6–8 klukkutímunum og myndaði hraunbreiður sem þekja jafnvel yfir 15 km².

3 Aðferðafræði

Langtímahættumat vegna hraunavár byggir á þekkingu á eldvirkni og hraunum þess svæðis sem unnið er með í hvert sinn. Við gerð langtímahættumats eru því hannaðar sviðsmyndir út frá jarðfræðilegri og sögulegri þekkingu á svæðinu. Sviðsmyndirnar eiga að endurspeglaríkjandi goshegðun svæðisins og líkön eru keyrð til að meta möguleg áhrif þessara gosa.

Hér er hraunflæðilíkanið MrLavaLoba (de'Michieli Vitturi & Tarquini, 2018) notað til að herma hraunflæði á Reykjaneskaga og meta vá af völdum þess. Líkanið hefur áður verið notað við gerð langtímahættumats í Vestmannaeyjum (Melissa Anne Pfeffer o.fl. 2020) og á vestanverðum Reykjaneskaga (Bergrún A. Óladóttir o.fl., 2023 a,b). Til að ganga úr skugga um að niðurstöður líkansins séu raunhæfar hefur það verið prófað með því að láta það herma mörg þekkt hraun, s.s. hraun úr Etnu á Ítalíu frá árinu 2001, Kilauea á Hawaii árin 2014–2016, Holuhraun 2014–2015 (de'Michieli Vitturi og Tarquini, 2018, Tarquini o.fl. 2019). Auk þess hefur Veðurstofa Íslands notað líkanið til að áætla hraunflæði í þeim eldgosum sem orðið hafa á Reykjaneskaga frá árinu 2021 (Gro B. M. Pedersen o.fl. 2023).



Mynd 4. Yfirlit yfir verkþætti langtímahættumats vegna hraunavár.

Workflow of the long-term lava hazard assessment.

Mynd 4 sýnir flæðirit yfir aðferðafræði langtímahættumats vegna hraunavár á Reykjaneskaga. Svo hægt sé að keyra hraunhermanir með hraunflæðilíkaninu MrLavaLoba eru nauðsynleg inntaksgögn: i) landslag (hæðarlíkan, sjá kafla 3.1), ii) ákveðin gosupptök –

hér nefnd hermigosupptök, (sjá kafla 3.3 og 3.4) og iii) goseiginleikar sem skilgreindir eru í sviðsmyndum (sjá kafla 3.2). Inntaksgögnum eru gerð frekari skil í köflum 3.1 til 3.5.

3.1 Landslag og hæðarlíkan

Landslag hefur mikil áhrif á hegðun og rennslisstefnu hrauna. Hæðarlíkanið sem hraunhermanir eru keyrðar á er samsett úr IslandsDEM_v1 frá árunum 2010–2019 (byggt af Landmælingum Íslands sem er nú hluti af Náttúrufræðistofnun; <https://dem.gis.is/mapview/?application=DEM>). Auk þess var hæðarlíkanið umhverfis Fagradalsfjall og Sundhnúksgíggaröðina uppfært í lok september 2024 vegna landslagsbreytinga af völdum endurtekinna eldgosa á svæðinu. Frá því í september 2024 hefur gosið þrisvar sinnum (skrifað í janúar 2026) og niðurstöður sem hér eru settar fram taka því ekki tillit til breytinga sem orðið hafa á landslagi umhverfis Sundhnúksgíggaröðina eftir september 2024. Annars staðar er hæðarlíkanið frá 2019 og þar taka hraunhermanir ekki tillit til breytinga sem orðið hafa á landslagi síðan þá (s.s. vegir og nýbyggingar). Upplausn hæðarlíkansins er 5x5 m í lárétta stefnu og 1 m í lóðrétta stefnu.

Nánar er fjallað um hæðarlíkanið í Viðauka I.II.

3.2 Hönnun sviðsmynda

Í mati á langtímahraunavá Reykjanesskaga er unnið með sviðsmyndir, þ.e. skilgreindar forsendur, sem hannaðar eru út frá þekkingu á hraunum Reykjanesskagans. Það er gert með það að leiðarljósi að staðsetja útsett eða berskjölduð svæði, en ekki að reyna sjá fyrir nákvæma framvindu næsta mögulega atburðar. Á skaganum þekkjast bæði hraun sem hafa runnið fremur langt frá upptökum (sbr. Kapelluhraun, Hellnahraun, nýju Sundhnúkshraunin) og hraun sem hafa frekar hlaðist upp og þykknað (sbr. Arnarseturshraun og nýju hraunin í Fagradalsfjalli). Löng hraunrennslisleið bendir til þess að þar hafi verið um að ræða gos með öflugan upphafsfasa (þ.e. hár útstreymishraði kviku og hröð hraunútbreiðsla) og að hraunið hafi runnið hratt eða að gosið hafi staðið lengi og náð að mynda stöðug flutningskerfi með lokuðum hraunrásum. Landslag umhverfis upptök skiptir auk þess máli og halli lands frá þeim. Hraun sem hlaðast frekar upp og þykkna hafa líklega lægri útstreymishraða í upphafi goss.

Til að varpa ljósi á þessa mismunandi eiginleika hrauna sem þekkt eru á Reykjanesskaga hafa tvær stillingar hraunflæðilíkans verið settar upp:

- *Flæðistilling* - líkir eftir öflugum, stuttum gosum sem mynda þunnfljótandi og víðáttumikil hraun.
- *Upphleðslustilling* - líkir eftir lengri, hægari gosum sem hafa tilhneigingu til að byggja upp þykkari hraun.

Stillingarnar tvær hafa verið hannaðar og prófaðar í rauntíma með hermunum gosa í Fagradalsfjalli árið 2021 (*Upphleðslustilling*) og með hermunum á hraunum sem mynduðust í gosum á Sundhnúksgíggaröðinni árin 2023–2025 (*Flæðistilling*).

Vegna takmarkaðrar þekkingar á rúmmálsstærð hrauna var ákveðið að vinna með þrjár stærðir (0,02, 0,1 og 0,3 km³) sem ætlað er að spanna rúmmál líklegra sprunguhrauna á

Reykjaneskaga. Þar sem lítið er þekkt af svo stórum sprunguhraunum á skaganum var ákveðið að stærstu hermdu hraunin yrðu 0,3 km³ þrátt fyrir að stærðarflokkun hrauna á Reykjaneskaga flokki hraun >0,5 km³ sem stór hraun (Magnús Á. Sigurgeirsson & Sigmundur Einarsson, 2019). Við gerð langtímahættumatsins var því unnið með fjórar sviðsmyndir. Þær eru allar taldar líklegar og eru hannaðar til að endurspeglar þekkta hegðun hraunflæðis á Reykjaneskaga. Sviðsmyndirnar eru kenndar við stillingu og afstæða stærð og kallast héðan í frá:

- *Flæði – lítil hraun* (0,02 km³)
- *Flæði – meðalstór hraun* (0,1 km³)
- *Upphleðsla – meðalstór hraun* (0,1 km³)
- *Upphleðsla – stór hraun* (0,3 km³)

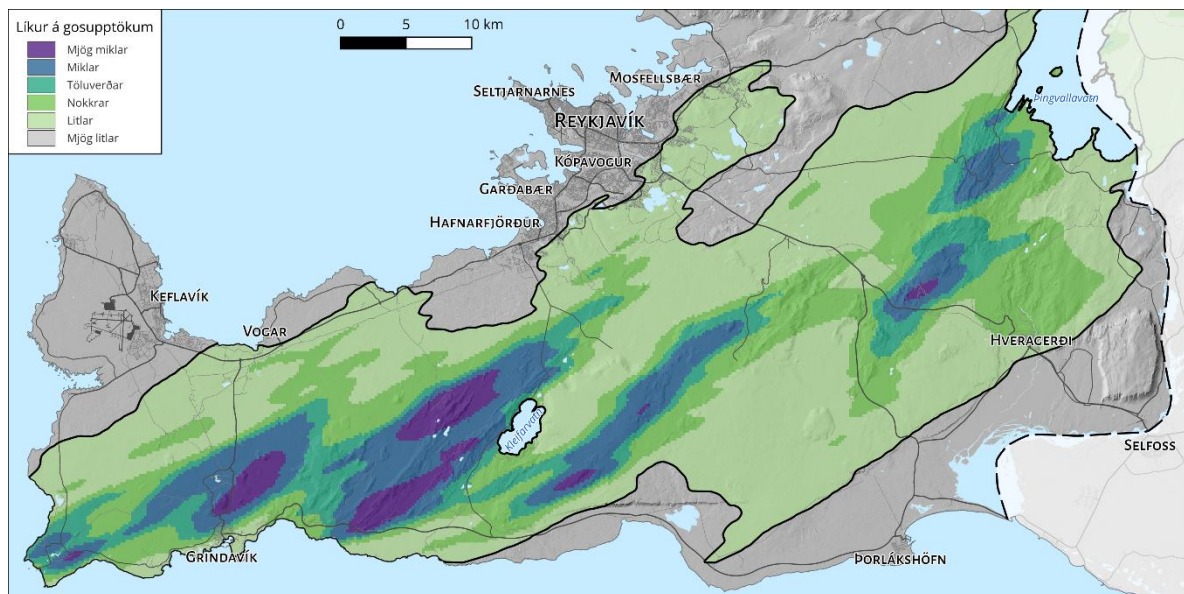
Fyrir hermun lítilla hrauna (0,02 km³) var eingöngu notuð *Flæðistilling* vegna þess að hraun af þessari stærð hermt með *Upphleðslustillingu* hefðu aðeins mjög staðbundin áhrif. Fyrir hermun stórra hrauna (0,3 km³) var eingöngu notuð *Upphleðslustilling* enda eru engin þekkt dæmi á Reykjaneskaga um svo stór hraun sem hafa einkenni sem fást með *Flæðistillingu*. Báðar stillingar voru notaðar fyrir hermanir meðalstórra hrauna (0,1 km³).

Til að setja þetta í samhengi við goshrinuna árin 2021–2025 voru hraunin í Fagradalsfjalli (2021–2023) á bilinu 0,01–0,15 km³ (allt að helmingur af því sem við höfum skilgreint sem stór hraun) en samtals hefur komið upp 0,18 km³ í Fagradalsfjallsgosunum þremur. Hraunin frá Sundhnúksígáaröðinni (2023–2025) voru á bilinu 0,0004–0,06 km³ (allt að helmingur af því sem við höfum skilgreint sem meðalstór hraun) og alls hefur komið upp 0,25 km³ í gosunum níu.

3.3 Líkur á framtíðar gosupptökum

Líkur á framtíðar gosupptökum, þ.e. líkur á að eldgos komi upp á tilteknum stað, voru metnar með líkaninu MatHaz (Bertin o.fl., 2019). Þekking á gossögu og jarðfræði svæðisins er notuð við líkanreikninga og hverjum þætti, gossprungum, ungum móbergshryggjum, háhitasvæðum og öðrum sprungum ásamt flekaskilum, er gefið ákveðið vægi (sjá frekari umfjöllun í Viðauka I.III). Þar sem þekkt gossaga bendir til að gosupptök verði ítrekað á svipuðum slóðum er vægi gossprungna mest í útreikningum. Þétt net hermigosupptaka (200x200 m) var sett yfir svæði sem samkvæmt niðurstöðum MatHaz líkansins sýnir einhverjar líkur á framtíðar gosupptökum (Mynd 5) að undanskildum djúpum vötnum þó að ekki sé alveg útilokað að gos geti komið upp í t.d. Kleifarvatni, en merki eru um forna sprengigíga syðst í vatninu. Þar sem hraunflæðilíkanið tekur ekki tillit til samspils vatns og kviku (sjá frekari umfjöllun í kafla 3.4) eru hraunhermanir ekki gerðar þaðan.

Nánari skýring á MatHaz líkaninu og bakgrunnsgögnum þess er í Viðauka I.III.



Mynd 5. Svört lína afmarkar svæði þar sem MatHaz líkanið gefur líkur á gosupptökum, að undanskildum djúpum vötnum. Litir tákna mismiklar líkur, frá gráu upp í fjólublátt (sjá frekari umfjöllun í kafla 4.2). Svarta línan sýnir jafnframt útmörk þétts nets hermigosupptaka (200x200m) sem var lagt yfir Reykjanesskaga (sjá frekari umfjöllun í kafla 3.3) en djúp vötn eru undanskilin þar sem hraunflæðilíkanið tekur ekki tillit til samspils vatns og kviku.

The black line encircles the area on the Reykjaness Peninsula, excluding deep water, where MatHaz model results indicate future eruptive vents may open. The colors, from grey up to purple (see further explanation in Chapter 4.2) indicate increasing likelihood. A 200x200 m grid applied within this colored area defines the vents used in the lava flow simulations. Deep water is excluded because the lava flow simulation code does not take water-lava interactions into account.

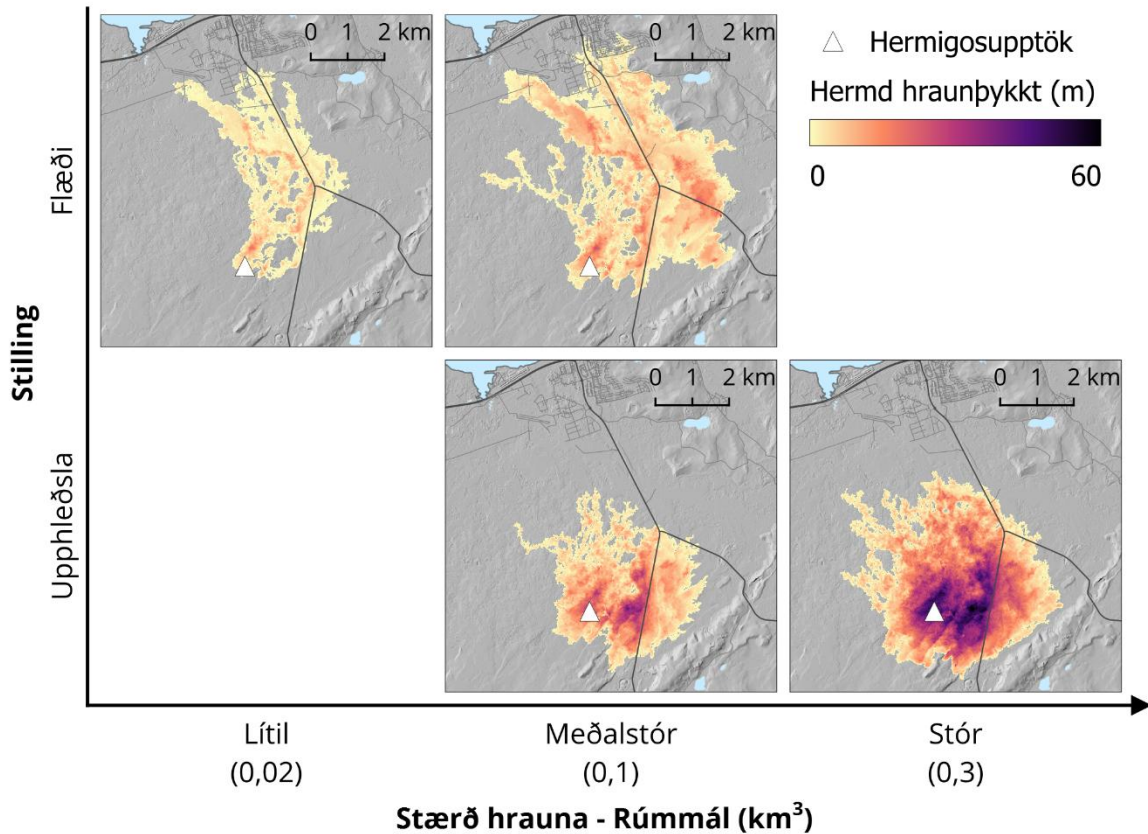
3.4 Hraunhermanir

Hraunflæðilíkön eru stærðfræðileg líkön hönnuð til að herma hraunflæði. Í hraunflæðilíkönunum eru notaðar fyrir fram gefnar forsendur og út frá þeim reynt að meta ýmsa þætti hraunavár, s.s. líklega útbreiðslu hrauns frá upptökum, hvaða svæði eru berskjölduð fyrir hraunflæði (þ.e. hvar er líklegast að hraun renni) og hver framrásarhraði þeirra verður. Mörg hraunflæðilíkön eru til (t.d. Favalli o.fl., 2005, Del Negro o.fl., 2019) og eðlisfræðilegar forsendur þeirra eru mjög mismunandi, en öll eiga þau það sameiginlegt að vera nálganir á flókinni hegðun hrauna. Mikilvægir þættir í mati á hraunavá eru því að i) hanna raunhæfar sviðsmyndir eldgosa (stærð og gerð hrauna) til hermunar og ii) prófa hermanir með raungögnum, þ.e. athuga hve nálægt raunveruleikanum hermun kemst.

Mjög vel hefur verið fylgst með hraunflæði í gosum Reykjaneskaga frá árinu 2021. Við stillingu hraunflæðilíkansins MrLavaLoba var leitast við að líkanið gæti hermt hraunflæði frá gosunum í Fagradalsfjalli 2021–2023 og á Sundhnúksgíggaröðinni 2023–2024 sem allra best. Auk þess var séð til þess að líkanið gæti hermt eldri hraun á Reykjaneskaga (s.s. Arnarseturshraun og Kapelluhraun). Stilling líkansins stjórnar hegðun hraunsins sem hermt er og leiðir til mismunandi flæðislengdar og upphleðslu. Mynd 6 sýnir samanburð niðurstaðna mismunandi stillinga hraunflæðilíkansins og breytilegt hermt rúmmál, en allar hermanir eru gerðar frá sömu hermigosupptökum.

Mikil óvissa fylgir því hvar gosupptök verða og því voru hraunhermanir gerðar frá þéttu neti hermigosupptaka sem var jafndreift með 200 m millibili um það svæði Reykjaneskaga sem samkvæmt MatHaz líkani hefur einhverjar líkur á gosupptökum (sjá afmörkun á Mynd 5). Alls gefur það 47.174 hermigosupptök. Hermigosupptök eru 75 m löng, þannig að hver hraunhermun er gerð frá 75 langri gossprungu. Fjórar sviðsmyndir voru hermdar (sjá kafla 3.2) frá hverjum hermigosupptökum sem gefur því samtals tæplega 200.000 hermanir sem liggja til grundvallar langtímahættumatinu.

Nánari upplýsingar um inntaksgögn og stillingu MrLavaLoba má finna í Viðauka I.IV og frekari upplýsingar um hraunflæðilíkanið MrLavaLoba má finna á ensku í de'Michieli Vitturi & Tarquini, 2018.



Mynd 6. Samanburður hraunhermana með mismunandi stillingum hraunflæðilíkansins MrLavaLoba. Allar hermanir eru gerðar frá sömu hermigosupptökum (hvítur þríhyrningur) en mismunandi stillingar (y-ás) og hermt hraunrúmmál (x-ás) stjórna breytileika niðurstaðna. Stillingin sem kallast „Flæði“ hermíur hraun sem ná lengra frá upptökum vegna hærri útstreymishraða í upphafi goss. Stillingin sem kallast „Upphleðsla“ hermíur hraun sem byggjast frekar upp og þykkna og ná því ekki eins mikilli útbreiðslu.

A comparison of lava simulation results from one location (white triangle) for the four different MrLavaLoba code tunings. Different eruption styles are shown on the y-axis and different eruption volume are shown on the x-axis. These differences between each scenario drive the variability in the results. The style called „Flæði“ simulates lavas which reach further from their origin due to a higher extrusion rate at the start of each run. The style called „Upphleðsla“ simulates lavas that preferentially build up thicker and don't extend as far.

3.5 Niðurstöður og úrvinnsla gagna

Í verkefninu er unnið með fimm tegundir niðurstaðna:

- 1) Líkur á gosupptökum úr MatHaz.
- 2) Einstakar hraunhermanir úr MrLavaLoba.
- 3) Hraunsöfnunarsvæði: samandregnar niðurstöður allra hraunhermana úr MrLavaLoba (óvegnar niðurstöður) eingöngu miðað við landslag (sjá frekar Viðauka I.IV.II).

- 4) Líkur á hraunflæði: samandregnar niðurstöður allra hraunhermana (MrLavaLoba) þar sem hver hermun fær vægi eftir því hve líkleg hermigosupptök hennar eru (MatHaz; vegnar niðurstöður) og gefur því yfirlit yfir hve útsett svæði eru fyrir hraunflæði (sjá niðurstöður sem settar eru fram í kafla 4 og undirköflum).
- 5) Svæði á efsta hættustigi hraunavár: svæði sem eru í efstu 10% líkur á hraunavá hvort sem er vegna nálægðar við líkleg gosupptök eða vegna líklegs hraunflæðis.

Meginmunur á óvegnum niðurstöðum (nr. 3; Nánar lýst í Viðauka I.IV.II) og vegnum niðurstöðum (nr. 4) er að óvegnar sýna líkleg hraunsöfnunarsvæði eingöngu miðað við landslag en vegnar niðurstöður sýna líkur á að svæði verði fyrir hraunflæði að teknu tilliti til þess hve líkleg gosupptök hraunhermana eru. Vegnar niðurstöður fást með því að margfalda hraunsöfnunarsvæði (MrLavaLoba nr. 3) með líkum á gosupptökum (frá MatHaz nr.1, sjá 3.3) og sýna á þann hátt hvar eru meiri og hvar minni líkur á að hraun muni flæða að teknu tillitil til þess hve líkleg hermd gosupptök eru.

Frekari upplýsingar um úrvinnslu gagna má sjá í Viðaukum I.IV.I. og I.VI

3.6 Framsetning gagna

Við framsetningu niðurstaðna og kortlagningu er leitast við að varpa ljósi á berskjöldun mikilvægra innviða fyrir hraunavá. Slíkir innviðir geta bæði legið á svæðum og um svæði þar sem líkur eru á gosupptökum innan tiltekins eldstöðvakerfis og á svæðum sem eru hraunrennislisleiðir hrauna frá einu eða fleiri kerfum. Sérstaklega er fjallað um innviði sem liggja á svæðum þar sem líkur á gosupptökum eða hraunflæði eru metnar töluverðar eða meiri og þessi svæði eru númeruð á kortum frá vestri til austurs.

Staðsetning mikilvægra innviða á kortunum er fengin frá mismunandi hagaðilum og táknaskýringar voru hannaðar með áherslu á skýran og aðgengilegan lestur. Með þessari framsetningu er reynt að brúa bil milli hugtakanna hætta (vá) og áhætta: líkindakort fyrir hraunflæði lýsa vá, en þegar þau eru lögð yfir innviðakort verður mögulegt að meta berskjöldun og þar með áhættu fyrir tiltekin svæði.

Nánari upplýsingar um framsetningu gagna og úrvinnslu má sjá í Viðaukum I.III, I.IV, [vantar] og I.VI.

3.7 Óvissuþættir og fyrirvarar

Við gerð langtímahættumats vegna hraunavár er ekki hægt að horfa fram hjá því að inntaksgögn eru háð bæði óvissu og fyrirvörum:

- ▶ **Jarðfræðigögn:** Yngri jarðsaga er betur varðveitt en sú eldri, þar sem yngri hraun hylja ummerki eldri goshrina. Eins geta verið eyður í jarðsögunni. Sem dæmi má nefna að lítið sem ekkert er þekkt af hraunum frá Brennisteinsfjöllum sem eru eldri en u.þ.b.7.500 ára (Tafla 1) þó svo að Heiðin Há gæti verið talsvert eldri en aldursgreiningu vantar til að staðfesta það. Aldur elstu þekktu hrauna endurspeglar þó fremur hve hratt eldri gosefni hafa verið grafin undir þeim yngri en að eldstöðvakerfið hafi ekki framleitt hraun fyrir þann tíma.

- ▶ **Sviðmyndir:** Sviðsmyndirnar sem eru notaðar eru byggðar á þekkingu dagsins í dag, þær spanna því ekki allar mögulegar aðstæður. Þrjár stærðir hrauna eru hermdar (0,02 km³; 0,1 km³; 0,3 km³) en í raunveruleikanum verða stærðir framtíðargosa líklega einhvers staðar á milli þessara gilda. Þar sem við höfum ekki upplifað og fylgst grannt með gosum sem eru fyrirmynd hraunhermunar sviðsmyndanna *Flæði – meðalstór hraun* og *Upphleðsla – stór hraun* er meiri óvissa tengd stillingu hraunflæðilíkansins fyrir þessar sviðsmyndir en fyrir *Flæði – lítill hraun* og *Upphleðsla – meðalstór hraun* sem hafa verið stilltar út frá þekkingu sem dregin er af hraunflæði á ranna 2021–2025. Niðurstöður sýna hvaða svæði eru útsett fyrir hraunflæði í skilgreindum sviðsmyndum og mikilvægt er að undirstrika að þar sem gossaga eldstöðvakerfanna er bæði stutt og takmörkuð fylgir mikil óvissa áætluðum endurkomutíma (sjá 2.1.1). Því var ákveðið að vinna ekki frekar með tölulegt mat á líkum á hraunflæði innan tiltekinna tímabila og því eru engar upplýsingar gefnar um hversu tíðar skilgreindar sviðsmyndir eru og öll kerfi fá jafnt vægi í niðurstöðum.
- ▶ **Líkön:** Unnið er með niðurstöður líkanreikninga (úr líkönunum MatHaz og MrLavaLoba) en ekki raunveruleika. Til að sannreyna niðurstöður úr MatHaz (líkani sem metur líkur á gosupptökum) voru raunveruleg gosupptök eftir maí lok 2024 borin saman við þær (Viðauki I.III, Mynd V2). Sá samanburður er auðsýnilega mjög staðbundinn í kringum Svartsengi og Fagradalsfjall en raunveruleg gosupptök lentu innan líklegra gosupptakasvæða skv. útreikningum líkansins. Hraunhermanir (MrLavaloba líkanið) eru aðeins gerðar frá svæðum þar sem MatHaz líkanið gefur einhverjar líkur á gosupptökum. Niðurstöður hraunhermana (MrLavaLoba) hafa verið bornar saman við hraunflæði bæði í Fagradalsfjalli og á Sundhnúksgígaröðinni og við eldri hraun á Reykjanesskaga og líkanið stillt til að komast sem næst raunveruleikanum. Þrátt fyrir það eru þessar hermanir, þar sem líkt er eftir gosi úr 75 m langri sprungu, ekki samanburðarhæfar við raunveruleg gos sem hefjast gjarnan á mun lengri gossprungum sem síðan stytast með tímanum. Auk þess er MrLavaLoba ekki hannað til að herma breytingar á hraunflæði þegar hraun rennur í vatn.

Hættumat sem er unnið upp úr greiningum sem byggja á tölvuhermunum krefst ávallt málamiðlana milli þess sem er tæknilega framkvæmanlegt á vinnslutíma verkefnis og þess sem geta er til að framkvæma. Allt hættumat er í eðli sínu verk í vinnslu sem þarf að uppfæra og bæta eftir því sem þekking eykst bæði á viðfangsefninu sjálfu (jarðfræðileg þekking) og tæknileg þekking (t.d. reikni geta tölva).

4 Vá af völdum hraungosa á Reykjanesskaga

Meginatriði sem þarf að taka tillit til og huga að þegar hætta af völdum hraungosa og hraunflæðis er metin eru:

- 1) Líkur á hraunflæði yfir land
- 2) Líkur á gosupptökum.

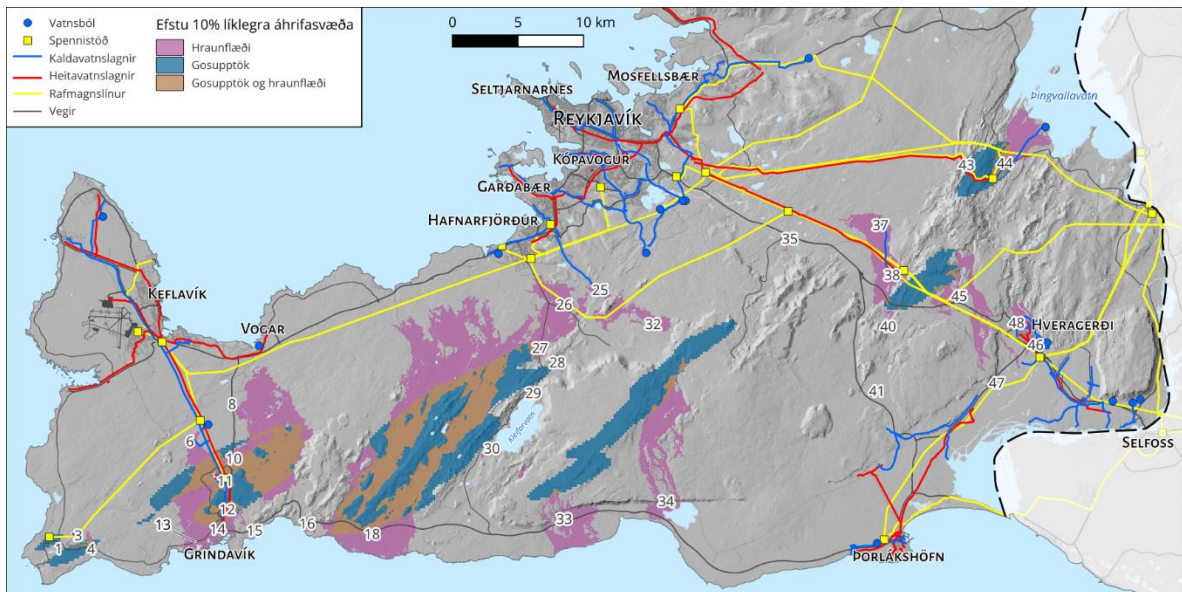
Í eftirfarandi kafla er lögð höfuðáhersla á þessi tvö atriði og niðurstöður langtíma-hættumats vegna hraunavár á Reykjanesskaga eru settar fram. Fyrst verður farið yfir þau svæði sem sýna mestar líkur á hraunavá (í efstu 10%, héðan í frá nefnt efsta hættustigi) hvort sem er vegna nálægðar við líkleg gosupptök eða vegna líklegs hraunflæðis (kafla 4.1). Í næsta kafla verður farið yfir líkur á gosupptökum (kafla 4.2) og því næst líkur á hraunflæði miðað við niðurstöður sviðsmyndanna fjögurra (kafla 4.3). Minnt er á að í ljósi þess hve mikil óvissa fylgir áætluðum endurkomutíma, hvort sem er fyrir einstök eldstöðvakerfi eða Reykjanesskaga í heild, er ekki unnið með tölulegt mat á líkum á hraunflæði innan tiltekins tímabils og hvert eldstöðvakerfi hefur sama vægi í niðurstöðum (sjá kafla 2.1.1).

Niðurstöður eru sérstaklega metnar á stöðum þar sem eru mikilvægir innviðir eins og virkjanir, raflínur, vegir eða heitt og kalt vatn (merkt með tölustöfum á kortum frá vestri til austurs). Tafla V.6 í viðauka I.VII gefur yfirlit yfir byggðarlög og mikilvæga innviði á svæðinu. Þar eru auk þess upplýsingar um hversu berskjölduð slík svæði eru fyrir gosupptökum og hraunflæði (út frá öllum fjórum sviðsmyndum).

Áréttað er að gögn sem liggja að baki langtímahættumatinu eru auk þess aðgengileg í gegnum kortasjá, kortaþekjur og gagnasafn sem gerir almenningi og sérfræðingum kleift að nýta gögnin eftir þörfum hvers og eins, www.eldfjallava.is. Skaganum er auk þess skipt í þrjú svæði sem fá sérstaka umfjöllun í sér skýrslum.

4.1 Svæði á Reykjanesskaga á efsta hættustigi

Hraunavá á Reykjanesskaga er mest á þeim svæðum þar sem mestar líkur eru á hættu af völdum gosupptaka, hraunflæðis eða beggja þátta. Mynd 7 sýnir svæði í efsta hluta líkindagagnasetts (efstu 10%) fyrir hraunflæði, gosupptök og báða þætti. Héðan í frá verða þessi svæði kölluð svæði á efsta hættustigi.



Mynd 7. Svæði á Reykjaneskaga sem eru á efsta hættustigi, þ.e. efstu 10% áhrifasvæða þar sem hraunavá er mest af völdum hraunflæðis (bleikt), gosupptaka (blátt) eða beggja þátta (brúnt). Númer vísa til tiltekinna staðsetninga sem er lýst ítarlega í Tafla V.6.

The top 10 % exposed areas on the Reykjanes Peninsula to lava hazard, i.e. the highest likelihood of lava inundation (purple), vent opening (blue) or both (brown). The numbers refer to specific areas of interest that are described fully in Tafla V.6.

4.1.1 Þéttbýli

Tveir þéttbýliskjarnar, Grindavík og Hveragerði, eru á svæðum á efsta hættustigi, þ.e. þar sem hraunavá er mest (efstu 10%; staðsetningar nr.: 14, 46, Mynd 7). Grindavík er útsett fyrir mjög mikilli hættu á hraunflæði og mjög miklum líkum á gosopnun, en Hveragerði er útsett fyrir mjög mikilli hættu á hraunflæði. Hlutar Hafnarfjarðar eru um 1 km frá svæðum þar sem líkur á hraunflæði eru mjög miklar.

4.1.2 Mikilvægir innviðir

Nokkuð er um að mikilvægir innviðir (virkjanir, raflínur, vegir, vatnsból og vatnslagnir) á Reykjaneskaga séu staðsettir á svæðum á efsta hættustigi (efstu 10%; Mynd 7). Hér að neðan er upptalning á þeim þ.e. þeim mikilvægu innviðum sem eru staðsettir á efstu 10% líklegra áhrifasvæða eða þar sem mest hættu er á hraunflæði, gosupptökum eða hvoru tveggja.

4.1.2.1 Virkjanir og tengdir innviðir

Á Reykjaneskaga eru fjórar jarðvarmavirkjanir sem nýta jarðhita frá háhitasvæðum til raforku- og/eða varmaframleiðslu. Virkjanirnar fjórar: á Reykjanesi, í Svartsengi, á Hellisheiði og á Nesjavöllum (staðsetningar: 1, 11, 38, 44; Mynd 7,) eru staðsettar innan eldstöðvakerfa Reykjanes, Svartsengis og Hengils. Þær eru allar staðsettar á svæðum á efsta hættustigi (efstu 10%; Mynd 7). Veitukerfi (s.s. raflínur og vatnslagnir) sem tengjast

virkjunum liggja einnig um þessi svæði (staðsetningar: 1, 3, 6, 11, 12, 37, 38, 43, 44; Mynd 7). Þar af leiðandi er ljóst að ef eldstöðvakerfin virkjast og eldgos hefjast, eru virkjanir og tengdir innviðir innan viðkomandi eldstöðvakerfis útsett fyrir mikilli vá. Þetta hefur ítrekað sýnt sig fyrir eldstöðvakerfi Svartsengis í yfirstandandi atburðum á Sundhnúks-gígaröðinni.

4.1.2.2 Aðrar raflínur

Sogslína 2, Sogslína 3 og Búrfellslína 3 liggja yfir eldstöðvakerfi Hengils og Hrómundartindar og eru í hættu ef umbrot verða innan þessara eldstöðvakerfa. Sogslína 3 fer yfir Nesjavallasvæðið (staðsetning: 44; Mynd 7). Sogslína 2 og Búrfellslína 3 liggja um útsett svæði Hellisheiðar gagnvart hraunavá (staðsetningar: 38, 45; Mynd 7) og þær geta einnig orðið fyrir áhrifum af hraunflæði frá eldstöðvakerfi Brennisteinsfjalla. Búrfellslína 3 liggur einnig yfir eldstöðvakerfi Krýsuvíkur (staðsetning: 26; Mynd 7).

4.1.2.3 Vegir og samgöngur

Margir vegir eru á svæðum á efsta hættustigi (í efstu 10%; Mynd 7), annaðhvort vegna gosupptaka eða hraunflæðis.

Nokkrir staðir á **Þjóðvegi 1** liggja yfir svæði á efsta hættustigi, s.s. frá höfuðborgarsvæði í átt að Suðurlandi (staðsetningar: 35, 38, 40, 45; Mynd 7) og við Hveragerði (staðsetning: 46; Mynd 7). Þessi svæði eru öll á miklum hættusvæðum ef umbrot hefjast í eldstöðvakerfum Hengils eða Brennisteinsfjalla.

Yfir 60 km af **Suðurstrandarvegi** eru á svæðum með hæstu flokkun hraunavár (staðsetningar: 14, 15, 16, 18, 33, 34; Mynd 7). Suðurstrandarvegi gæti verið ógnað af hraunum frá eldstöðvakerfum Brennisteinsfjalla, Krýsuvíkur og Svartsengi.

Krýsuvíkurvegur liggur yfir hættusvæði á staðsetningum 27, 28, 29,-30 (Mynd 7).

Stórir kaflar **Grindavíkurvegjar og Víkurbraut** eru innan svæða með mjög mikla hættu (staðsetningar: 8, 10, 11, 12, 14; Mynd 7) vegna staðsetningar hans innan eldstöðvakerfis Svartsengis eins og hefur þegar sýnt sig í yfirstandandi umbrotahrinu í Svartsengi.

Nesvegur er í mikilli hættu vegna hraunflæðis frá eldstöðvakerfi Svartsengis nálægt Grindavík, sem einnig hefur sýnt sig í yfirstandandi umbrotahrinu í Svartsengi (staðsetning: 13; Mynd 7), en hann er einnig á mikilli hættu (staðsetningar: 1, 4; Mynd 7) vegna eldstöðvakerfis Reykjaness.

Stuttir kaflar **Þorlákshafnarvegjar** eru á hættusvæðum nálægt Hveragerði (staðsetningar: 46, 47; Mynd 7).

Nesjavallaleið er í hættu nálægt staðsetningum 43 og 44 (Mynd 7) og **Bláfjallavegur** er í hættu nálægt staðsetningu 32 (Mynd 7).

Prengslavegur er berskjaldaður á litlu svæði milli Litla-Meitils og Sandfells (staðsetning: 41; Mynd 7).

Ein höfn er staðsett á svæði á efsta hættustigi, **Grindavíkurhöfn**, hún er berskjölduð fyrir hraunavá (staðsetning: 14; Mynd 7).

4.1.2.4 Neysluvatn

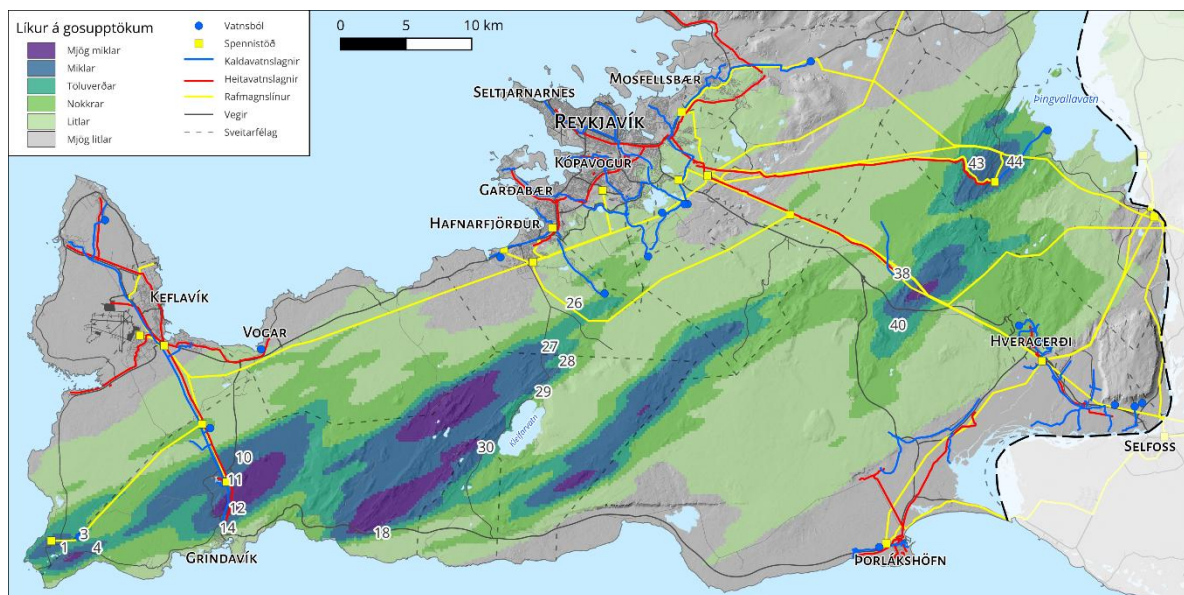
Vatnsbólín **Kaldárbotnar** í Hafnarfirði og **Selhæðir** í Hveragerði eru staðsett á efsta hættustigi (staðsetningar: 25, 48; Mynd 7).

Hér að ofan hafa ekki verið taldir upp innviðir sem eru á lægri hættustigum (0–90% líkur á hraunflæði og/eða gosupptökum) en þeim verður gert skil í eftirfarandi kafla þar sem farið verður yfir hættur á minna berskjölduðum svæðum.

4.2 Líkur á gosupptökum á Reykjaneskaga

Líkanið MatHaz er notað til að reikna út líkur á gosupptökum (sjá kafla 3.3). Niðurstöður hafa verið flokkaðar á þann hátt að líkur á gosupptökum teljast vera frá *mjög litlum* til *mjög mikilla* (Mynd 8). Svæði þar sem MatHaz líkanið gefur engar líkur á gosupptökum (líkur=0) eru skilgreind sem *mjög ólíkleg* gosupptakasvæði (*mjög litlar* líkur, Mynd 8). Svæði þar sem MatHaz líkanið gefur >0 eru flokkuð nánar í *litlar* til *mjög miklar* líkur á gosupptökum (grænir til fjólubláir litir á Mynd 8, Viðauki I.VI). Til einföldunar er stuðst við eftirfarandi hlutfall flokkanna á líkum á gosupptökum:

- **Mjög miklar** líkur eru allt að 20 sinnum líklegri en *litlar* líkur.
- **Miklar** líkur eru allt að 10 sinnum líklegri en *litlar* líkur.
- **Töluverðar** líkur eru allt að 5 sinnum líklegri en *litlar* líkur.
- **Nokkrar** líkur eru allt að 3 sinnum líklegri en *litlar* líkur.



Mynd 8. Líkur á gosupptökum samkvæmt MatHaz líkaninu. Dekkri litir tákna meiri líkur. Svæði sem eru ólituð (grá) teljast hafa mjög litlar líkur á gosupptökum (MatHaz líkan gefur gildi=0). Mikilvægir innviðir eru einnig sýndir.

Likelihood of potential vent openings as calculated by the MatHaz model overlain by selected essential infrastructure. Higher likelihoods have darker colors. Grey areas are categorized as very little likelihood of vent opening (the model results indicate a probability of 0).

Mestu líkur á gosupptökum erum um miðbik eldstöðvakerfanna þar sem þau þvera flekaskilin, enda eru þar margar gossprungur. Yfirleitt eru *litlar* líkur á gosupptökum á dreifðum sprungusvæðum. Sprungurnar endurspegla sprungursveima sem eru partur af eldstöðvakerfum Reykjanesskaga (Mynd 2A, Kristján Sæmundsson og Magnús Á. Sigurgeirsson, 2013; Kristján Sæmundsson o. fl., 2020).

4.2.1 Þéttbýli

Grindavík er staðsett á svæði þar sem líkur á gosupptökum eru metnar *miklar* (staðsetning: 14; Mynd 8). Grindavík er jafnframt það þéttbýli á Reykjanesskaga sem liggur næst líklegum gosupptökum á Reykjanesskaga. Bæjarmörk Hafnarfjarðar eru tæplega 3 km frá svæðum þar sem líkur á gosupptökum eru taldar *töluverðar* og bæjarmörk Garðabæjar eru í um 3,5 km fjarlægð frá svæðum þar sem metnar eru *töluverðar* gosupptakalíkur (Mynd 8).

4.2.2 Mikilvægir innviðir

Talsvert stór hluti mikilvægra innviða á Reykjanesskaga liggur á svæðum þar sem metnar eru *töluvert* til *mjög miklar* líkur á gosupptökum (Mynd 8).

4.2.2.1 Virkjanir og tengdir innviðir

Allar virkjanir á Reykjanesskaga, þ.e. Reykjanesvirkjun, Svartsengisvirkjun, Hellisheiðarvirkjun og Nesjavallavirkjun eru staðsettar á svæðum þar sem líkur á gosupptökum eru metnar *töluverðar* til *mjög miklar* (staðsetningar: 1, 11, 38, 44; Mynd 8). Raflínur, vegir og vatnslagnir (heitt og kalt vatn) sem liggja frá virkjunum eru einnig a.m.k. að hluta til á svæðum þar sem eru metnar *töluverðar* til *mjög miklar* líkur á gosupptökum (staðsetningar: 1, 3, 11, 12, 38, 43, 44; Mynd 8).

4.2.2.2 Aðrar raflínur

Aðrar raflínur eins og Búrfellslína 3 og Sogslínur 2 og 3 liggja yfir Nesjavallasvæðið (staðsetning: 44; Mynd 8) og Hengilssvæðið (staðsetning: 38; Mynd 8) og eru þar útsettar fyrir hraunavá vegna mögulegra gosupptaka. Búrfellslína 3 fer einnig yfir svæði þar sem metnar eru *töluverðar* líkur á gosupptökum á Krýsuvíkurkerfinu (staðsetning: 26, Mynd 8).

4.2.2.3 Vegir

Helstu vegir sem liggja yfir svæði þar sem eru *töluverðar* til *mjög miklar* líkur á gosupptökum:

Þjóðvegur 1 (frá höfuðborgarsvæði að Suðurlandi) liggur yfir staðsetningar 38 og 40 (Mynd 8) og **Nesjavallaleið** liggur yfir staðsetningar 43 og 44 (Mynd 8) þar sem eru *töluverðar* til *mjög miklar* líkur á gosupptökum innan eldstöðvakerfis Hengils;

Suðurstrandarvegur liggur yfir staðsetningu 18 (Mynd 8) á áhrifasvæði Krýsuvíkurkerfisins eins og **Krýsuvíkurvegur** (staðsetningar: 27, 28, 29, 30; Mynd 8).

Grindavíkurvegur, **Víkurbraut** og **Nesvegur** liggja yfir svæði þar sem eru *töluverðar* til *mjög miklar* líkur á gosupptökum innan Svartsengis- og Reykjaneskerfanna (staðsetningar: 1, 11, 14; Mynd 8).

Aðrir aðalvegir eru í minni hættu vegna gosupptaka.

4.3 Líkur á hraunflæði á Reykjannesskaga

Líkur á hraunflæði á Reykjannesskaga eru metnar út frá hraunflæðihermunum með MrLavaLoba (sjá 3.4). Líkur á hraunflæði eru flokkaðar frá *mjög litlum* líkum upp í *mjög miklar* líkur (Tafla V.5 í Viðauka I.VI) þar sem flokkurinn *Mjög litlar* hefur tölugildið núll fyrir líkur og er litlaus á kortum (grár litur grunnkorts; Mynd 9). Svæði sem hafa líkur á hraunflæði >0 eru nánar flokkuð í *litlar* til *mjög miklar* líkur á hraunflæði (bleikir til fjólubláir litir; Mynd 9). Til einföldunar er stuðst við eftirfarandi hlutfall milli flokkanna þar sem líkur á að svæði verði fyrir hraunflæði eru:

- **Mjög miklar** líkur eru allt að **100 sinnum líklegri** en *litlar* líkur.
- **Miklar** líkur eru allt að **30 sinnum líklegri** en *litlar* líkur.
- **Töluverðar** líkur eru allt að **10 sinnum líklegri** en *litlar* líkur.
- **Nokkrar** líkur eru allt að **5 sinnum líklegri** en *litlar* líkur.

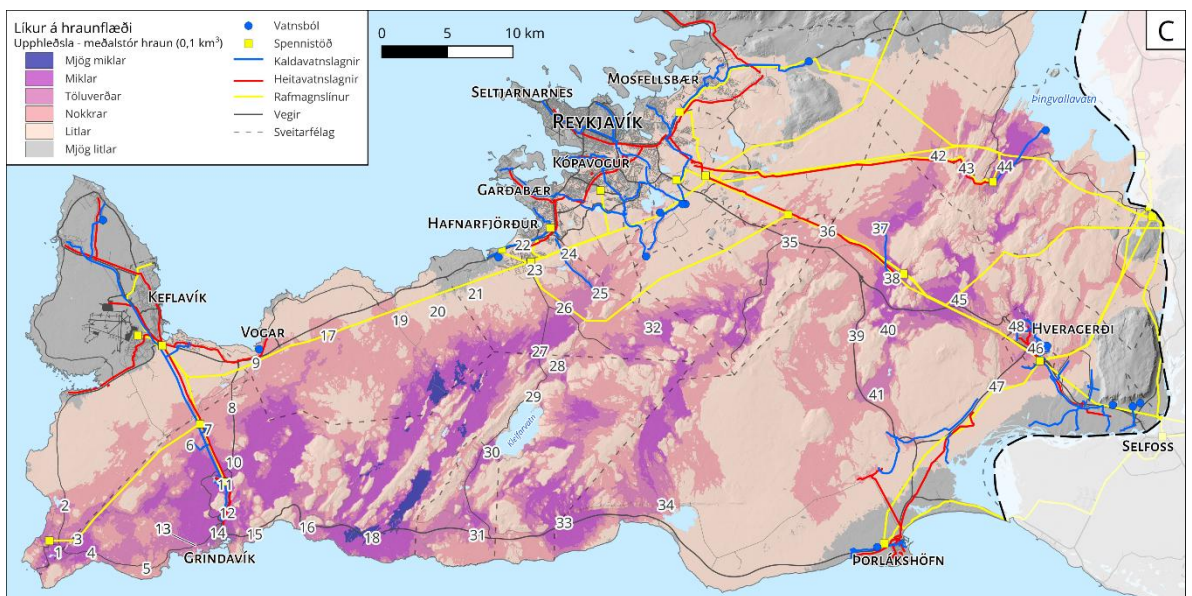
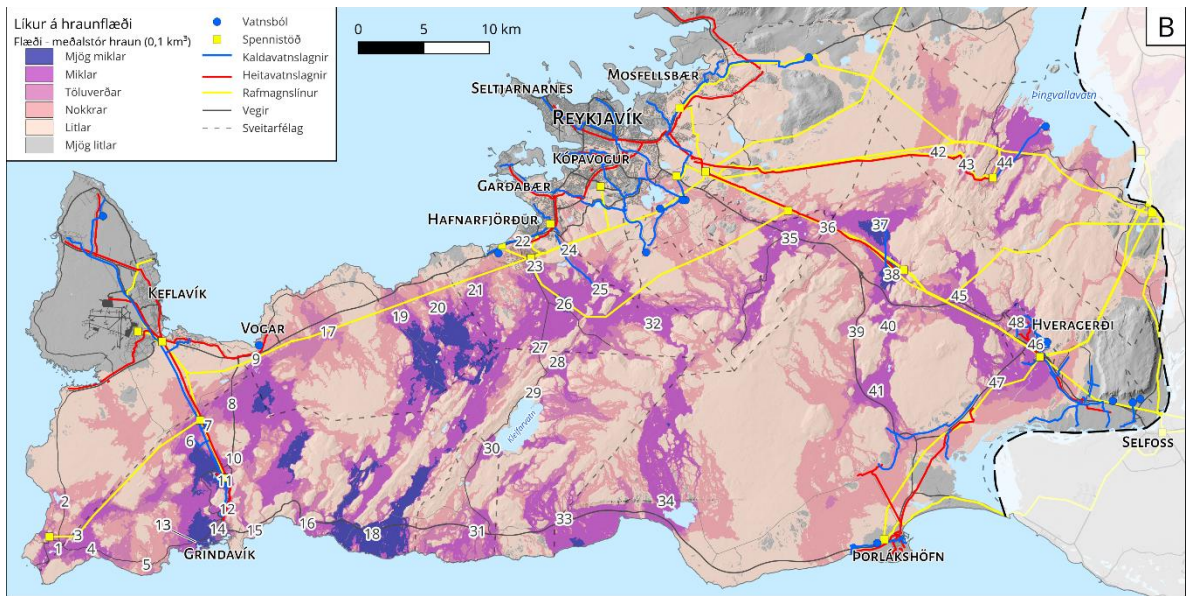
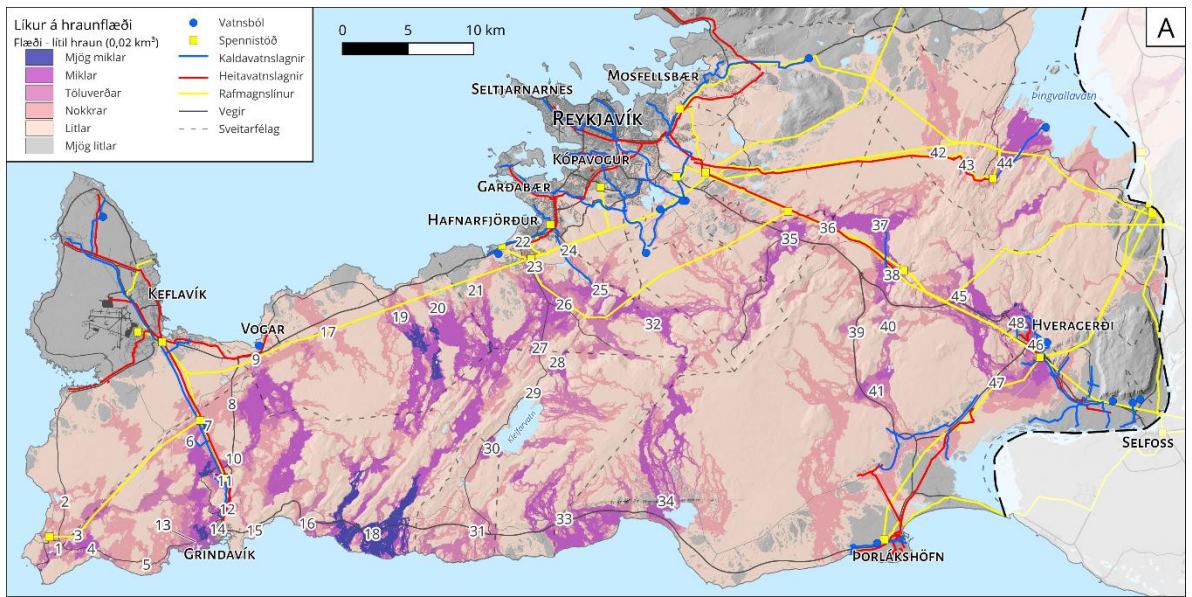
Mestu líkurnar á hraunflæði (*miklar* til *mjög miklar*; Mynd 9) eru oft í dölum og á hallalitlu landi í grennd við líkleg gosupptakasvæði (dekkstu svæði á Mynd 9).

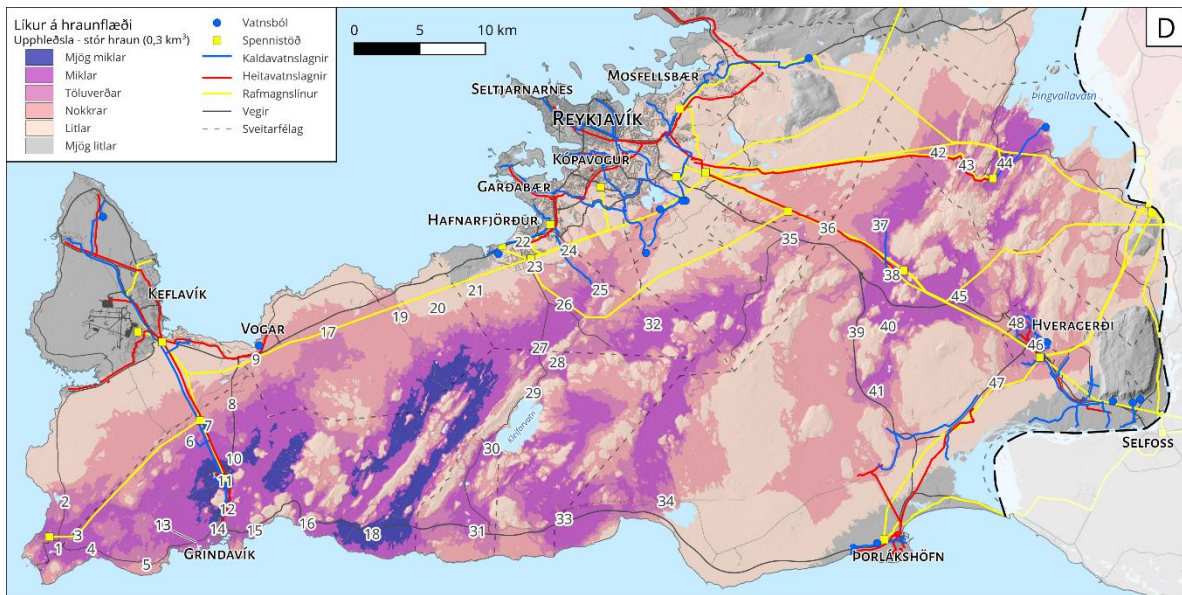
Líkur á hraunflæði á Reykjannesskaga stjórnast af þeim fjórum sviðmyndum sem unnið er með (sjá kafla 3.2). Sviðsmyndirnar tvær sem kallast *Flæði* (lítil hraun: $V=0,02 \text{ km}^3$ og meðalstór hraun: $V=0,1 \text{ km}^3$) líkja eftir kröftugum gosum sem mynda þunnfljótandi hraun sem geta runnið langt frá gosupptökum. Sviðsmyndirnar sem kallast *Upphleðsla* (meðalstór hraun: $V=0,1 \text{ km}^3$ og stór hraun: $V=0,3 \text{ km}^3$) líkja eftir kraftminni gosum sem vara lengur og hafa tilhneigingu til að byggja upp þykkari hraun, jafnvel dyngjur. Á Mynd 9 má bera niðurstöður allra fjögurra sviðsmyndanna saman.

Á heildina litið er *Flæði – meðalstór hraun* sú sviðsmynd sem gefur mestu útbreiðslu hraunflæðis og hún er því almennt séð hættulegasta sviðsmyndin. *Upphleðsla – meðalstór hraun* er sú sviðsmynd sem gefur minnstu útbreiðslu hrauns og stafar því almennt séð minnst hættu af henni.

4.3.1 Þéttbýli

Þrjú bæjarfélög á Reykjannesskaga eru á svæðum þar sem eru **töluverðar til mjög miklar** líkur á hraunflæði: **Grindavík, Hveragerði og suðvesturhluti Hafnarfjarðarbæjar**. Önnur þéttbýli á Reykjannesskaga eru á svæðum með *mjög litlum* til *nokkrum* líkum á hraunflæði í sviðsmyndunum fjórum. Áréttað er að öðru þéttbýli á Reykjannesskaga verða gerð frekari skil í sjálfstæðum skýrslum sem fjalla um hraunavá á undirsvæðunum þremur (Mynd 1).





Mynd 9. Líkur á hraunflæði á Reykjanesskaga út frá niðurstöðum stakra sviðsmynda (sjá kafla 3.2) og að teknu tilliti til vægis hermigosupptaka (sjá Mynd 5, Mynd 8): A) Flæði – lítill hraun; B) Flæði – meðalstór hraun; C) Upphleðsla – meðalstór hraun; D) Upphleðsla – stór hraun. Dekkri litir tákna meiri líkur og þ.a.l. svæði sem eru berskjaldaðri fyrir hraunflæði. Á myndunum eru sýndar helstu raflínur, vatnslagnir (heitt og kalt vatn) og vegir. Kjósarhreppur er undanskilinn enda eru mjög litlar líkur á hraunflæði þar.

The likelihood of lava inundation on Reykjanes Peninsula built from four scenarios (see kafla 3.2) weighted by the eruption location likelihoods (see Mynd 5, Mynd 8) for the scenarios A) Flæði – lítill hraun B) Flæði – meðalstór hraun C) Upphleðsla – meðalstór hraun D) Upphleðsla – stór hraun. Regions more exposed to lava inundation are indicated by darker colors. Selected critical infrastructure including major electricity lines, cold- and hot-water lines and roads are overlaid.

4.3.1.1 Grindavík

Grindavík er berskjölduð fyrir hraunflæði frá eldstöðvakerfi Svartsengis í öllum fjórum sviðsmyndum, þetta hefur nú þegar sýnt sig margsinnis í umbrotahrinu innan kerfisins á árunum 2023–2025. Skammtímahættumat er reglulega unnið fyrir nágrennasvæði umbrota og að mörgu leyti má segja að langtímahættumat sé þar ekki í gildi. Hér er þó farið yfir niðurstöður úr langtímahættumati þar sem líkur á hraunflæði í Grindavík eru metnar frá töluverðum upp í miklar (staðsetning: 14; Mynd 9) en töluverðar líkur fást út frá sviðsmyndinni Upphleðsla – meðalstór hraun (Mynd 9C) og miklar líkur út frá sviðsmyndinni Flæði – meðalstór hraun (Mynd 9B). Vesturhluti Grindavíkur er útsettari fyrir hraunflæði en austurhlutinn þegar um er að ræða þunnfljótandi hraun sem geta runnið fremur langt frá gosupptökum (Flæðis-sviðsmyndir) vegna þess að í þessum sviðsmyndum ná hraun frá Eldvörpum til bæjarins úr vestri (Mynd 9A og 9B), á meðan hraun sem frekar byggjast upp nærri gosupptökum (Upphleðslu-sviðsmyndir) sýna jafnari vá fyrir alla Grindavík (Mynd 9C og 9D).

Rétt er að ítreka að landhæðarlíkan sem notað er við hraunflæðihermanir tekur tillit til landslags (hrauna og hæðar varnargarða) eins og það var í lok september 2024. Landhæðarlíkan hefur ekki verið uppfært með landslagsbreytingum af völdum nýrra hrauna og hækkun varnargarða frá október 2024. Þegar þetta er skrifað (apríl 2026) er þó talið ólíklegt að þær breytingar sem orðið hafa á landslagi umhverfis Grindavík frá því í lok september 2024 myndu breyta niðurstöðum langtímahættumatsins svo nokkru nemi.

4.3.1.2 Hveragerði

Hveragerði, líkt og Grindavík, er útsett fyrir hraunflæði (staðsetning: 46; Mynd 9) en líkurnar eru metnar *töluverðar* til *miklar* eftir því hvaða sviðsmynd er skoðuð. Eldstöðvakerfin sem geta veitt hrauni á Hveragerði eru Hengill og Hrómundartindur. Mestur hluti bæjarins er á svæði með *miklar líkur* á hraunflæði í sviðsmyndinni *Flæði – lítil hraun* (Mynd 9A) og þetta svæði stækkar í sviðsmyndinni *Flæði – meðalstór hraun* (Mynd 9B). Það sama er uppi á teningnum í sviðsmyndinni *Upphleðsla – stór hraun* (Mynd 9D) en bærinn sjálfur er á svæði þar sem líkur eru *töluverðar* í sviðsmyndinni *Upphleðsla – meðalstór hraun* (Mynd 9C).

4.3.1.3 Hafnarfjarðarbær

Suðvesturhluti Hafnarfjarðarbæjar er á svæði með *töluverðar* til *miklar* líkur á hraunflæði þegar um er að ræða sviðsmyndina *Flæði – meðalstór hraun* (staðsetningar: 23, 24; Mynd 9B), en í öðrum sviðsmyndum og fyrir aðra hluta Hafnarfjarðar eru aðeins *mjög litlar* til *nokkrar* líkur á hraunflæði (staðsetning: 22; Mynd 9).

Nánari lýsing á hraunavá einstakra bæja og svæða verður aðgengileg í sér skýrslum fyrir höfuðborgarsvæðið, Suðurnes og vesturhluta Árnassýslu auk þess sem gögn eru aðgengileg í kortasjá verkefnisins, www.eldfjallava.is.

4.3.2 Mikilvægir innviðir

Mikilvægir innviðir (virkjanir, raflínur, vegir, vatnsból og lagnir fyrir heitt og kalt vatn) eru oft á svæðum þar sem eru *töluverðar* til *mjög miklar* líkur á hraunflæði (Mynd 9).

4.3.2.1 Virkjanir og tengdir innviðir

Allar virkjanirnar fjórar, Reykjanesvirkjun, Svartsengisvirkjun, Hellsheiðarvirkjun og Nesjavallavirkjun, eru staðsettar á svæðum þar sem eru *töluverðar* til *mjög miklar* líkur á hraunflæði.

Reykjanesvirkjun er innan eldstöðvakerfis Reykjanes. Virkjunin, raflínur og vatnslagnir tengdar henni eru á svæði þar sem líkur á hraunflæði eru metnar *töluverðar* til *miklar* (staðsetningar: 1, 3; Mynd 9). Í sviðsmyndunum þremur, *Flæði – meðalstór hraun*, *Upphleðsla – meðalstór hraun* og *Upphleðsla – stór hraun*, er Reykjanesvirkjun innan stórra svæða þar sem eru *miklar* líkur á hraunflæði (staðsetning: 1; Mynd 9B og 9C), en í sviðsmyndinni *Flæði – lítil hraun* er virkjunin staðsett á svæði þar sem eru *nokkrar* til *töluverðar* líkur á hraunflæði (staðsetning: 1; Mynd 9A). Á sama hátt eru raflínur og vatnslagnir (staðsetning: 3; Mynd 9) fyrir Reykjanesvirkjun í minni hættu í sviðsmyndinni *Flæði – lítil hraun* en í mestri hættu í sviðsmyndunum *Flæði – meðalstór hraun* og *Upphleðsla – stór hraun*.

Svartsengisvirkjun er innan eldstöðvakerfis Svartsengis, en þar hafa mikil umbrot átt sér stað síðan í árslok 2023. Kvikugangar hafa myndast, níu eldgos hafa náð til yfirborðs á Sundhnúksgrágaröðinni og ekki sér enn fyrir endann á atburðarásinni. Á því svæði er skammtímahættumat unnið reglulega og segja má að langtímahættumat sé þar ekki í gildi. Landhæðarlíkan sem notað var við hraunhermanir langtímahættumatsins sem hér er sett fram voru uppfærð í lok september 2024, sem þýðir að þegar þetta er skrifað (apríl 2026) hafa þrjú eldgos myndað nýtt hraun sem hefur breytt landslaginu. Eldgosið í nóvember-desember 2024 náði að varnargörðum norðaustan við Svartsengisvirkjun og voru þeir í kjölfarið hækkaðir. Landslag í kringum Svartsengisvirkjun hefur því bæði breyst af náttúrunnar og manna völdum frá því að hraunhermanir, sem eru undirstaða þess hættumats sem hér er sett fram voru keyrðar.

Hafandi þær breytingar sem orðið hafa á landslagi í huga sýna niðurstöður hermána að virkjunin í Svartsengi er staðsett á svæði þar sem eru *töluverðar* til *mjög miklar* líkur á hraunflæði (staðsetning: 11; Mynd 9). Samkvæmt sviðsmyndunum *Flæði – meðalstór hraun* og *Upphleðsla – stór hraun* er stærstur hluti virkjunarinnar á svæði þar sem eru *mjög miklar* líkur á hraunflæði. Samkvæmt sviðsmyndinni *Upphleðsla – meðalstór hraun* er stærstur hluti virkjunarsvæðisins á svæði þar sem eru *miklar* líkur á hraunflæði, en sviðsmyndin *Flæði – lítill hraun* sýnir *töluverðar* til *miklar* líkur með örlitlu svæði þar sem líkur eru taldar *mjög miklar*.

Líkur á hraunflæði eru metnar *töluverðar* til *mjög miklar* á stórum svæðum norðan virkjunarinnar þar sem raflínur og vatnslagnir (heitt og kalt vatn) frá virkjuninni liggja (staðsetningar: 6, 11, 12; Mynd 9) auk þess sem vatnstökusvæðið í Lágum er staðsett þar (staðsetning: 7; Mynd 9). Þessir innviðir eru mest berskjaldaðar gagnvart hraunflæði í sviðsmyndunum *Flæði – meðalstór hraun*, *Upphleðsla – stór hraun* og *Upphleðsla – meðalstór hraun*. Sé horft á sviðsmyndina *Flæði – lítill hraun* er hættusvæðið minna en í þeirri sviðsmynd eru Lágur innan við 1 km frá svæði þar sem *töluverðar* líkur eru á hraunflæði.

Nesjavallavirkjun er staðsett innan eldstöðvakerfis Hengils. Líkur á hraunflæði á Nesjavallavirkjun og tilheyrandi vatnslagnir eru metnar á bilinu *töluverðar* til *mjög miklar* þar sem stærsta hermda hraunflæðið (*Upphleðsla – stór hraun*; staðsetning: 44; Mynd 9D) skapar mestar líkur á hættu. Í þessari sviðsmynd er virkjunin á svæði þar sem eru *miklar* líkur á hraunflæði, en kaldavatnslagnir frá vatnsbóli (Grámelur) norðan við virkjunina liggja um svæði þar sem eru *mjög miklar* líkur. Í sviðsmyndum sem eru minni að rúmmáli (*Flæði – lítill hraun*, *Flæði – meðalstór hraun* og *Upphleðsla – meðalstór hraun*) er virkjunin ásamt kaldavatnslögnum innan svæðis þar sem eru *töluverðar* til *miklar* líkur á hraunflæði.

Raflínur og heitavatnslagnir frá Nesjavallavirkjun eru að mestu staðsettar þar sem líkur á hraunflæði eru metnar *litlar* til *nokkrar*, að undanskildum svæðum vestan við virkjunina, milli hennar og staðsetninga 42 og 43 (Mynd 9). Í stærstu hermdu sviðsmyndinni (*Upphleðsla – stór hraun*, Mynd 9D) er staðsetning 42 á svæði þar sem eru *miklar* líkur á hraunflæði, en staðsetning 43 á svæði þar sem líkurnar eru *töluverðar*. Í sviðsmyndinni *Upphleðsla – meðalstór hraun* eru báðar fyrrnefndar staðsetningar á svæðum þar sem eru

töluverðar líkur á hraunflæði, en í báðum sviðsmyndum *Flæði*-stillinga eru aðeins töluverðar líkur fyrir staðsetningu 43 (Mynd 9).

Hellisheiðarvirkjun er staðsett innan eldstöðvarkerfis Hengils eins og Nesjavallavirkjun. Fyrir Hellisheiðarvirkjun eru líkur á hraunflæði í sviðsmyndunum fjórum metnar frá töluverðum til *mjög miklar* (staðsetning: 38; Mynd 9). Hraunin sem renna lengst (*Flæði – meðalstór hraun*, Mynd 9B) skapa mestar líkur á hættu því hraun af þessari tegund geta flætt að virkjuninni frá gosupptökum innan bæði eldstöðvarkerfis Hengils og Brennisteinsfjalla. Í þessari sviðsmynd (*Flæði – meðalstór hraun*) liggja kaldavatnslagnir yfir svæði þar sem líkur á hraunflæði eru metnar *miklar* til *mjög miklar* (staðsetning: 37; Mynd 9). Í sviðsmyndunum *Flæði – lítil hraun*, *Upphleðsla – meðalstór hraun* og *Upphleðsla – stór hraun* liggur virkjunin ásamt kaldavatnslögnunum á mörkum svæðis þar sem líkur á hraunflæði eru *miklar* (staðsetningar: 37, 38; Mynd 9).

Raflínur og heitavatnslagnir liggja yfir stór svæði þar sem metnar eru töluverðar til *mjög miklar* líkur á hraunflæði frá þeim hraunum sem lengst ná (staðsetningar: 36, 38, 45, 46; Mynd 9B), en í minnstu hermdu gosunum og þykkari hraunum (*Flæði – lítil hraun* og báðar *Upphleðslu*-sviðsmyndirnar) minnka líkurnar í töluverðar til *miklar* á milli staðsetninga 38 og 37 (Mynd 9).

4.3.2.2 Aðrar raflínur

Tengilínur frá öðrum virkjunum utan Reykjanesskaga, þar á meðal raflínur frá Búrfellsvirkjun, eru meðal mikilvægra innviða á Reykjanesskaga. Þar sem Sogslína 3 liggur yfir Nesjavallasvæðið (staðsetning: 44; Mynd 9) eru metnar *miklar* til *mjög miklar* líkur á hraunflæði samkvæmt öllum fjórum sviðsmyndum sem unnið er með. Þessi raflína liggur einnig yfir svæði 42 (Mynd 9) sem í sviðsmyndinni *Upphleðsla – meðalstór hraun* er metið með töluverðar líkur á hraunflæði og í sviðsmyndinni *Upphleðsla – stór hraun* með *miklar* líkur.

Hraun með uppruna innan eldstöðvakerfanna Hrómundartinds, Hengils, Brennisteinsfjalla og Krýsuvíkur valda hraunflæðivá fyrir Búrfellslínu 3 en hún liggur yfir mörg berskjölduð svæði. Hraunin sem ná að renna lengst frá upptökum skapa mesta hættu á staðsetningum 23, 26, 36, 38, 45, 46, þar sem líkur á hraunflæði eru metnar töluverðar til *mjög miklar* (*Flæði – meðalstór hraun*, Mynd 9B). Minni, þunnfljótandi hraun skapa töluverðar til *miklar* líkur á hraunflæði á þessum stöðum (*Flæði – lítil hraun*, Mynd 9A). Áhrif sviðsmynda fyrir *Upphleðslu*-sviðsmyndir eru minni. Sviðsmyndin *Upphleðsla – stór hraun* sýnir töluverðar til *miklar* líkur á staðsetningum 26, 38, 45 og 46, en *Upphleðsla – meðalstór hraun* sýnir þessar sömu líkur á færri staðsetningum eða 38, 45 og 46 (Mynd 9C og 9D).

Suðurnesjalína liggur yfir svæði milli Hafnarfjarðar og Voga þar sem líkur á hraunflæði eru metnar töluverðar til *miklar* frá þeim hraunum sem lengst ná frá eldstöðvakerfum Krýsuvíkur og Svartsengis (*Flæði – meðalstór hraun*; staðsetningar: 9, 17, 19, 20, 21, 23, 24; Mynd 9B). Í sviðsmyndinni *Flæði – lítil hraun* er Suðurnesjalína aðallega útsett fyrir hraunflæði á staðsetningum 19 og 20 (Mynd 9A) þar sem línun liggur yfir svæði sem metið er með töluverðar líkur, en í stærstu sviðsmyndinni, *Upphleðsla – stór hraun*, lendir aðeins

staður 17 innan svæðis sem er með *töluverðar* líkur, á meðan sviðsmyndin *Upphleðsla – meðalstór hraun* gefur *lítlar* til *nokkrar* líkur á hraunflæði (Mynd 9C og 9D).

4.3.2.3 Samgöngur

Margir vegir eru á svæðum sem eru berskjölduð fyrir hraunflæði.

Þjóðvegurinn yfir Hellisheiði liggur um mörg svæði sem eru berskjölduð vegna hraunflæðis frá eldstöðvakerfum Brennisteinsfjalla og Hengils. Sviðsmyndin þar sem hraun renna lengst sýnir mestar líkur á hraunflæði á stöðum 35, 38, 40, 45 og 46 (*Flæði – meðalstór hraun*, Mynd 9B) en líkurnar eru metnar *töluverðar* til *miklar*. Í sviðsmyndunum *Flæði – lítill hraun* og *Upphleðsla – stór hraun* hafa sömu staðsetningar *töluverðar* til *miklar* líkur, og á umfangsminni svæðum. *Upphleðsla – meðalstór hraun* veldur *töluverðum* til *miklum* líkum á hraunflæði á staðsetningum 38, 40, 45 og 46 (Mynd 9C).

Reykjanesbraut er berskjölduð fyrir hraunflæði frá eldstöðvakerfum Krýsuvíkur og Svartsengis. Hraunin sem renna lengst valda mestri hættu með *töluverðum* líkum á svæðum 9, 17, 19 og 20 (*Flæði – meðalstór hraun*, Mynd 9B). Í sviðsmyndinni *Flæði – lítill hraun* er ein staðsetning, 19 (Mynd 9), á Reykjanesbraut með *töluverðar* líkur á hraunflæði en báðar *Upphleðslu*-sviðsmyndirnar sýna aðeins *lítlar* til *nokkrar* líkur á hraunflæði.

Þrjátíu og fimm kílómetra kafli af **Suðurstrandarvegi** er útsettur fyrir hraunflæði frá eldstöðvakerfum Brennisteinsfjalla, Krýsuvíkur og Svartsengis. Allar fjórar sviðsmyndirnar sýna *töluverðar* til *mjög miklar* líkur á hraunflæði (staðsetningar: 14, 15, 16, 18, 31, 33, 34; Mynd 9,) þar sem mesta hermda rúmmálið hefur víðfeðmust áhrif (*Upphleðsla – stór hraun*, Mynd 9D) og minnsta hermda rúmmálið hefur staðbundust áhrif (*Flæði – lítill hraun*, Mynd 9A).

Grindavíkurvegur og Víkurbraut er berskjaldaður á mörgum stöðum (staðsetningar: 8, 10, 11, 12, 14) fyrir hrauni frá eldstöðvakerfi Svartsengis, sem hefur þegar sýnt sig í eldgosunum 2023–2025, þar sem vegir á staðsetningum 10, 12, 14 (Mynd 9) hafa þegar farið undir hraun og verið endurbyggðir. Út frá sviðsmyndunum *Flæði – meðalstór hraun* og *Upphleðsla – stór hraun* eru metnar *töluverðar* til *mjög miklar* líkur á hraunflæði á stórum svæðum í kringum staðsetningar 8, 10, 11 og 12 (Mynd 9B og 9D). Sviðsmyndin *Flæði – lítill hraun* gefur *töluverðar* til *miklar* líkur á sömu stöðum (Mynd 9A), en út frá sviðsmyndinni *Upphleðsla – meðalstór hraun* eru líkur á hraunflæði metnar *töluverðar* til *miklar* á færri staðsetningum (staðsetningar: 10, 11, 12; Mynd 9C).

Nesvegur liggur um svæði sem eru berskjölduð fyrir hraunavá frá eldstöðvakerfum Svartsengis og Reykjanes. Á staðsetningum 1, 2, 4, 5 og 13 eru metnar *töluverðar* til *mjög miklar* líkur á hraunflæði út frá sviðsmyndinni *Flæði – meðalstór hraun* (Mynd 9B), en út frá *Upphleðsla – stór hraun* sviðsmyndinni fást *töluverðar* til *miklar* líkur á sömu stöðum (Mynd 9D). Sömu svæði sýna *töluverðar* til *miklar* líkur á hraunflæði fyrir sviðsmyndina *Upphleðsla – meðalstór hraun*, en *Flæði – lítill hraun* sýnir *töluverðar* til *mjög miklar* líkur á staðsetningum 1, 4 og 13 (Mynd 9A og 9C).

Hlutar **Þrengslavegar** eru berskjaldaðir fyrir hraunflæði en báðar *Flæðis*-sviðsmyndirnar og *Upphleðsla – stór hraun* gefa *töluverðar* til *miklar* líkur á hraunflæði frá eldstöðvakerfum

Hengils og Brennisteinsfjalla (staðsetningar: 39, 41; Mynd 9A, 9B og 9D), en *Upphleðsla – meðalstór hraun* gefur *töluverðar* líkur á sömu stöðum (staðsetningar: 39, 41; Mynd 9C).

Krýsuvíkurvegur er berskjaldaður fyrir hraunflæði frá eldstöðvakerfi Krýsuvíkur á mörgum svæðum í öllum fjórum sviðsmyndum. *Flæðis*-sviðsmyndirnar tvær sýna *töluverðar* til *miklar* líkur á staðsetningum 23, 27, 28, 29, 30 og 31 (Mynd 9A og 9B), en *Upphleðslu*-sviðsmyndirnar sýna *töluverðar* til *miklar* líkur á staðsetningum 27 til 31 (Mynd 9C og 9D).

Þorlákshafnarvegur er berskjaldaður fyrir hraunflæði á svæðinu nálægt Hveragerði í öllum sviðsmyndum. *Flæðis*-sviðsmyndirnar, þar sem hraunin ná að renna lengra, gefa stærra berskjaldað svæði, en svæðið þar sem líkurnar á hraunflæði eru metnar *töluverðar* til *miklar* nær lengra frá Hveragerði í þeim sviðsmyndum (staðsetningar: 46, 47; Mynd 9A og 9B), en fyrir sviðsmyndina *Upphleðsla – meðalstór hraun* eru aðeins *töluverðar* líkur á hraunflæði (staðsetning: 46; Mynd 9C og 9D).

Stór svæði **Nesjavallaleiðar** vestan Nesjavallavirkjunar sýna *töluverðar* til *miklar* líkur á hraunflæði samkvæmt *Upphleðslu*-sviðsmyndunum (staðsetningar: 42, 43, 44; Mynd 9C og 9D), en *Flæðis*-sviðsmyndirnar hafa áhrif á afmarkaðri svæði (staðsetningar: 42, 43; Mynd 9A og 9B).

Bláfjallavegur er útsettur fyrir töluvert mikilli hraunavá nálægt staðsetningu 32 í öllum fjórum sviðsmyndunum (Mynd 9).

Grindavíkurhöfn er eina höfnin á Reykjanesskaga sem er staðsett á svæði þar sem líkur á hraunflæði eru metnar *töluverðar* til *mjög miklar*. Sviðsmyndin *Flæði – meðalstór hraun* sýnir mestar líkur eða *miklar* til *mjög miklar* (staðsetning: 14; Mynd 9B). Sviðsmyndirnar *Flæði – lítil hraun*, *Upphleðsla – meðalstór hraun* og *Upphleðsla – stór hraun* sýna *töluverðar* til *miklar* líkur á hraunflæði (Mynd 9A, 9C og 9D).

Aðrar hafnir á Reykjanesskaga eru á svæðum þar sem líkur á hraunflæði eru metnar *litlar* til *nokkrar* (Keflavík, Vogar, Hafnarfjörður) eða *mjög litlar* (Þorlákshöfn).

4.3.2.4 Neysluvatn

Áhrif hraunflæðis á vatnsból geta verið mismikil eftir eðli og gerð vatnsbólins. Áhrifin eru tvíþætt; hætta á skemmdum á innviðum (borholum, borholuhúsum, lögnum o.s.frv.) og hætta á mengun neysluvatns vegna útskolunar efna frá hrauni. Vatnsból sem taka vatn nálægt yfirborði, t.a.m. úr lindum, gjám eða grunnum borholum eru viðkvæmari gagnvart mengun ef hraun kemst inn á grunn- eða brunnsvæði í samانبurði við vatnsból sem taka vatn úr djúpum borholum.

Helstu vatnsból á Reykjanesskaga þar sem hraunavá er metin *töluverð* eða *meiri*:

- Lággar (staðsetning: 7; Mynd 9) vatnsból sem sér u.þ.b. 28.000 íbúum á Suðunesjum fyrir köldu og heitu neysluvatni. Þar er vatni dælt upp af u.þ.b. 15 m dýpi úr opinni misgengissprungu sem hefur verið fyllt af mól (Árni Hjartarson, 1994).
- Kaldárbotnar (staðsetning: 25; Mynd 9) vatnsból sem sér Hafnafirðingum (u.þ.b. 31.500 íbúum) fyrir köldu neysluvatni. Þar er vatn tekið úr lindum og sjálfrennandi borholum (Árni Hjartarson, 1994).

- Selhæðir (staðsetning: 48; Mynd 9) vatnsból sem sér langstærstum hluta Hveragerðisbæjar (u.þ.b. 3300 íbúar) fyrir köldu neysluvatni. Þar er vatni dælt upp úr þremur u.þ.b. 30 m djúpum borholum (Hveragerðisbær, 2017, 2020).

Vatnsbólín Kaldárbotnar og Selhæðir eru á svæðum þar sem líkur á hraunflæði eru metnar *miklar* (staðsetningar: 25, 48; Mynd 9). Þar eru líkur metnar *töluverðar* til *miklar* í báðum *Flæðis*-sviðsmyndunum og *Upphleðsla – stór hraun*, en einungis *töluverðar* í sviðsmyndinni *Upphleðsla – meðalstór hraun*. Lágur (staðsetning: 7; Mynd 9) er á svæði þar sem líkur á hraunflæði eru metnar *töluverðar* (*Flæði – meðalstór hraun*, *Upphleðsla – meðalstór hraun* og *Upphleðsla – stór hraun*). Önnur vatnsból eru á svæðum þar sem líkur á hraunflæði eru metnar *litlar* til *nokkrar* og verður frekar fjallað um í sér skýrslum undirsvæðanna.

4.4 Helstu niðurstöður

Í kafla 4 hefur verið farið yfir helstu niðurstöður um hlutfallslegar langtímalíkur á staðsetningu framtíðar gosupptaka og hraunflæðis á Reykjanesskaga út frá þeim fjórum sviðsmyndum sem hannaðar voru til að gefa yfirsýn fyrir langtímahættumat. Í umfjöllun hefur áhersla verið lögð á mikilvæga innviði. Tafla V.6 gefur yfirlit yfir þéttbýli og mikilvæga innviði sem eru útsett fyrir hættu af gosupptökum eða hraunflæði á Reykjanesskaga.

Þéttbýliskjarnar og mikilvægir innviðir sem eru á svæðum þar sem líkur á hraunflæði eru metnar *töluverðar* til *mjög miklar* eru fremur berskjaldaðir fyrir hraunavá. Þó er mikilvægt að benda á að eftir að ísa leysti á Reykjanesskaga (fyrir u.þ.b. 14 þúsund árum) hafa hraun runnið um svæði þar sem líkur á hraunflæði eru einungis metnar *nokkrar*. Því er ljóst að flokkurinn *nokkrar* líkur gefur einnig til kynna berskjöldun fyrir hraunflæði. Staðir sem sýna auknar líkur á hraunflæði í mörgum sviðsmyndum eru greinilega útsettir fyrir hraunflæði.

Vel hefur verið fylgst með hraunflæði í yfirstandandi gosskeiði (sem hófst með gosi í Fagradalsfjalli árið 2021) en stærstu sviðsmyndirnar sem hafa verið hannaðar og hermdar í þessu verkefni (*Flæði – meðalstór hraun* og *Upphleðsla – stór hraun*) herma gos sem við höfum ekki séð raungerast. Eins og lýst er í aðferðafræðikaflanum (sjá 3.5) er því meiri óvissa tengd niðurstöðum þessara hermana þar sem þær hafa ekki verið prófaðar á atburðum sem við höfum fylgst með í rauntíma. Allar niðurstöður byggja á bestu fáanlegu upplýsingum hverju sinni og fela eðli málsins samkvæmt ekki í sér upplýsingar um óþekkta eða ólíklega atburði.

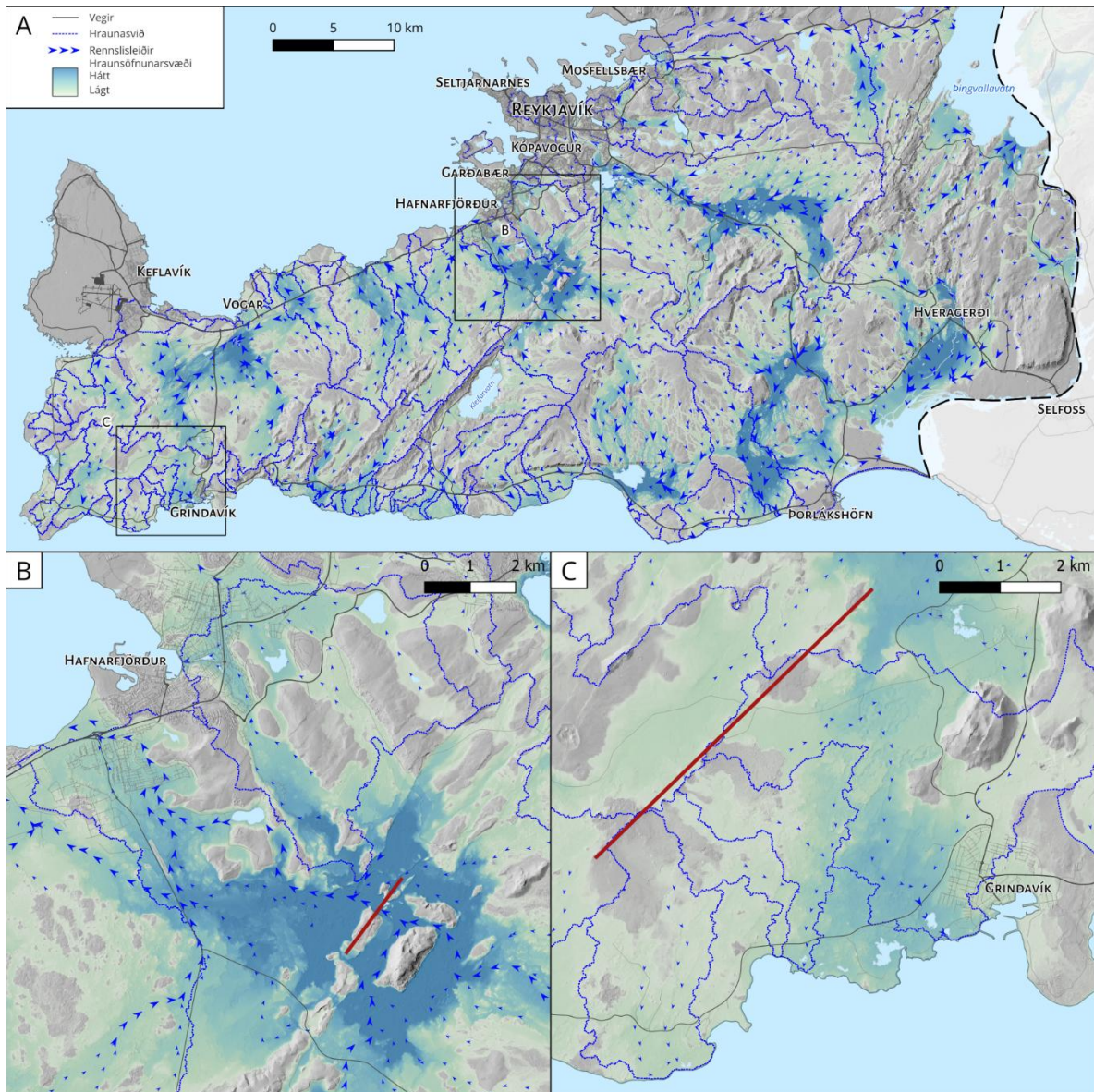
5 Skref í átt að skammtímahættumati

Langtímahættumatið sem lýst er í 4. kafla byggir á hlutfallslegum líkum á gosupptökum á öllum Reykjanesskaga. Þegar umbrot hefjast á tilteknu svæði fellur langtímahættumat úr gildi og skammtímahættumat tekur við. Í skammtímahættumati eru allar grunnniðurstöður langtímahættumats notaðar að viðbættum upplýsingum úr rauntímaeftirlitskerfi. Eftirfarandi kafli er ætlaður til að brúa bilið milli langtíma- og skammtímahættumats og veita leiðbeiningar fyrir stjórnendur og viðbragðsaðila á allra fyrstu stigum eldvirkni.

Til að byrja með má nota yfirborðskort af hraunasviðum og rennsliskerfum (kafli 5.1) til að greina svæði þar sem byggð eða mikilvægir innviðir eru útsett fyrir hraunavá, en þessi gögn nýtast í fyrsta skammtímahættumati til að gera skjótar, skilvirkar og árangursríkar viðbragðsáætlanir. Af þeim sviðsmyndum sem unnið var með í langtímahættumati hraunavár (kafli 4) er ljóst að *Flæði – meðalstór hraun* sýnir víðtækustu berskjöldun svæða gagnvart hraunflæði. Gögn úr þeirri sviðsmynd hafa verið síuð fyrir hvert eldstöðvakerfi og líkindakort fyrir hraunflæði frá hverju eldstöðvakerfi fyrir sig verið unnið að teknu tilliti til vægis gosupptaka. Með þessu móti er unnt að flýta gerð mats á svæðum sem mögulega verða berskjölduð gagnvart hraunflæði, að því gefnu að eldvirkni verði bundin við eitt eldstöðvakerfi (kafli 5.2). Að endingu er hraði hraunflæðis mikilvægur til að geta áætlað tíma þar til hugsanleg vá stafar af hraunflæði á ákveðna innviði. Framrásarhraði hraunjaðra (það hve hratt hraun skriður fram) er þó ekki hluti af langtímahættumati og ræðst af landslagi og breytum tiltekings goss. Þess vegna hefur verið tekið saman stutt yfirlit yfir mældan og þekktan framrásarhraða hraunjaðars til leiðbeiningar svo auðveldara sé að gera fyrstu áætlanir um mögulega tímalínu í hraunavá (kafli 5.3).

5.1 Hraunasvið og hraunrennsliskerfi

Hraunasvið og hugsanleg þróun hraunrennsliskerfa geta hjálpað til við að greina möguleg útsett svæði fyrir hraunflæði í skammtímahættumati þegar umbrot og jafnvel eldvirkni hefst. Hraunflæði, líkt og vatn, stjórnast af þyngdarflæði (e. Gravitational flow) og rennur undan halla og oft mynda dalir hallamestu hraunrennslisleiðir. Vatnaskil má reikna út frá stafrænum hæðarlíkönum og þau má nota til að afmarka vatnasvið og rennsliskerfi yfirborðsvatns (sjá Viðauka I.V). Á sama hátt má útbúa kort af áætluðum hraunasviðum og hraunrennsliskerfum innan þeirra fyrir Reykjanesskaga (Mynd 10A) til að fá grófa mynd af hraunflæði frá mögulegum gosupptökum.



Mynd 10. A) Hraunasvið afmörkuð með bláum línun, líklegar hraunrennislísiðir (örvar) og hraunsöfnunarsvæði (dekksti litur) á Reykjanessskaga. B) Sýnir dæmi um gossprungu sem opnast innan staks hraunasviðs og sjá má líklegustu hraunrennislísiðir umhverfis hana. C) Sýnir gossprungu sem opnast og sker nokkur hraunasvið sem veldur því að hraun getur fylgt mörgum hraunrennislísiðum og runnið til margra átta.

A) Lava inundation zones (outlined by blue lines), drainage paths (arrows) and lava accumulation (darkest colors) for the Reykjanes Peninsula. Examples of two fissures one B) within a lava inundation zone and one C) cross-cutting multiple lava inundation zones which shows how the lava can follow many different drainage paths and flow in many different directions.

Hraun sem renna frá gosupptökum sem opnast innan staks hraunasviðs (Mynd 10B) munu hafa tilhneigingu til að renna niður á við innan þess svæðis og flæða þar til þau rekast á hindrun, ná sjó, kvíslast upp í móti eða hætta að færast fram. Gosupptök, sprunga eða sprungur, sem ná yfir nokkur hraunasvið (Mynd 10C) geta myndað hraunstrauma sem fylgja hraunrennislísiðum innan allra þeirra hraunasviða sem þær þvera.

Hraun rennur þó öðruvísi en vatn að því leyti að það storknar og býr til nýtt landslag á meðan gos stendur yfir. Hraunasviðin sem sýnd eru á Mynd 10 eru því upphafsaðstæður sem breytast þegar nýtt hraun fer að myndast og halda áfram að breytast á meðan hraunflæði á sér stað. Hraun frá stórum eða langvarandi gosum eru líklegri til að valda afgerandi landslagsbreytingum og því er líklegra að hraunasvið breytist í þeim en í minni gosum. Hraun getur yfirstigið landslagshindranir með því að margir hraunstraumar hlaðist upp eða með þenslu hraunstraums. Óvissa um hraunasvið og hraunrennislisleiðir eykst með minnkandi halla og því er erfiðara að spá fyrir um hraunasvið og hraunrennislisleiðir á flatlendi.

5.2 Líkur á hraunflæði frá einstökum eldstöðvakerfum

Á Reykjanesskaga hafa verið skilgreind nokkur eldstöðvakerfi. Nákvæm afmörkun þeirra og skilgreining er flókin og hluti af yfirstandandi vísindalegri umræðu sem felur í sér hvort eldstöðvakerfin séu í raun aðskilin eða hvort þau deili sameiginlegum kvikukerfum. Þrátt fyrir þessa grundvallaróvissu eru eldstöðvakerfin Reykjanes, Svartsengi, Fagradalsfjall, Krýsuvík, Brennisteinsfjöll, Hengill og Hrómundartindur viðurkennd hugtök sem hafa þjónað vísindasamfélaginu og eru órjúfanlegur hluti af umræðu um jarðfræði skagans og virkni. Í skýrslu um sprunguvá á Reykjanesskaga sem kemur út á árinu 2026 (Ásta Rut Hjartardóttir, í undirbúningi) hafa eldstöðvakerfin verið uppfærð á grundvelli nákvæmrar sprungukortlagningar og samantektar ýmissa gagnagrunna (Ásta Rut Hjartardóttir, í undirbúningi og Mynd 2). Í þessari uppfærðu útgáfu eldstöðvakerfanna skarast eldstöðvakerfi Reykjanes og Svartsengis landfræðilega og eru því meðhöndluð sem Reykjanes-Svartsengiskerfið. Þar að auki hafa Hengill og Hrómundartindur verið kortlögð sem tvö aðskilin kerfi, þótt þau hafi stundum bæði verið skilgreind sem Hengilskerfið.

Í langtímahættumati vegna hraunflæðis er horft á Reykjanesskaga sem heild og niðurstöður eru óháðar skilgreiningu eldstöðvakerfa. Enn er minnt á að í ljósi þess hve mikil óvissa fylgir áætluðum endurkomutíma, hvort sem er fyrir einstök eldstöðvakerfi eða Reykjanesskaga í heild, er ekki unnið með mat á líkum á hraunflæði innan tiltekins tímabils og hvert eldstöðvakerfi hefur sama vægi í niðurstöðum (sjá kafla 2.1.1). Þrátt fyrir það er gagnlegt að skoða líkindakort fyrir hraunflæði frá einstökum eldstöðvakerfum til að auðvelda mat á berskjöldun svæða hefjist umbrot eða aukin virkni innan stakra kerfa. Sú sviðsmynd sem sýnir mestar líkur á hraunflæði frá einstökum eldstöðvakerfum (*Flæði – meðalstór hraun*) hefur því verið notuð til að útbúa líkindakort fyrir hvert eldstöðvakerfi fyrir sig. Auk þess eru líklegustu yfirborðsrennislisleiðir innan kerfanna sýndar (sjá kafla 5.1).

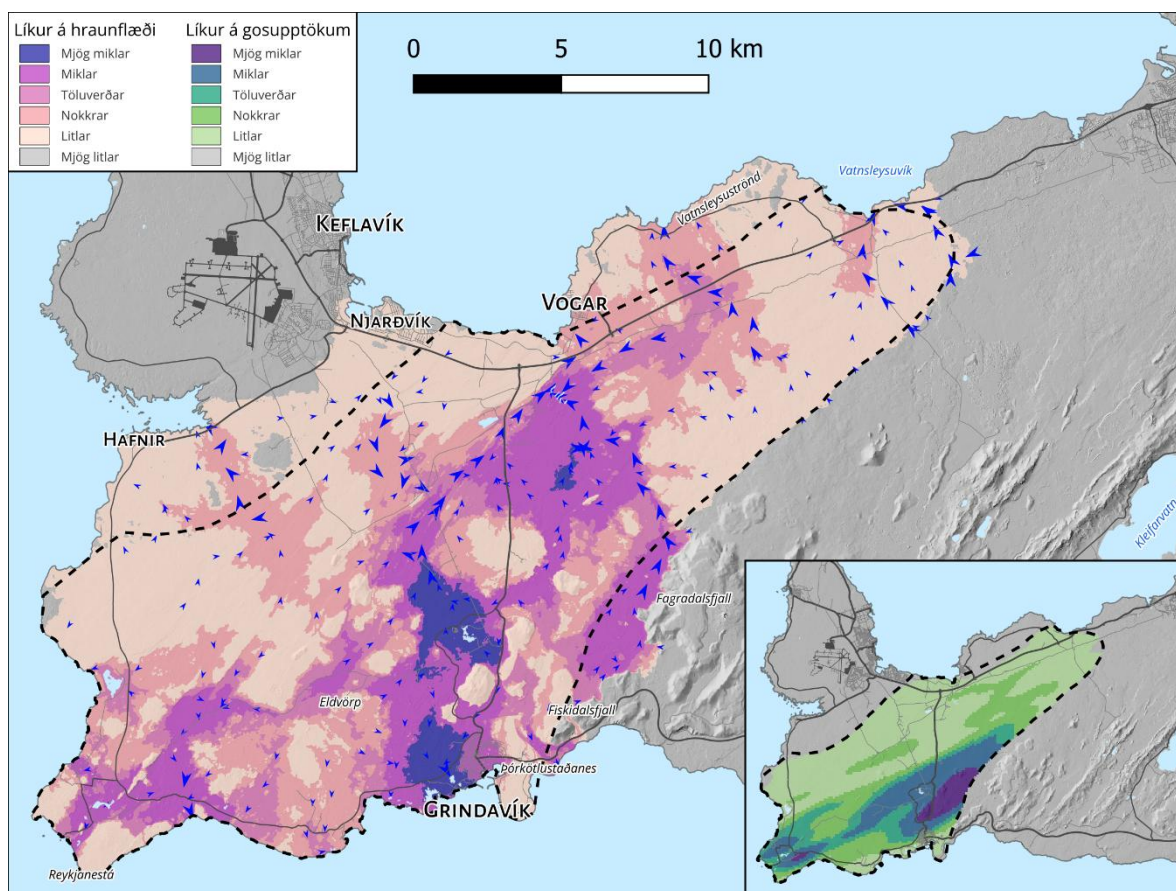
5.2.1 Reykjanes og Svartsengi

Eldstöðvakerfi Reykjanes og Svartsengis eru samtals um 30–40 km löng og 5–15 km breið. Þau teygja sig frá Reykjanestá í suðvestri til Vatnsleysuvíkur í norðaustri (Mynd 11).

Innan marka eldstöðvakerfa Reykjanes og Svartsengis eru Svartsengisvirkjun og Grindavík útsett fyrir hraunflæði (líkur metnar *mjög miklar*). Útsett svæði teygja sig til norðurs og norðvesturs innan sprungusveimanna sem auk þess mynda helstu hraunrennislisleiðir á svæðinu. Eldvörp og Reykjanestá eru einnig útsett fyrir hraunflæði með

dreifðari hraunrennislisleiðum sem liggja aðallega til suðurs. Líkur á hraunflæði á hlutum af Reykjanestá eru metnir *litlar* til *nokkrar*, þrátt fyrir að þar séu þekkt bæði söguleg og nútímahraun vegna þess að núverandi landslag styður ekki hraunsöfnun. Hins vegar eru líkur á gosupptökum á svæðunum metnar *töluverðar* til *miklar*. Þetta undirstrikar hve mikilvægt er að taka tillit til bæði gosupptaka og hraunflæðis þegar unnið er með hraunavá.

Metnar líkur á hraunflæði frá kerfunum tveimur ná út fyrir mörk eldstöðvakerfanna og hraunhermanir sýna að hraun geta runnið til Hafna, Innri-Njarðvíkur, Voga og Vatnsleysustrandar, þótt líkurnar á hraunflæði á þeim stöðum séu aðeins metnar *litlar* til *nokkrar*. Auk þess eru líkur á hraunflæði frá kerfunum tveimur í átt að Fagradalsfjalli, Fiskidalsfjalli og Þórkötlustaðanesi metnar *töluverðar* til *miklar*.



Mynd 11. Líkur á hraunflæði frá eldstöðvakerfi Reykjaness/Svartsengis skv. sviðsmyndinni Flæði – meðalstór hraun. Bláar örvar sýna helstu hraunrennislisleiðir á svæðinu. Kortið neðst til hægri sýnir líkur á gosupptökum innan eldstöðvakerfisins.

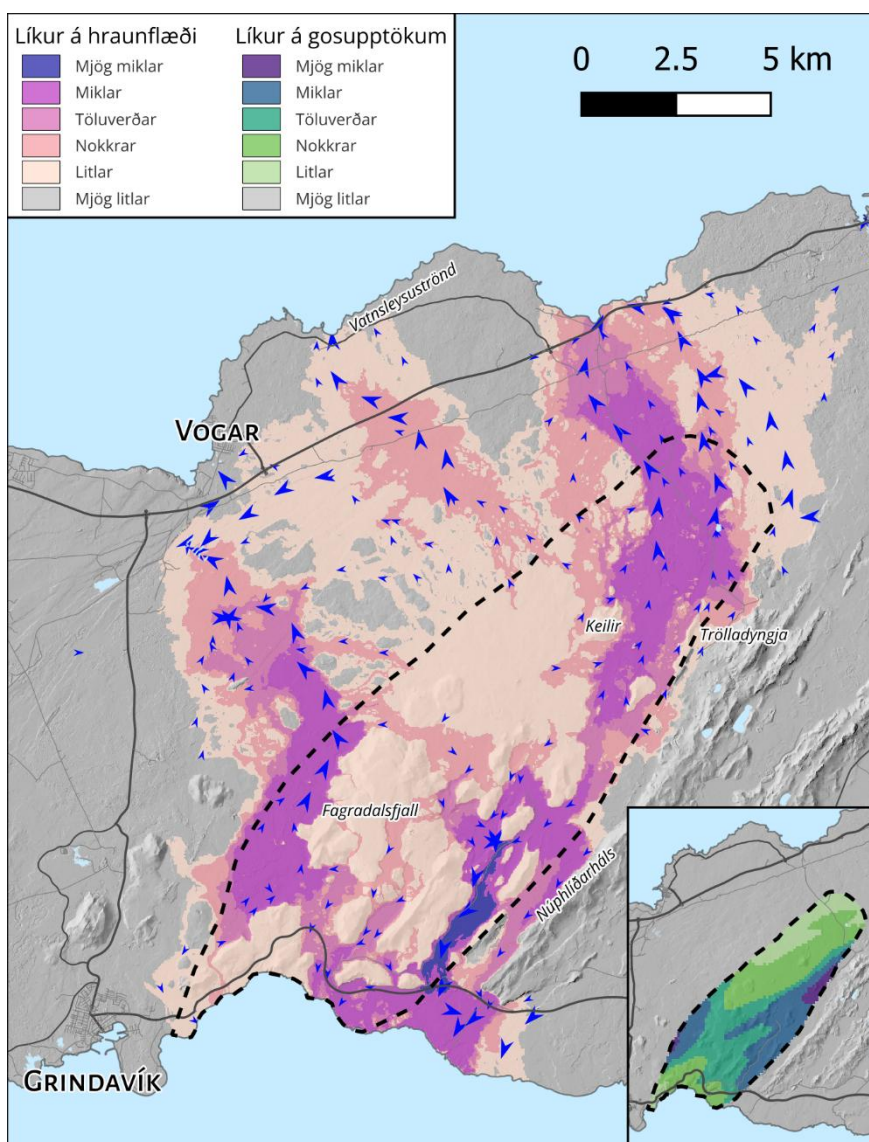
The likelihood of lava inundation within the Reykjaness/Svartsengi volcanic system from the Flæði – meðalstór hraun scenario. Blue arrows indicate primary drainage routes. Inset map shows the likelihood of vent opening within the Reykjaness/Svartsengi volcanic system.

5.2.2 Fagradalsfjall

Eldstöðvakerfi Fagradalsfjalls er 15–20 km langt og 5–7 km breitt og er minnst eldstöðvakerfa á Reykjanesskaga.

Fjallendi við sjálft Fagradalsfjall stjórnar töluvert líkum á hraunflæði á svæðinu. Þau svæði sem eru mest útsett (líkur á hraunflæði metnar *töluverðar* til *miklar*) eru staðsett í dölum á Fagradalsfjallssvæðinu og hraun þaðan rennur aðallega til suðurs (Mynd 12). Enn fremur eru líkur á hraunflæði á svæði meðfram austurjaðri Fagradalsfjalls og norður á Trölladyngju og að Keili. Hraun frá þessum svæðum renna helst til norðurs og norðvesturs.

Það svæði utan kerfisins sem er útsett fyrir hraunflæði frá eldstöðvakerfinu teygir sig 4–8 km til norðurs og norðvesturs þar sem líkur á hraunflæði frá kerfinu yfir hluta Vatnsleysustrandar eru metnar *litlar* til *nokkrar*. Líkur á hraunflæði frá eldstöðvakerfinu ofan í dalinn milli Fagradalsfjalls og Núpshlíðarháls og þaðan til suðurs eru metnar *töluverðar* til *miklar*.



Mynd 12. Líkur á hraunflæði frá eldstöðvakerfi Fagradalsfjalls skv. sviðsmyndinni Flæði – meðalstór hraun. Bláar örvar sýna helstu hraunrennislísiðir á svæðinu. Kortið neðst til hægri sýnir líkur á gosupptökum innan eldstöðvakerfisins.

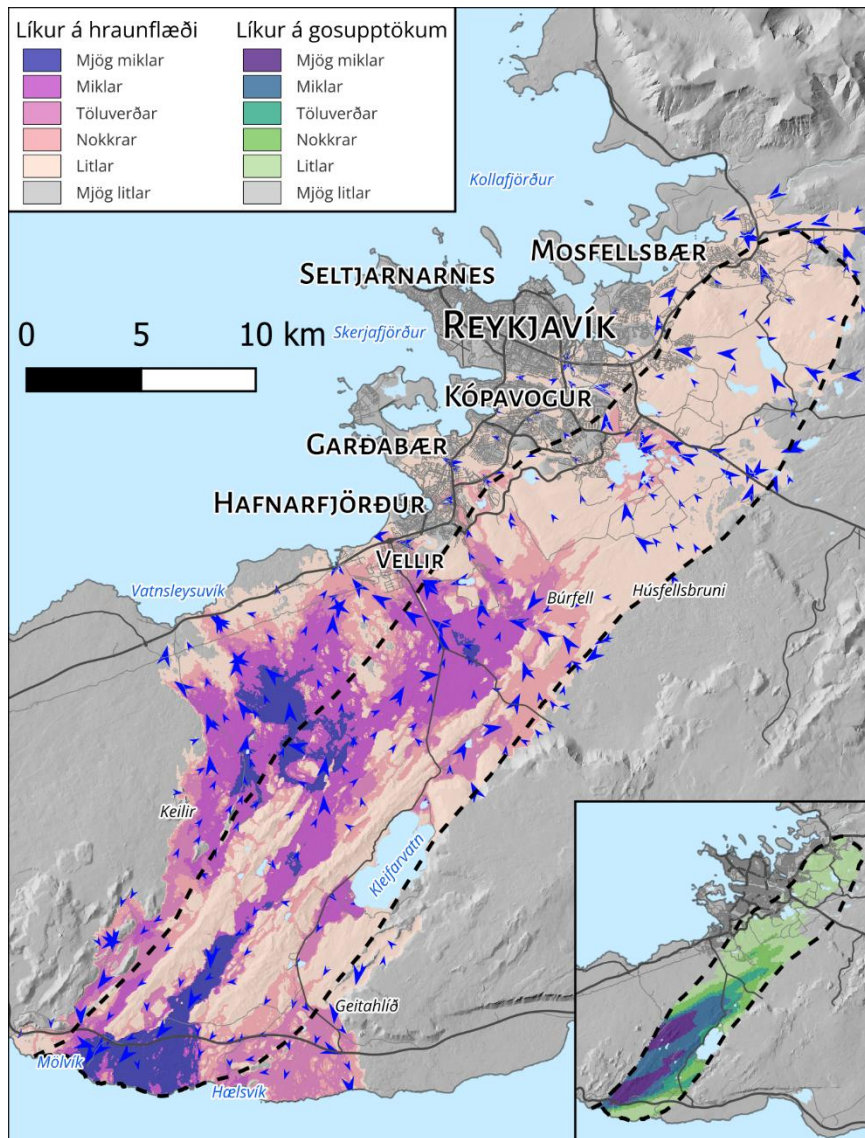
The likelihood of lava inundation within the Fagradalsfjall volcanic system from the Flæði – meðalstór hraun scenario. Blue arrows indicate primary drainage routes. Inset map shows the likelihood of vent opening within the Fagradalsfjall volcanic system.

5.2.3 Krýsuvík

Eldstöðvakerfi Krýsuvíkur er nærri 50 km langt og 5–10 km breitt og teygir sig frá Mosfellssveit í norðri að suðurströndinni milli Mölvíkur og Hælsvíkur (Mynd 13). Þrátt fyrir að kerfið sé skilgreint svo langt norður eru engar þekktar gosprungur norðan við Húsfell og Búrfell, því eru taldar *mjög litlar* til *litlar* líkur á gosupptökum á nyrsta parti kerfisins.

Þau svæði sem eru útsett fyrir hraunflæði innan kerfisins ná frá suðurströnd Reykjaneskaga að Búrfells- og Húsfellssvæðinu. Þau endurspeglu dali innan Krýsuvíkurkerfisins og nærliggjandi svæði til norðvesturs og suðurs frá kerfinu. Helstu hraunrennislisleiðir eru innan dalanna annaðhvort til suðvesturs í suðurhluta kerfisins eða til norðausturs og norðvesturs í norðurhluta þess enda eru dalirnir afmarkaðir af háum móbergshryggjum.

Sterkt dalalandslag stjórnar hraunrennislisleiðum innan kerfisins og leiðir hraun gjarnan til norðurs og norðvesturs. Þetta gerir það að verkum að svæði sem teygir sig allt að 5 km norðvestur af vesturmörkum Krýsuvíkurkerfisins frá Keili og að Völlunum í Hafnarfirði, er töluvert útsett fyrir hraunflæði frá eldstöðvakerfinu (líkur metnar upp í *mjög miklar*). Líkur á hraunflæði frá kerfinu eru einnig metnar *nokkrar* á svæði frá Vatnsleysuvík til Hafnarfjarðar. Frá norðurhluta kerfisins liggur hraunrennislisleið við Kaldárbotna og hraunhermanir sýna einnig að hraun getur runnið um dali höfuðborgarsvæðisins og náð að ströndinni í Skerjafirði og í Kollafirði þó svo líkur á hraunflæði þar séu metnar *litlar*.



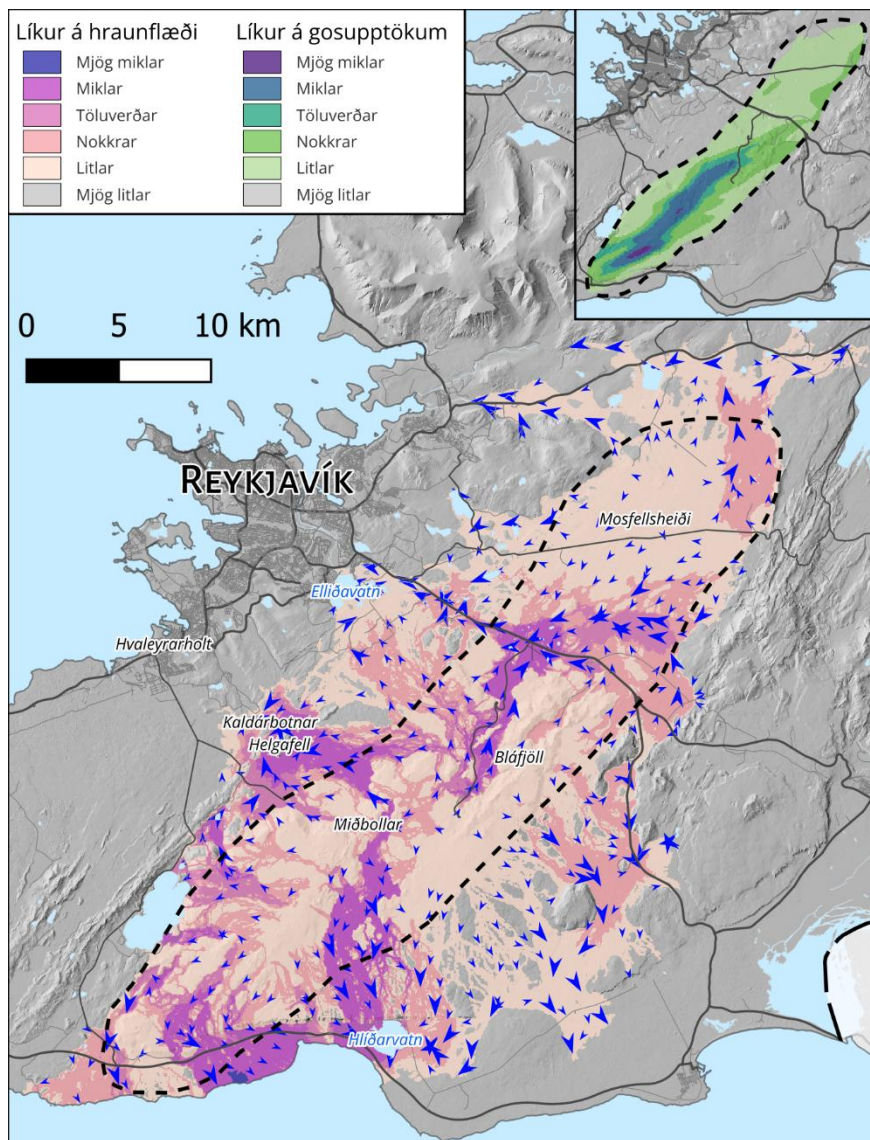
Mynd 13. Líkur á hraunflæði frá eldstöðvakerfi Krýsuvíkur skv. sviðsmyndinni Flæði – meðalstór hraun. Bláar örvar sýna helstu hraunrennislísiðir á svæðinu. Kortið neðst til hægri sýnir líkur á gosupptökum innan eldstöðvakerfisins.

The likelihood of lava inundation within the Krýsuvík volcanic system from the Flæði – meðalstór hraun scenario. Blue arrows indicate primary drainage routes. Inset map shows the likelihood of vent opening within the Krýsuvík volcanic system.

Vegna landslags eru líkur á hraunflæði austan við Krýsuvíkurkerfið mjög litlar þegar um er að ræða hraun sem kemur úr því kerfi. Eina undantekningin á því finnst á suðausturluta kerfisins þar sem svæðið sunnan Geitahlíðar er í talsverðri hættu (líkur á hraunflæði metnar töluverðar).

5.2.4 Brennisteinsfjöll

Eldstöðvakerfi Brennisteinsfjalla er 7–10 km breitt og teygir sig um 50 km frá suðurströnd Reykjanesskaga að Mosfellsheiði í norðri (Mynd 14).



Mynd 14. Líkur á hraunflæði frá eldstöðvakerfi Brennisteinsfjalla skv. sviðsmyndinni Flæði – meðalstór hraun. Bláar örvar sýna helstu hraunrennislíleiðir á svæðinu. Kortið neðst til hægri sýnir líkur á gosupptökum innan eldstöðvakerfisins.

The likelihood of lava inundation within the Brennisteinsfjöll volcanic system from the Flæði – meðalstór hraun scenario. Blue arrows indicate primary drainage routes. Inset map shows the likelihood of vent opening within the Brennisteinsfjöll volcanic system.

Hermt hraunflæði frá eldstöðvakerfi Brennisteinsfjalla sýnir að svæði 8–10 km austan og vestan við mörk kerfisins eru útsett fyrir hraunflæði. Útsettustu svæði innan kerfisins ná frá suðurströndinni að þjóðveginum yfir Hellisheiði. Ein helsta hraunrennislíleiðin innan kerfisins liggur frá Bláfjallasvæðinu til norðurs og fylgir þjóðveginum út fyrir mörk kerfisins í norðvesturátt að Elliðavatni. Frá norðurhluta hinna eiginlegu Brennisteinsfjalla liggur megin hraunrennislíleið í norðvestur að Helgafelli og Kaldárbotnum, en frá norðvesturhluta eiginlegra Brennisteinsfjalla liggja hraunrennislíleiðir í vestur í átt að Sveifluhálsi og fylgja svo landslagi aftur í átt að Helgafelli og Kaldárbotnum.

Frá suðausturhluta eldstöðvakerfis Brennisteinsfjalla liggur aðal hraunrennislísið beint suður að Hlíðarvatni og að suðurströnd skagans. Frá suðvesturhluta kerfisins liggur hraunrennislísið fyrst í suðvestur og síðan í suðaustur þegar kemur niður á láglandið áður en það nær ströndinni.

Vegna þessara ráðandi hraunrennislísiða eru tvö svæði utan eldstöðvakerfisins verulega útsett fyrir hraunflæði frá kerfinu, annars vegar í kringum Helgafell og Kaldárbotna og hins vegar meðfram suðurströndinni í kringum Hlíðarvatn.

Sögulega hraunið Hellnahraun (stundum kallað Tvíbollahraun) rann alls um 18 km frá Miðbollum í Brennisteinsfjöllum að Hvaleyrarholti í Hafnarfirði og er eitt fárra hrauna á skaganum sem hafa runnið svo langt. Lengd hraunsins frá Kaldárbotnum að hraunjaðri er um 8 km sem er um 5 km lengra en líkanreikningar sviðsmyndarinnar *Flæði – meðalstór hraun* gefur en þessi sviðsmynd sýnir almennt lengsta hraunflæði í þeirri greiningu sem hér er gerð. Af þessu má sjá að þekkt nútímahraun hafa runnið lengra en líkanreikningar gefa til kynna og undirstrikar að i) ekki er hægt að útiloka hraunflæði á svæðum þar sem líkur á hraunflæði eru metnar *mjög litlar* eða *litlar* og ii) að sviðsmyndirnar sem hér er unnið með ná ekki yfir alla mögulega atburði sem geta átt sér stað á Reykjanesskaga eins og áður hefur verið nefnt.

5.2.5 Hengill

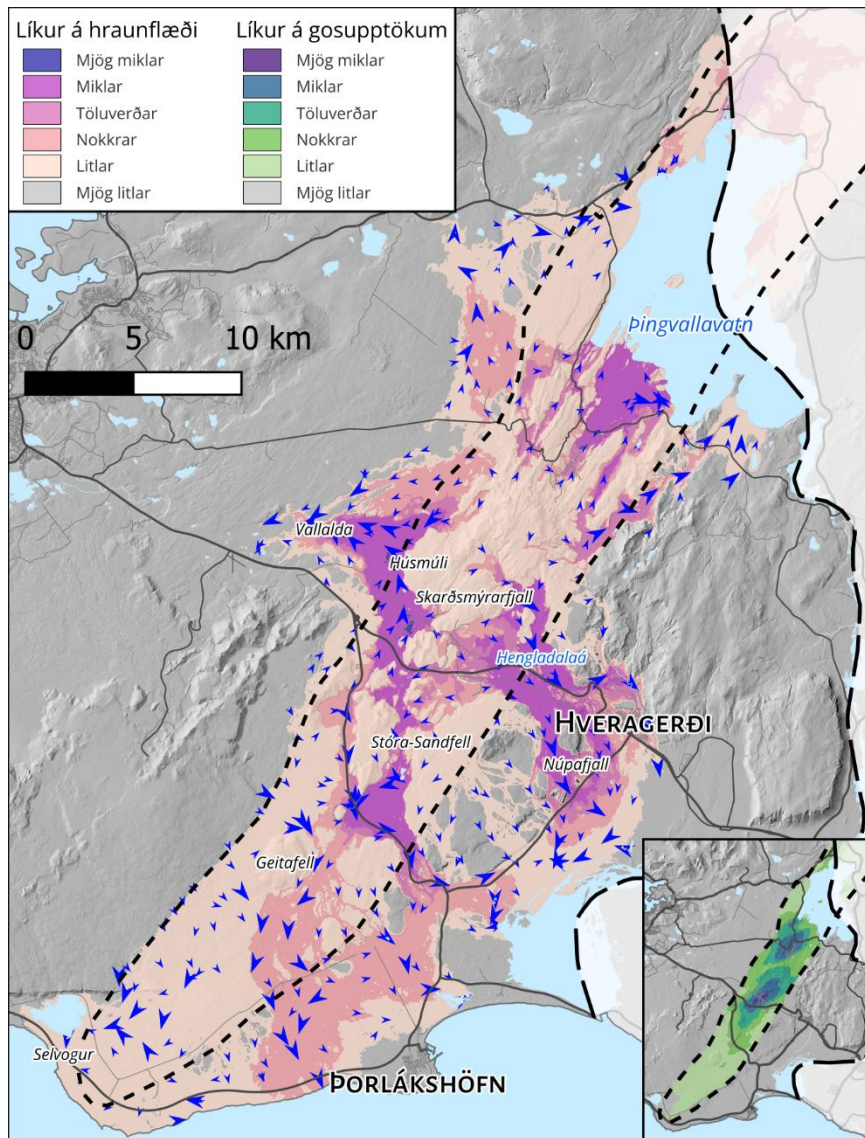
Eldstöðvakerfi Hengils er 80 km langt, frá Selvogi í suðri að Skjaldbreið í norðri, og er 5–10 km breitt. Hér er einungis unnið með þann hluta Hengilssvæðisins sem er sunnan og vestan við Þingvallavatn (Mynd 15).

Fjögur svæði eru útsett fyrir hraunflæði en líkur eru metnar *töluverðar* til *miklar*. Eystra svæðið nær frá Hellisheiði og Skarðsmýrarfjalli niður að Hveragerði og Ölfusi á Suðurlandsundirlendinu. Megin hraunrennislísið liggur meðfram Hengladalsá en önnur rennislísið liggur vestan við Núpafjall og stækkar útsett svæði vegna hraunflæðis frá Hengli um 7–9 km út fyrir austurmörk eldstöðvakerfisins.

Suðursvæðið nær frá Þjóðveginum og í átt að Stóra-Sandfelli, fylgir síðan Þrengslavegi að Þorlákshafnarvegi. Þetta landsvæði, ásamt landsvæði í kringum Geitafell sem hallar til suðurs, eykur útbreiðslu útsetts svæðis vegna hraunflæðis frá Hengli og fer um 5 km út fyrir mörk eldstöðvakerfisins að suðurströndinni og nalgast Þorlákshöfn.

Vestursvæðið nær frá Hellisheiðarvirkjun norður meðfram Húsmúla og vestur að Vallöldu. Það fylgir einni helstu flæðislið svæðisins. Viðbótaraffall frá Hengli rennur til vesturs og sameinast þessu svæði í kringum Vallöldu. Á þessu svæði eru svæði innan eldstöðvakerfis Brennisteinsfjalla útsett fyrir hraunflæði frá Hengli en hermd hraun frá Hengli ná um 5-6 km inn í eldstöðvakerfi Brennisteinsfjalla frá vesturjaðri Hengilssvæðisins.

Að lokum nær norðursvæðið frá suðurströnd Þingvallavatns í átt að Hengli. Á þessu svæði er fjöldi dala sem virka sem hraunrennislísiðir til norðurs. Þetta svæði er í miðju eldstöðvakerfi Hengils.

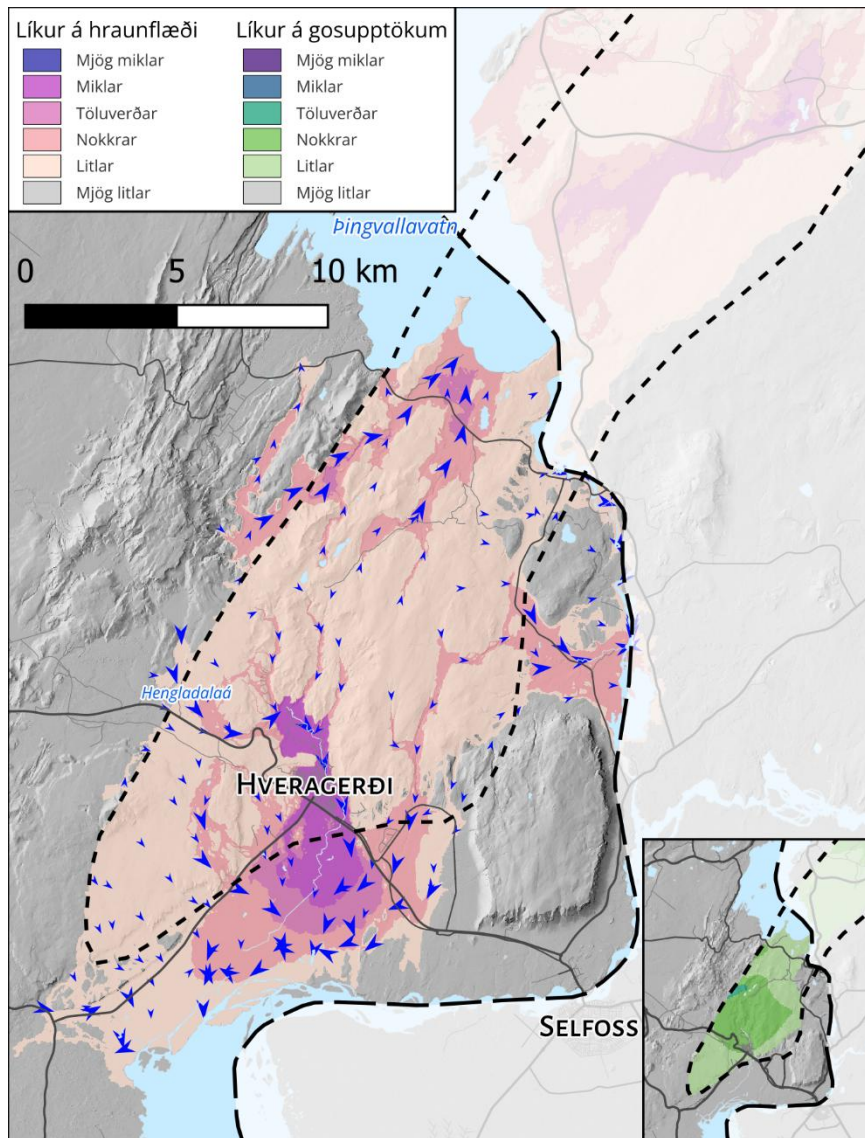


Mynd 15. Líkur á hraunflæði frá eldstöðvakerfi Hengils skv. sviðsmyndinni Flæði – meðalstór hraun. Bláar örvar sýna helstu hraunrennislíleiðir á svæðinu. Kortið neðst til hægri sýnir líkur á gosupptökum innan eldstöðvakerfisins.

The likelihood of lava inundation within the Hengill volcanic system from the Flæði – meðalstór hraun scenario. Blue arrows indicate primary drainage routes. Inset map shows the likelihood of vent opening within the Hengill volcanic system.

5.2.6 Hrómundartindur

Eldstöðvakerfi Hrómundartindar teygir sig 60–65 km frá Hveragerði í suðri að Skjaldbreið í norðri og er 5–10 km á breidd. Hér er unnið með þann part kerfisins sem er sunnan Þingvallavatns (Mynd 16). Þar eru helst tvö svæði útsett fyrir hraunflæði frá kerfinu, annars vegar svæðið í kringum Hveragerði og hins vegar minna svæði við suðurhluta Þingvallavatns. Dalirnir á svæðinu mynda helstu hraunrennislíleiðir og liggja aðallega til norðurs og suðurs. Mesta berskjöldun fyrir hraunflæði innan eldstöðvakerfisins er meðfram Hengladalsá í átt að Hveragerði, þar sem líkur á hraunflæði eru metnar *töluverðar* til *miklar*, og nær út fyrir kerfið að Ölfusá í suðri, þar sem líkurnar eru metnar *litlar* til *nokkrar*.



Mynd 16. Líkur á hraunflæði frá eldstöðvakerfi Hrómundartinds skv. sviðsmyndinni Flæði – meðalstór hraun. Bláar örvar sýna helstu hraunrennislísiðir á svæðinu. Kortið neðst til hægri sýnir líkur á gosupptökum innan eldstöðvakerfisins.

The likelihood of lava inundation within the Hrómundartindur volcanic system from the Flæði – meðalstór hraun scenario. Blue arrows indicate primary drainage routes. Inset map shows the likelihood of vent opening within the Hrómundartindur volcanic system.

5.3 Framrásarhraði hraunjaðars

Framrásarhraði hraunflæðis, eða það hve hratt hraunjaðar gengur fram, er mjög mikilvægur fyrir skammtímahættumat. Mjög erfitt er að spá fyrir um hraða hraunflæðis og þeim spám fylgir mikil óvissa. Framrásarhraði stjórnast af ýmsum þáttum eins og útstreymishraða, landslagi sem hraun rennur yfir (t.d. landhalla), seigju hraunsins og flókinni þróun flutningskerfis í hraunbreiðu. Því getur hraðinn verið mjög breytilegur milli gosa á ólíkum stöðum. Eins er mikilvægt að hafa í huga að hraði hraunflæðis í vel þróaðri hraunrás getur verið mun meiri en hraði framrásar hraunjaðars, sá síðarnefndi er þó oft notaður til að meta heildarhraða hraunflæðis.

Í langtímahættumatinu sem hér hefur verið sett fram er ekki unnið með framrásarhraða hrauna. Athuganir hafa þó verið gerðar á raunverulegum framrásarhraða hraunjaðars í eldgosunum á Reykjanesi síðan 2021 og hluti þeirra mælinga eru teknar saman í Töflu 2 til að gefa innsýn í líklegan framrásarhraða hrauna, enda er hann mjög mikilvægur við gerð viðbragðsáætlana. Nauðsynlegt er að undirstrika að framrásarhraði hraunjaðars er meðaltal yfir tiltekið tímabil (milli tveggja athugana á jaðrinum). Mesti framrásarhraðinn sést yfir stutt tímabil og minnkar yfirleitt eftir því sem tímabilið sem meðaltalið er tekið yfir lengist. Þess vegna inniheldur taflan uppgefinn hraða hraunjaðars, þar sem hægt er að sjá yfir hvaða tímabil hraðinn er reiknaður, og útreikning á hraða hraunjaðars í m/s.

Tafla 2. Áætlaður framrásarhraði nokkurra eldgosa á Íslandi. Hámarksútsteymishraði sýnir áætlað hámarks magn kviku sem flæðir frá gosupptökum á tímaeiningu (e. max effusion rate). Framrásarhraði hraunjaðars er annars vegar gefinn eins og hann er skráður/mældur (t.d. km á klst eða km/dag) og hins vegar reiknaður yfir í hraðaeininguna m/s. Miðlungs halli er á bilinu 5-10° og lítill halli <5°. Fagradfj. stendur fyrir Fagradalsfjall og Sundhng. stendur fyrir Sundhnúksgígjaröðina.

Some observations of lava flow front speeds in Iceland. The maximum flow front speeds are calculated over a specific time interval. The advancement speed of the lava front indicates how far the lava advanced during a specific measurement time, note that the units vary in the observations (column Framrásarhraði hraunjaðars (skráður)) which were used to calculate to common units in column „Framrásarhraði hraunjaðars (m/s)“. A moderate slope (miðlungs) is in the range of 5-10° and a low slope (lítill) <5°. Fagradfj. stands for Fagradalsfjall and Sundhng. stands for Sundhnúksgígjaröð.

Gossvæði	Eldgos (ár)	Hámarks útstreyimishraði (m ³ /s)	Framrásarhraði hraunjaðars (skráður)	Framrásarhraði hraunjaðars (m/s)	Halli	Tilvísun
Fagradfj.	5.4.2021	6	1,1 km/2:04 klst	0,15	Miðlungs	P.v.
Fagradfj.	9.4. 2021	5	23 m/3:22 mín	0,11	Miðlungs	P.v.
Fagradfj.-Meradalir	4.8.2022	u.þ.b. 20	50 m/5:30 mín	0,15	Lítill	P.v.
Sundhng.-Hagafell	14.1.2024	140	1,1 km/4:40 klst	0,07	Lítill	P.v.
Sundhng.	8.2.2024	~750	3,1 km/4:25 klst	0,19	Lítill	P.v.
Sundhng.	8.2.2024	~750	4,6 km/7 klst	0,18	Lítill	P.v.
Sundhng.	29.5.2024	~1900	4,1 km/3 klst	0,38	Lítill	P.v.
Sundhng.	22.11.2024	~1600	3,1 km/5:25 klst	0,16	Lítill	P.v.
Holuhraun	2014–15	350	1,13 km/dag	0,131	Lítill	Gro B. M. Pedersen o.fl. (2017)
Laki	1783–84	~8700	15–17 km/dag	0,17–0,20		Thorvaldur Thordarson & Self, 1993; Guilbaud o.fl., 2005

P.v. stendur fyrir þetta verkefni

Lokaorð

Langtímahættumat vegna hraunavár á Reykjaneskaga hefur verið sett fram en hér er skaginn skilgreindur frá Reykjanestá í vestri að Ölfusá í austri og Hvalfirði í norðri. Markmið langtímahættumats vegna eldfjallavár er að draga úr efnahagslegu tjóni af völdum eldgosa.

Á athugunarsvæðinu eru tvö þéttbýli staðsett í efstu 10% líkum á hraunavá hvort sem er af völdum gosupptaka, hraunflæðis eða beggja þátta en það eru Grindavík og Hveragerði. Auk þessara þéttbýla er töluvert um mikilvæga innviði á þessum svæðum m.a. allar fjórar virkjanir Reykjaneskaga (Hellisheiðarvirkjun, Nesjavallavirkjun, Reykjanesvirkjun og Svartsengisvirkjun), raflínur og vatnslagnir þeim tengdar.

Þegar umbrot hefjast á tilteknu svæði fellur langtímahættumat úr gildi og skammtímahættumat tekur við. Í skammtímahættumati eru allar grunnniðurstöður langtímahættumats notaðar að viðbættum upplýsingum úr rauntímaeftirlitskerfi. Til að brúa bil milli langtíma- og skammtíma-hættumats og veita leiðbeiningar fyrir stjórnendur og viðbragðsaðila á allra fyrstu stigum eldvirkni hafa hraunasvið og hraunrennisliskerfi á Reykjaneskaga verið reiknuð út og líkur á hraunflæði frá hverju eldstöðvakerfi skagans fyrir sig verið útbúin.

Í framhaldi af þessari skýrslu verða gefnar út þrjár skýrslur til að veita nánara mat á langtímahraunavá á tilteknum svæðum Reykjaneskaga: „Hraunavá á höfuðborgarsvæðinu“, „Hraunavá á Suðurnesjum“ og „Hraunavá á vesturhluta Árnessýslu“. Þessar skýrslur byggja á þeim yfirlitsniðurstöðum sem hér hafa verið kynntar. Áréttað er að gögn sem liggja að baki langtímahættumatinu eru einnig aðgengileg í gegnum kortasjá, kortaþekjur og gagnasafn sem gerir almenningi jafnt sem sérfræðingum kleift að nýta gögnin eftir þörfum hvers og eins (www.eldfjallava.is).

Áhersla er lögð á að niðurstöður má nota til stuðnings við ákvarðanatöku, þar sem staðbundnar líkur geta gefið vísbendingu um hvort einn staður sé meira eða minna berskjaldaður fyrir hraunflæði en annar. Hins vegar eru engin lög eða regluverk til um viðunandi áhættu hvað varðar hraunavá og því er einungis hægt að nota niðurstöður sem hér eru settar fram sem leiðbeinandi upplýsingar sem nýta má til skynsamlegrar ákvarðanatöku um skipulag og landnýtingu.

Pakkarorð

Við þökkum öllum sem lögðu sitt af mörkum á einn eða annan hátt við úrlausn, þróun og frágang langtímahættumats vegna hraunavár á Reykjanesskaga, hvort sem er innan Veðurstofu Íslands eða utan. Verkefnið var fjármagnað af íslenska ríkinu og unnið fyrir umhverfis-, orku-, og loftslagsráðuneytið í nánú samstarfi við sveitarfélög og hagaðila á athugunarsvæðinu. Magnús Á. Sigurgeirsson fær sérstakar þakkir fyrir yfirlestur og góðar ábendingar og Sigurlaug Gunnlaugsdóttir fyrir prófarkalestur. Að lokum þökkum við stýrihópunum þremur sérstaklega fyrir áhugaverðar samræður á verkefnatímanum en þeirra innlegg jók skýrleika og gerði okkur kleift að koma upplýsingum á framfæri á sem allra skiljanlegastan hátt. Sérstakar þakkir fá Jón Viðar Matthíasson og Þóra Kristín Ásgeirsdóttir, framkvæmdastjóri og deildarstjóri hjá almannavarnanefnd höfuðborgarsvæðisins, fyrir frábært samstarf og aðhald að verkefninu, sem og Björn Ingi Jónsson, sviðsstjóri almannavarna hjá Lögreglunni á Suðurlandi, og Berglind Kristinsdóttir framkvæmdastjóri Sambands sveitarfélaga á Suðurnesjum.

Náttúrufræðistofnun Íslands (áður Landmælingar Íslands) er þakkað fyrir aðgang að landhæðarlíkönunum.

Líkanreikningar (hraunflæðihermanir) voru framkvæmdir á ofurtölvum Háskóla Íslands í gegnum samstarfsverkefnið Rafrænir rannsóknarinnviðir – IREI (www.irei.is), stutt af Innviðasjóði RANNÍS (Mennta og menningarmálaráðuneytið, 2021).

Heimildir

- Árni Hjartarson. (1994). *Vatnsveitur og vatnsból—Samantekt um vatnsveitumál (OS-930)*. Orkustofnun.
- Árni Hjartarson, & Þórólfur H. Hafstað. (2010). *Vatnsbólaskrá: Íslensk vatnsból og vatnsbólakort*. ÍSOR-10079. ÍSOR.
- Ármann Höskuldsson, Þorvaldur Þórðarson, Þóra Björg Andrésardóttir, Aúfaristama M (2018a). *Náttúruvá á framkvæmdasvæði Suðurnesjalínu 2. Samanburður valkosta með tilliti til jarðhræringa*. Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands, Háskóli Íslands.
- Ármann Höskuldsson, Moreland W.M., Aúfaristama M., Þorvaldur Þórðarson, Ingibjörg Jónsdóttir, Þóra B. Andrésardóttir (2022). *Náttúru og eldgosavá í Sveitarfélaginu Vogar. Mat á eldgosavá með tilliti til jarðhræringa á Reykjanesi 2021*. Jarðvísindastofnun, Háskóli Íslands.
- Ásta Rut Hjartardóttir. (í undirbúningi). Sprunguhreyfingar og vá af þeirra völdum: Suðvesturland. Skýrsla Veðurstofu Íslands xxxx-xxx.
- Ásta Rut Hjartardóttir & Bergrún Arna Óladóttir. (2025). *Náttúruvá á höfuðborgarsvæðinu. Eldsumbrot, jarðskjálftar og sprunguhreyfingar*. Skýrsla Veðurstofu Íslands 2024-003.
- Ásta Rut Hjartardóttir, Páll Einarsson, & Sigríður Björgevinsdóttir. (2016). Fissure swarms and fracture systems within the Western Volcanic Zone, Iceland – effects of spreading rates. *Journal of Structural Geology*, 91, 39–53.
- Ásta Rut Hjartardóttir, Dürig, T., Parks, M., Drouin, V., Vigfús Eyjólfsson, Reynolds, H., Páll Einarsson, Esther Hlíðar Jensen, Birgir Vilhelm Óskarsson, Belart, J.M.-C., Ruch, J., Gies, N.B. & Gro B.M. Pedersen. (2023). Pre-existing fractures and eruptive vent openings during the 2021 Fagradalsfjall eruption, Iceland. *Bulletin of Volcanology*, 85(10), 56. <https://doi.org/10.1007/s00445-023-01670-z>.
- Bergrún A. Óladóttir, Melissa Anne Pfeffer, Sara Barsotti & Bogi Brynjar Björnsson. (2023a). *Langtímahættumat Reykjanesskaga vestan Kleifarvatns. Hrauna-, gas- og gjóskuvá*. Skýrsla Veðurstofu Íslands 2023-003.
- Bergrún A. Óladóttir, Melissa Anne Pfeffer, Sara Barsotti, Bogi Brynjar Björnsson, Titos, M., Gupta, R., Gerður Stefánsdóttir, Simone Tarquini, S. & De' Michieli Vitturi, M. (2023b). *Langtímahættumat fyrir Reykjanesskaga vestan Kleifarvatns. Hrauna-, gasmengunar- og gjóskuvá*. Tækniskýrsla. Greinagerð Veðurstofu Íslands BAÓ/o.fl.2023-01.
- Bertin, D., Lindsay, J.M., Becerril, L., Cronin, S.J. & Bertin, L.J. (2019). MatHaz: a Matlab code to assist with probabilistic spatio-temporal volcanic hazard assessment in distributed volcanic fields. *Journal of Applied Volcanology*, 8(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s13617-019-0084-6>.
- Clifton, A.E. & Kattenhorn, S.A. (2006). Structural architecture of a highly oblique divergent plate boundary segment. *Tectonophysics*, 419(1–4), 27–40. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2006.03.016>.
- de' Michieli Vitturi, M., & Tarquini, S. (2018). MrLavaLoba: A new probabilistic model for the simulation of lava flows as a settling process. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 349, 323–334. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2017.11.016>.

- Del Negro, C., Cappello, A., Bilotta, G., Ganci, G., Hérault, A., & Zago, V. (2019). Living at the edge of an active volcano: Risk from lava flows on Mt. Etna. *GSA Bulletin*, 132(7–8), 1615–1625. <https://doi.org/10.1130/B35290.1>.
- DeMets, C., Gordon, R.G., Argus, D.F. & Stein, S. (1994). Effect of recent revisions to the geomagnetic reversal time-scale on estimates of current plate motions. *Geophysical Research Letters*, 21(20), 2191–2194. <https://doi.org/10.1029/94GL02118>.
- Drouin, V. & Freysteinn Sigmundsson. (2019). Countrywide observations of plate spreading and glacial isostatic adjustment in Iceland inferred by sentinel-1 radar interferometry, 2015–2018. *Geophysical Research Letters*, 46(14), 8046–8055.
- Ducrocq, C., Póra Árnadóttir, Páll Einarsson, Sigurjón Jónsson, Drouin, V., Halldór Geirsson, & Ásta Rut Hjartardóttir. (2024). Widespread fracture movements during a volcano-tectonic unrest: the Reykjanes Peninsula, Iceland, from 2019–2021 TerraSAR-X interferometry. *Bulletin of Volcanology*, 86(2), 14. <https://doi.org/10.1007/s00445-023-01699-0>.
- Favalli, M., Pareschi, M.T., Neri, A., & Isola, I. (2005). Forecasting lava flow paths by a stochastic approach. *Geophysical Research Letters*, 32(3), Article 3. <https://doi.org/10.1029/2004GL021718>.
- Gro B.M. Pedersen, Ármann Höskuldsson, Dürig, T., Thorvaldur Thordarson, Ingibjörg Jónsdóttir, Riishuus, M.S., Birgir V. Óskarsson, Dumont, S., Eyjólfur Magnusson, Magnús T. Gudmundsson, Freysteinn Sigmundsson, F., Drouin, V. J. P. B., Gallagher, C., Askew, R., Jónas Guðnason, Moreland, W.M., Nikkola, P., Reynolds, H.I., & Schmith, J. (2017). Lava field evolution and emplacement dynamics of the 2014–2015 basaltic fissure eruption at Holuhraun, Iceland. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 340, 155–169. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2017.02.027>.
- Gro B.M. Pedersen, Belart, J.M.-C., Birgir Vilhelm Óskarsson, Magnús T. Gudmundsson, Gies, N.B., Thórdís Högnadóttir, Ásta Rut Hjartardóttir, Pinel, V., Berthier, E. & Dürig, T. (2022). Volume, effusion rate, and lava transport during the 2021 Fagradalsfjall eruption: Results from near real-time photogrammetric monitoring. *Geophysical Research Letters*, 49(13), <https://doi.org/10.1029/2021GL097125>.
- Gro B.M. Pedersen, Melissa Anne Pfeffer, Sara Barsotti, Tarquini, S., de’Michieli Vitturi, M., Bergrún. A. Óladóttir & Ragnar H. Prastarson. (2023). Lava flow hazard modeling during the 2021 Fagradalsfjall eruption, Iceland: Applications of MrLavaLoba. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 23(9), 3147–3168. <https://doi.org/10.5194/nhess-23-3147-2023>.
- Guilbaud, M.-N., Self, S., Thorvaldur Thordarson, & Blake, S. (2005). Morphology, surface structures, and emplacement of lavas produced by Laki, A.D. 1783–1784. In M. Manga & G. Ventura (Eds.), *Kinematics and dynamics of lava flows* (p. 0). Geological Society of America. <https://doi.org/10.1130/0-8137-2396-5.81>.
- Hveragerðisbær. (2017). Aðalskipulag Hveragerðisbæjar 2017-2029 Greinagerð og umhverfisskýrsla. Landform.
- Hveragerðisbær. (2020). Söguágrip vatnsveitu. Skoðað 4. febrúar 2026 á <https://www.hveragerdi.is/is/thjonusta/byggingarmal/fraveita-og-vatnsveita/soguagrip-vatnsveitu>.

- Jenness, M.H. & Clifton, A.E. (2009). Controls on the geometry of a Holocene crater row: a field study from southwest Iceland. *Bulletin of Volcanology*, 71(7), 715–728.
- Jiang, B. (2013). Head/Tail Breaks: A New Classification Scheme for Data with a Heavy-Tailed Distribution. *The Professional Geographer*, 65(3), 482–494. <https://doi.org/10.1080/00330124.2012.700499>.
- Jones, J.G. (1969). Intraglacial volcanoes of the Laugarvatn region, south-west Iceland— I. *Quarterly Journal of the Geological Society*, 124(1–4), 197–211. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.124.1.0197>.
- Jón Jónsson. (1978). Jarðfræðikort af Reykjanesskaga. I. Skýringar við jarðfræðikort; II. Jarðfræðikort. Orkustofnun Jarðhitadeild. OS JHD 7831.
- Kjartan Thors. (1992). Bedrock, sediments, and faults in Thingvallavatn. *Oikos*, 64, 69–79.
- Kristján Sæmundsson. (1979). Outline of the geology of Iceland. *Jökull*, 29, 7–28.
- Kristján Sæmundsson & Haukur Jóhannesson (2006). *Varðandi líkur á hraunrennsli og öskufalli milli Hafnarfjarðar og Keflavíkur*. Greinagerð ÍSOR-06006.
- Kristján Sæmundsson & Magnús Á. Sigurgeirsson. (2013). Reykjanesskagi. Í: Júlíus Sólnes, Freysteinn Sigmundsson, Bjarni Bessason (ritstj.): *Náttúruvá á Íslandi. Eldgos og Jarðskjálftar*. Reykjavík. Viðlagatrygging Íslands og Háskólaútgáfan.
- Kristján Sæmundsson & Magnús Á. Sigurgeirsson (2015). *Flugvallarstæði með tilliti til sprunguvirkni og hraunrennslis*. Greinagerð ÍSOR -15008.
- Kristján Sæmundsson, Haukur Jóhannesson, Árni Hjartarson, Sigurður Garðar Kristinsson & Magnús Á. Sigurgeirsson. (2010). *Jarðfræðikort af Suðvestur Íslandi 1:100000*. Íslenskar orkurannsóknir.
- Kristján Sæmundsson, Magnús Á Sigurgeirsson, Árni Hjartarson, Inga Kaldal, Sigurður Garðar Kristinsson, & Skúli Víkingsson. (2016). *Jarðfræðikort af Suðvesturlandi 1:100 000* (2nd ed.) [Map]. Íslenskar orkurannsóknir.
- Kristján Sæmundsson, Magnús Á. Sigurgeirsson & Guðmundur Ó. Friðleifsson. (2020). Geology and structure of the Reykjanes volcanic system, Iceland. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 391, 106501. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2018.11.022>.
- Magnús Á. Sigurgeirsson & Sigmundur Einarsson. (15. nóvember 2019). Reykjanes og Svartsengi. Í: Bergrún A. Óladóttir, Guðrún Larsen og Magnús Tumi Guðmundsson. *Íslensk eldfjallavefsíja. Veðurstofa Íslands, Háskóli Íslands og Almannavarnadeild Ríkislögreglustjóra*. Sótt af <http://isenskelfjoll.is/?volcano=REY>.
- Matplotlib colormaps. (n.d.). Retrieved 8 December 2025, from <https://bids.github.io/colormap/>.
- Melissa Anne Pfeffer, Sara Barsotti, Bergrún A. Óladóttir, Esther H. Jensen, Pagney, E.P., Bogi B. Björnsson, Guðrún Jóhannesdóttir, Ármann Höskuldsson, Sandri, L., Selva, J., Tarquini, S., de' Michieli Vitturi, M., Ingibjörg Jónsdóttir, Davíð Egilson, Sigrún Karlsdóttir, Roberts, M.J., Kristín Vogfjörð. (2021). Forgreining á hættu vegna goss á eldstöðvakerfi Vestmannaeyja. Frummat á áhrifum hraunrennslis og öskufalls í Heimaey. Skýrsla Veðurstofu Íslands 2021-003.
- Mennta- og menningarmálaráðuneytið. (Júní 2021). Vegvísir um rannsóknarinnviði 2021. Mennta- og menningarmálaráðuneytið, Stjórnarráð Íslands https://www.stjornarradid.is/library/01--Frettatengt---myndir-og-skrar/MRN/vegvisir%20um%20rannsoknarinnvidi_juni%202021.pdf.

- Náttúrufræðistofnun. (2019). *ni_n50v Hraun frá nútíma (Sérstök vernd náttúrufrýrbæra)* - 1:25.000 (útgáfa 2019-02-20) [Gagnasett]. Náttúrufræðistofnun. <https://gatt.lmi.is/geonetwork/srv/ice/catalog.search#/metadata/736806df-d003-4fb4-9c21-996954475fd6>".
- Parks, M., Drouin, V., Freysteinn Sigmundsson, Ásta R. Hjartardóttir, Halldór Geirsson, Gro B.M. Pedersen, Belart, J.M.-C., Sara Barsotti, Lanzi, C. & Kristín Vogfjörd. (2025). 2023–2024 inflation-deflation cycles at Svartsengi and repeated dike injections and eruptions at the Sundhnúkur crater row, Reykjanes Peninsula, Iceland. *Earth and Planetary Science Letters*, 658, 119324.
- Páll Einarsson. (2010). Mapping of Holocene surface ruptures in the South Iceland Seismic Zone. *Jökull*, 60, 121–138.
- Páll Einarsson. (2010). Mapping of Holocene surface ruptures in the South Iceland Seismic Zone. *Jökull*, 60, 121–138.
- Páll Einarsson, Haukur Jóhannesson, & Ásta Rut Hjartardóttir. (2018). Bergsprungur og byggingar á höfuðborgarsvæðinu. *Verktækni*, 21–25.
- Páll Einarsson, Ásta Rut Hjartardóttir, Sigrún Hreinsdóttir, & Páll Imsland. (2020). The structure of seismogenic strike-slip faults in the eastern part of the Reykjanes Peninsula Oblique Rift, SW Iceland. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 391, 106372. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2018.04.029>.
- Páll Imsland 1998. Um náttúruvár á Straumsvíkursvæðinu. *Náttúrufræðingurinn* 67. (3-4) bls. 263-273
- Páll Imsland, Bjarni Richter (2020). Eldgos og hraunflóðavá við Grindavík. Reykjavík 1997 og 2020. 82 bls. (að stofni til frá 1997, endurskoðað 2020).
- Sigrún Hreinsdóttir, Páll Einarsson, & Freysteinn Sigmundsson. (2001). Crustal deformation at the oblique spreading Reykjanes Peninsula, SW Iceland: GPS measurements from 1993 to 1998. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 106(B7), 13803–13816. <https://doi.org/10.1029/2001JB000428>.
- Steigerwald, L., Páll Einarsson, & Ásta Rut Hjartardóttir. (2020). Fault kinematics at the Hengill Triple Junction, SW-Iceland, derived from surface fracture pattern. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 391, 106439. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2018.08.017>.
- Sveinbjörn Björnsson, Páll Einarsson, Helga Tulinius, & Ásta Rut Hjartardóttir. (2020). Seismicity of the Reykjanes Peninsula 1971–1976. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 391, 106369. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2018.04.026>.
- Tarquini, S., Vitturi, M. de' M., Esther Hliðar Jensen, Gro B. M. Pedersen, Sara Barsotti, Coppola, D., & Melissa Anne Pfeffer. (2019). Modeling lava flow propagation over a flat landscape by using MrLavaLoba: The case of the 2014–2015 eruption at Holuhraun, Iceland. *Annals of Geophysics*, 62(2), Article 2. <https://doi.org/10.4401/ag-7812>.
- Thordarson, Th. & Self, S. (1993). The Laki (Skaftár Fires) and Grímsvötn eruptions in 1783–1785. *Bulletin of Volcanology*, 55(4), 233–263. <https://doi.org/10.1007/BF00624353>.
- Trusdell, F., & Zoeller, M.H. (2017). *Scientific Investigations Map* (Scientific Investigations Map 3387, p. 12) [Scientific Investigations Map]. U.S. Geological Survey. <https://doi.org/10.3133/sim3387>.

- Trusdell, F., Graves, T., & Tincher, C.R. (2002). *Map Showing Lava Inundation Zones for Mauna Loa, Hawai'i* [Map]. U.S. Geological Survey. <https://pubs.usgs.gov/mf/2002/2401/>.
- Velden, E. van der. (2020). CMasher: Scientific colormaps for making accessible, informative and 'cmashing' plots. *Journal of Open Source Software*, 5(46), 2004. <https://doi.org/10.21105/joss.02004>.
- Póra Björg Andréadóttir. (2018). Volcanic hazard and risk assessment at Reykjanes, vulnerability of infrastructure. Óbirt meistarariterð, Háskóli Íslands. 91 bls.

I Viðauki

I.1 Gossaga og endurkomutímar

Tafla V.1 Kortlögð nútímahraun á Reykjaneskaga unnið upp úr jarðfræðikorti ÍSOR (Kristján Sæmundsson o.fl., 2010, 2016), gögnum frá Náttúrufræðistofnun (2019) og einnig var kortlagning Jóns Jónssonar (1978) höfð til hliðsjónar. Forsöguleg hraun eru gráletruð. Oftast er aldur hrauna gefinn upp en þar sem upphafsár er þekkt er ártalið skáletrað.

Mapped post-glacial lava fields compiled from ÍSOR geological maps (Kristján Sæmundsson o.fl., 2010, 2016), data from Náttúrufræðistofnun (2019) and additional mapping work by Jón Jónsson (1978).

Hraun	Aldur / Upphafsár	Fjöldi hrauna frá kerfi (N)	Heildartími (T) (ár)	Endurkomutími (R=T/N)
Reykjanes				
Yngra Stampahraun (Stampahraun 4; so)	1210-1211 e.Kr			
Rauðhólshraun (Hörslahraun, Stampahraun 3; rr) + Sýrfellshraun (Tjaldastaðagjárhraun) og Eldra Stampahraun	1.900-2.400			
Gunnuhraun (hraun norðan við Gunnhver; gk)	3.100-3.200			
Stampshraun (ps)	3.000-8.000			
Stampahraun 2 (sn)	3.000-8.000			
Stampahraun 1 (si)	3.000-8.000			
Einiberjahólshraun - dyngja (ei)	8.000-11.500			
Haugshraun (hn)	8.000-11.500			
Melshraun (Sýrfellshraun eldra), (ml)	8.000-11.500			
Hraun úr Sýrfellssprungunni (rh)	8.000-11.500			
Hraun úr Skálafelli (sk1, sk2, sk3, sk4)	8.000-11.500			
Hraun NV af Vatnsstæði (vf)	8.000-11.500			
Pikritkennt hraun NA af Þórðarfelli (pb) -(bph)	12.500-14.500			
Sandfellshæð - dyngja (sd)	13.600			
Lágafell pikrít hraun (pl)	>13.600-14.500			
Háleyjabunga pikrít hraun (há) - dyngja skv JJ	>13.600			
		16	14.500	906
Svartsengi				
Sundhnúksgígur IX	2025 (16.7-5.8) e.Kr			
Sundhnúksgígur VIII- Hagafell	2025 (1.4) e.Kr			
Sundhnúksgígur VII	2024 (20.11-8.12) e.Kr			
Sundhnúksgígur VI	2024 (22.8-5.9) e.Kr			
Sundhnúksgígur V	2024 (29.5-22.6) e.Kr			
Sundhnúksgígur IV	2024 (16.3-8.5) e.Kr			
Sundhnúksgígur III	2024 (8.-9.2) e.Kr			
Sundhnúksgígur II -Hagafell	2024 (14.-16.1) e.Kr			
Sundhnúksgígur I	2023 (18.-21.12) e.Kr			
Arnarseturshraun (Illahraun, Eldvarpahraun, Sundvörðuhraun Skógfellahraun; sö)	1230-1240 e.Kr			
Háahraun (rhh)	~2.200			
Blettahraun (rhh)	~2.200			
Berghraun (rhh)	~2.200			
Klofningahraun (rhh)	~2.200			
Sundhnúkshraun (sh)	2.200-2.300			
Hraun efst í Strandarheiði (H-41)	>2.400			
Hraun NV Húsfells (hús)	>2.400			
Gjallmyndun vestan í Svartsengisfelli (svg) / Hraun vestan í Svartsengisfelli (sv)	>2.400			
Lynghólshraun (oh) +Óbrennishólmahraun (oh)	~3.000			
Hraun úr eldri gígum í Eldvörpum (lh)	3.000-8.000			
Hraun NA undir Þórðarfelli (ph)	3.000-8.000			
Hraun NV af Stóra-Skógfelli (sth)	3.000-8.000			
Hraun NV við Baðsvelli (ba)	3.000-8.000			
Hópsness- og Hópsheiðarhraun (hh)	~8.000			

Hrafnshlíðarhraun (hr)	8.000-11.500		
Kálfellshraun (Hálfunarahólshraun; kh)	8.000-11.500		
Sandhólshraun (sa)	8.000-11.500		
Selhóll á Baðsvöllum (sb)	8.000-11.500		
Hraun úr Grindavíkur-Eldvörpum (gh)	8.000-11.500		
Hraun í Lágafelli og Lágafellsheiði (lf) - dyngja skv JJ	8.000-11.500		
Hraun NV við Litla Skógfell (ls)	8.000-11.500		
Hraun SA og norðan Litla-Skógfells (hf)	8.000-11.500		
Hraun vestur af Fagradal (ed)	8.000-11.500		
Sprunguhraun í miðju Stóra-Skógfelli pikrít hraun (mk)	12.500-14.500		
Dyngjuhraun úr Vatnsheiði pikrít (pv)	12.500-14.500		
Kleprahraun í austuröxl Stóra-Skógfells (th)	12.500-14.500		
Kleprahraun NV í Svartsengisfelli og Stóra-Skógfelli (tk)	12.500-14.500		
Hraun í Klifhólum, Selhálsi og Svartengisfelli (ks)	12.500-14.500		
		38	14.500 382
Fagradalsfjall			
Litli-Hrútur	2023 (10.7-5.8) e.Kr		
Meradalir	2022 (3-21.8) e.Kr		
Geldingadalir	2021 (9.3-18.9) e.Kr		
Rauðgilsmyndun (Rauðgilsbraun; rg)	>2.400		
Dalahraun (da)	4.000-6.000		
Beinavörðuhraun (eldra (bh) og yngra (be))	>6.000		
Hrólfsvíkurhraun - dyngja (hro)	>7.000		
Borgarhraun (bo)	7.000-9.000		
Hraun SA af (Fagradals-)Vatnsfelli (fv)	8.000-11.500		
Vatnsheiði - pikrít dyngja (vph, pv á blaðkorti)	12.500-14.500		
Klepragígur upp af Selskál (byh) (á blaðkorti Klepragígur norðan við Einbúa by)	12.500-14.500		
Sprunguhraun úr Vatnsköltum pikrít hraun (pk)	12.500-14.500		
Hraun NA í Fagradalsfjalli (df)	12.500-14.500		
Práinsskjöldur (bd) -dyngja	14.100		
Dyngja norðan Hraunsels-Vatnsfells (hdh á isor, hd á blaðkorti) dyngja skv JJ	>14.100		
		15	14.500 967
Krýsuvík			
Mávahlíðahraun (máh)	1188 e.Kr		
Ögmundarhraun (ögm)	1151 e.Kr		
Kapelluhraun (Háiþruni; kap; líka stundum kallað Nýjahraun JJ, Nýþruni, Bruninn)	1151 e.Kr		
Hrútafellshraun (hrf)	~800 e.Kr		
Afstapahraun (lb; leh; Yngra-Afstapahraun; Skollahraun, Skolahraun, Katlahraun, Dyngnahraun, Leggjabrjótshraun)	~2.000		
Melrakkahraun (H-88, mel)	2.100		
Óbrinnishólshraun (óbr)	2.100		
Eldra Mávahlíðahraun (máv)	>2.400		
Elsta Mávahlíðahraun (mhl)	>2.400		
Fíflavallafjall (fvf)	>2.400		
Hraun og gíguröð SA af Krýsuvíkur-Mælifelli (H-106; H-107)	>2.400		
Grænavatnshraun (H-110)	>2.400		
Helgadalshraun (heh)	>2.400		
Kaldárhraun (kal)	>2.400		
Sandfell 1 (sf1), 2 (sf2), 3 (sf3)	>2.400		
Sandfellsklöfahraun (sfh)+ Gossprungu innst í Sandfellsklöfa	3.200		
Selhraun 1 (Búrfellshraun skv NÍ gögnum; se1)			
Selhraun 2 (se2)	>2.400		
Selhraun 3 (Laufhöfðahraun; se3)	>2.400		
Selhraun 4 (se4)	>2.400		
Sog (Sogahraun 1 (sog1), 2 (sog2))	>2.400		
Taglahraun (tgh)	>2.400		
Tóarhraun (pg)	>2.400		
Hraun NA Fíflavallafjalls (H-75)	>2.400		
Hraun við norðurtagl Fíflavallafjalls (fv1)	>2.400		
Hraun úr gígum austan í Vesturhálsi (ah)	>2.400		
Hraun úr gíguröðum vestan í Vesturhálsi og hraun úr gossprungum (vhh)	>2.400		
Hraun vestan Stóra-Lambafells (H-108)	>2.400		
Hraun úr gígum sunnan við Fjallið eina (sf1, sf2, sf3)			
Hraun við suðurenda Kleifarvatns (H-111)	>2.400		
Hraun austan við Einihlíðar (sy)	>2.400-4.000		
Geldingahraun (Eldra Afstapahraun; gel)	4.000-4.500		

Hraun við Fjallið eina (fje)	6.700 ára		
Hrútagjárdyngja - dyngja (hrú)	~7.000		
Krýsuvíkurhraun (H-109)	>7.000		
Búrfellshraun (Smyrlabúðarhraun, Gráhelluhraun, Svínahraun, Hafnarfjarðarhraun, Garðahraun; búr)	8.000		
		35	8.000 329
Brennisteinsfjöll			
Hellnahraun (Tvíbollahraun, Yngra-Hellnahraun, Selhraun; tv)	~950 e.Kr		
Selvogshraun (Stakkavíkurhraun; Gráfeldshraun; H-138)			
Kistuhraun (H-130)	900-1050 e.Kr		
Mið-Húsfellsbruni (Vífílfellshraun; hú2)	~950 e.Kr		
Elti-Húsfellsbruni (hú1; Húsfellsbruni, Húsbruni, Kóngsfellshraun H-150)	~950 e.Kr		
Svartihryggur (H-142)	~950-1050 e.Kr		
Svínahraunsbruni (Kristnitökuhraun; krt)	1000 e.Kr		
Breiðdalshraun (Breiðadalshraun; H-129)	900-1050 e.Kr		
Vörðufellsborgahraun (H-128)	~800 e.Kr		
Hvammahraun (H-128) Hraun við Hlíðarvatn í Selvogí (hli)	~800 e.Kr		
Brennisteinshraun eldra (Litlahraun; H-136)	1.100-4.000		
Kálfadalshraun (H-116)	1.900-2.400		
Brennisteinshraun yngra (H-135)	1.900-2.400		
Hraun austan við Hvirfil (H-200)	1.900-2.400		
Hólmshraun í Heiðmörk (a (ho1), b (ho2), c (ho3), d (ho4), e (ho5))	2.000-2.500		
Litla-Vörðufell (H-119)	>2.400		
Rauðuhnúkahraun (rau)	>2.400		
Rjúpnadalshraun (Rjúpnadalshraun; san)	>2.400		
Hraun ofan við Lyngskjöld (H-118)	>2.400		
Hraun NV við Kistufell (H-132)	>2.400		
Hraun úr gígum við Grindarskórð, vestan Draugahlíða (H-202)	>2.400		
Bláfjallahraun 1 (Eldra Strípshraun; bl1)	>2.400		
Bláfjallahraun 2 (bl2)	>2.400		
Geithöfðahraun (ghh)	>2.400		
Lágarhraun yngra (sa2)	>2.400		
Lágarhraun eldra (sa1)	>2.400		
Strípshraun (str)	>2.400		
Hraun úr Grindaskörðum (grs)	>2.400		
Hraun úr gígum sunnan Þríhnúka (H-144)	>2.400		
Gamlahraun (H-137)	>2.400		
Stórabollahraun (Skúlatúnshraun)- dyngja (skú) +Eldra Hellnahraun	~2.500		
Litla-Eldborg (Geitahlíð, H-113)	~3.500		
Hraun úr gígum norðan Vörðufells (Krýsuvíkurhraun; H-121)	3.000-4.000		
Herdísarvíkurhraun 1 - dyngja (D-16) +Dyngjuhraun vestan við Hlíðarvatn (hef)	4.000-6.000		
Herdísarvíkurhraun 1 - pikrihraun (D-17)			
Sláttudalshraun (H-115)	>4.000		
Hraun ofan Háabergs (H-117)	>4.000		
Hraun vestan Vörðufells (H-123)	>4.000		
Hraun úr gígum austan Vörðufells (H-125)	>4.000		
Hraun úr gígum norðan Sandfjalla (H-126)	>4.000		
Hraun úr gígum við Stórkonugjá (H-141)	>4.000		
Gígaraðir suðvestur af Þríhnúkum (H-143)	>4.000		
Hraun úr gígum við Grindaskórð (H-201)	>4.000		
Hraun úr gígum A af Kistufelli (H-204)	>4.000		
Stóra-Eldborg (Geitahlíð; Krýsuvíkurhraun, Eldborgarhraun H-112)	>4.500		
Strompahraun - dyngja (sts)	4.500-7.000		
Kistufellshraun - dyngja (H-134)	4.500-7.000		
Þríhnúkahraun yngra (vkh2)	4.500-7.000		
Þríhnúkahraun eldra - dyngja (vkh)	>4.500		
Leitahraun (Elliðavogshraun, Grímslækjahraun, Svínahraun) - dyngja (lth)	5.200		
Heiðin há - dyngja (D-23)	~7.500		
Hlíðarhraun í Selvogí - pikrit hraun (d-18) dyngja skv JJ	>7.500		
		52	7.500 144
Hengill			

Nesjahraun, Helliðarhraun D (Orustuhólshraun, Purárhraun, Eldborgarhraun, Sléttahraun; nsh)+ Helliðarhraun d	1.900			
Litlahraun (H-160)	>5.200			
Hagavíkurhraun, Helliðarhraun B/C (hvh)	5.700-5.800			
Stangarhálskraun (shh)	~8.000			
Selvogsheiði - dyngja (D-22)	>10.000			
Helliðarhraun A (hea)	10.300			
Búrfell í Ölfusi (Selvogi) - dyngja (D-26)	10-11.000			
Dimmadalshæð (Ásar) pikrít dyngja (d29) (Ásar var sér sem D-27 og D-28 skv. JJ)	10-11.000			
		8	11.000	1375
Hrómundartindur				
Tjarnahnúkshraun (tjh)	9-11.000			
		1	11.000	11000

I.II Hæðarlíkan og landslag

Stafræna landhæðarlíkanið (DEM), sem notað er við hraunflæðihermanir er samsett úr IslandsDEM_v1 2019 (byggt af Landmælingum Íslands sem er nú hluti af Náttúrufræðistofnun; <https://dem.gis.is/mapview/?application=DEM>) frá árunum 2010–2019. Vegna endurtekinna eldgosa frá 2021 í og við Fagradalsfjall og á Sundhnúksíggaröðinni hefur hæðarlíkanið á því svæði verið uppfært út frá niðurstöðum loftmyndamælinga sem framkvæmdar voru af Landmælingum Íslands og Náttúrufræðistofnun (eftir sameiningu þeirra stofnana). Síðustu uppfærslur landhæðarlíkansins voru gerðar í lok september 2024 sem þýðir að hermanir taka ekki tillit til landslagsbreytinga sem orðið hafa eftir september 2024 (svo sem eldgosin í nóvember–desember 2024, apríl 2025 og júlí-ágúst 2025 og hækkun varnargarða). Eins er ekki tekið tillit til breytinga sem hafa orðið á landslagi innan höfuðborgarsvæðisins frá 2019 þar sem þær eru ekki hluti af hæðarlíkaninu sem hér er notað.

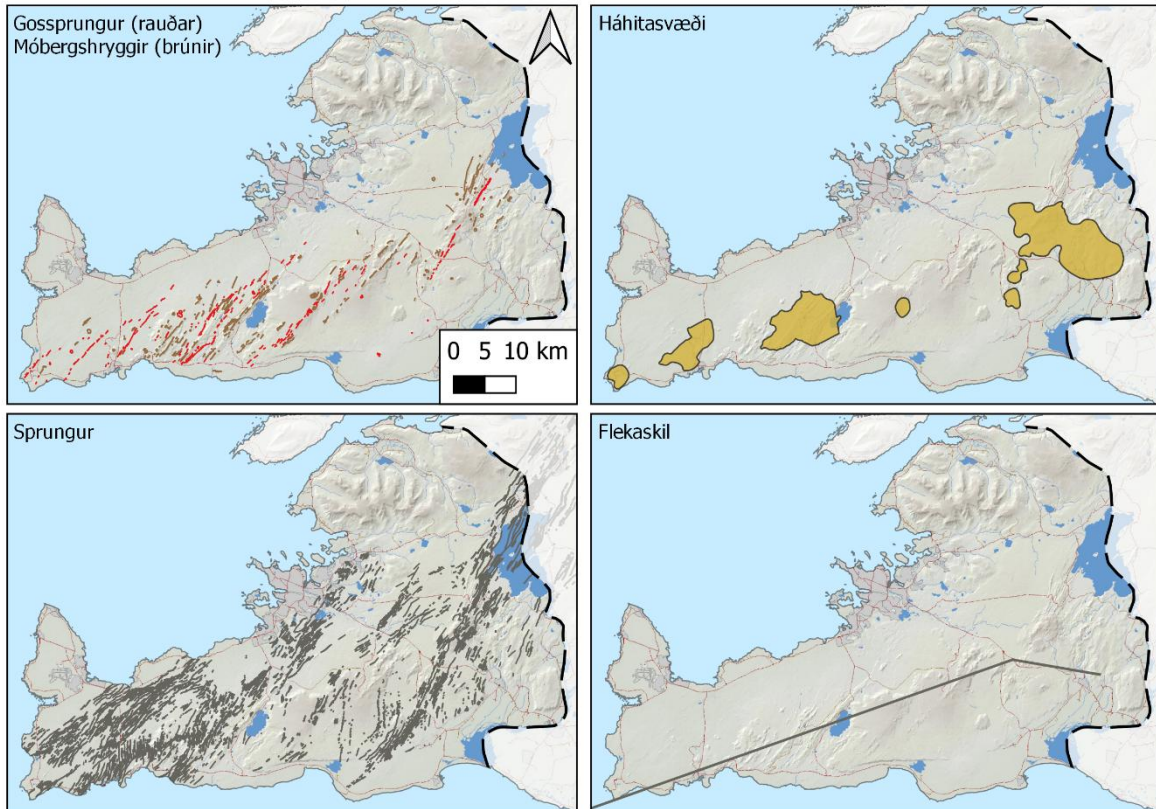
Upprunaleg lárétt upplausn landhæðarlíkansins IslandsDEM_v1 er 2 m á myndeiningu (pixel), en lóðréttri upplausn er $\pm 0,5$ m. Til þess að draga úr keyrslutíma hermana var lárétt upplausn hæðarlíkansins minnkuð í 5 m, sem þó telst mjög há upplausn fyrir hraunhermanir vegna langtímahættumats. Lóðrétta upplausn minnkar einnig í ± 1 m. Óvissa í niðurstöðum hraunhermana af völdum hæðarlíkans sem þær eru keyrðar á, er talin hverfandi í samanburði við óvissu sem tengist skilgreiningu sviðsmynda (sjá kafla 3.2 og 3.5).

Hraunflæðilíkanið MrLavaLoba er ekki hannað til að herma hraunflæði út í vatn og þar sem það gerist í hermunum er brugðið á það ráð að leyfa hrauni að flæða óhindrað niður í djúpa lægð. Vötn og sjór eru meðhöndluð á ólíka vegu í hæðarlíkani eftir dýpt. Yfirborð smærri og grynri vatna er innifalið í hæðarlíkaninu en stærri vötn s.s. Pingvallavatn, Kleifarvatn og sjórinn, eru skilgreind sem 200 m lægð í landslagi sem hraun geta streymt niður í.

I.III Líkur á framtíðargosupptökum - MatHaz

Líkanið MatHaz (Bertin o.fl., 2019) var notað við að meta líkur á gosupptökum, þ.e. að eldgos verði á tilteknum stað. Líkanið notar upplýsingar um það hvar eldgos hafa átt sér stað, ásamt því að taka tillit til þess hvar háhitasvæði, sprungur og sjálf flekaskilin eru staðsett (Mynd V). Þessir jarðfræðilegu þættir eru mikilvægir til að meta líkur á gosupptökum af eftirfarandi ástæðum:

- **Gossprungur:** Á ákveðnum svæðum eru gosupptök mun algengari en á öðrum svæðum. Staðsetning eldri gossprungna gefa því mikilvægar upplýsingar um líkleg gosupptök í framtíðinni. Ákveðið var að nota þekktar gossprungur sem hafa myndast eftir að jökla leysti á Reykjanesskaga fyrir um 14 þúsund árum. Gossprungur sem myndast hafa á Reykjanesskaga frá árinu 2021 til 29. maí 2024 voru hluti af inntaksgögnum í MatHaz útreikninga en þar sem keyrslur voru hafnar á MatHaz líkaninu voru yngri gossprungur ekki teknar með. Einnig voru móbergshryggir sem mynduðust á síðustu ísöld (síðustu ~100.000 árum) flokkaðir sem gossprungur í líkaninu enda eru þeir í raun gossprungur sem gusu undir ís (Jones, 1969). Með því að taka móbergshryggina með fást upplýsingar um gosvirkni yfir lengra tímabil, og þar með heildstæðari mynd af eldvirkni á svæðinu (Ásta Rut Hjartardóttir o.fl., 2023; Jenness & Clifton, 2009; Parks o.fl., 2025; Gro B. M. Pedersen o.fl., 2022).
- **Háhitasvæði:** Slík svæði eru talin myndast þar sem grunnvatn er hitað upp af kviku í jarðskorpunni. Staðsetning þeirra bendir því til mikils hita neðanjarðar, og þ.a.l. mikillar kvikuvirkni. Á þessum svæðum er yfirleitt einnig mikið af gossprungum. Upplýsingar um staðsetningar háhitasvæða fengust frá Íslenskum orkurannsóknum (ÍSOR).
- **Sprungur:** Kvika getur nýtt sér sprungur til að komast upp á yfirborð jarðar, enda eru sprungur veikleikar í jarðskorpunni. Reynsla síðustu áratuga, bæði hérlandis og erlendis, bendir til að sprungur innan sprungusveima á eldvirkum svæðum hreyfist aðallega þegar kvika er á ferð neðanjarðar. Oft kemst kvika upp á yfirborð í slíkum atburðum og úr verður eldgos. Þó má segja að þeim mun nær sem sprungur eru gossprungum, þeim mun líklegra er að upp úr þeim gjósi. Ólíklegt má því telja að eldgos komi upp úr sprungum sem eru langt frá eldvirkum svæðum. Minni líkur eru á að kvika komi upp úr sniðgengis-sprungum, en það er þó ekki útilokað sé kvika til staðar í nágrenninu. Slíkt gerðist raunar í Fagradalsfjalli árið 2021 (Ásta Rut Hjartardóttir o.fl., 2023). Upplýsingar um staðsetningar sprungna komu frá (Clifton & Kattenhorn, 2006; Ducrocq o.fl., 2024; Páll Einarsson, 2010; Páll Einarsson o.fl., 2018, 2020; Ásta Rut Hjartardóttir o.fl., 2016; Kristján Sæmundsson o.fl., 2016; Steigerwald o.fl., 2020; Kjartan Thors, 1992).
- **Flekaskil:** Á Reykjanesskaga ganga flekaskil Norður-Ameríku og Evrasíuflekanna á land. Þar færast flekarnir frá hvor öðrum um ~2 cm á ári (DeMets o.fl., 1994). Því safnast gliðnun upp með tíma og veldur aukinni hættu á eldsumbrotum, sem sést á því að mikið af gossprungum og háhitasvæðum eru á og við flekaskilin. Mikilvægt er að hafa í huga að flekaskilin eru ekki vel skilgreind þunn lína, heldur svæði þar sem flekahreyfing á sér stað. Skilgreining og staðsetning flekaskila sem notuð voru hér eru frá Drouin & Freysteini Sigmundssyni (2019).



Mynd V.1 Gögn sem sett voru í MatHaz líkanið til að meta líkur á gosupptökum á Reykjaneskaga. Gossprungur (rauðar) og móbergshryggir (brúnar), háhitasvæði (gull), sprungur (gráar) og flekaskil (beinar svartar línur).

Input data used by the MatHaz model to assess the relative spatial likelihood of eruption initiation on the Reykjanes Peninsula: eruptive fissures (red) and hyaloclastite ridges (brown), high-temperature geothermal areas (yellow), fractures (grey), and plate boundaries (solid black line).

Við mat á líkum á framtíðargosupptökum með MatHaz líkaninu er hverju gagnasetti fyrir sig gefið ákveðið vægi í útreikningum:

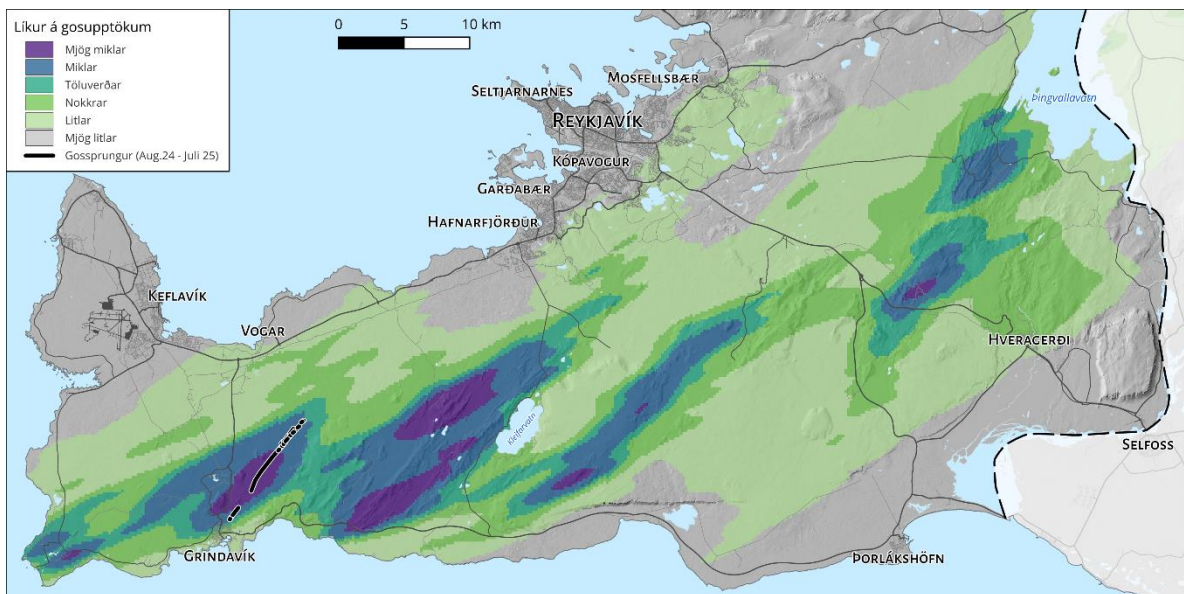
- Gossprungum (gígur og móbergshryggir) var gefið mesta vægið (74%), enda sjást ummerki um ítrekuð eldgos á sumum svæðum Reykjaneskaga á síðustu ~100.000 árum, á meðan engin ummerki eru um gosvirkni á öðrum svæðum á sama tímabili.
- Háhitasvæði fá einnig nokkuð hátt vægi (14%), enda gefur háhitinn til kynna að þar undir megi finna kviku sem hitar upp svæðið.
- Sprungur fá vægi eftir stefnu þeirra (1-9%). Þetta er gert þar sem sprungur sem stefna í NA-SV áttir tengjast oft eldstöðvakerfum en aðrar sprungur eru síður tengdar þeim. Þær sprungur sem stefna í NA-SV fengu því mesta vægið af sprungunum (9%). N-S stefnandi sprungur fengu 2% vægi og aðrar sprungur 1% (flekaskil meðtalin).

Vægið sem notast var við er lítillega breytt útgáfa þess sem var notað í skýrslu um langtímahættumat fyrir Reykjaneskaga (Bergrún A. Óladóttir o.fl., 2023 a,b), en það var að töluverðu leyti byggt á mati sérfræðinga samkvæmt meistararitgerð Þóru Bjargar Andrésdóttur (2018) (Tafla V.2).

Tafla V.2 Vægi einstakra þátta sem notað er við útreikninga með líkaninu MatHaz.
 Weight of individual geological features used as input in the MatHaz model.

Páttur	Vægi
Gossprungur	74%
Háhitasvæði	14%
Sprungur (stefna NA-SV)	9%
Sprungur (stefna N-S)	2%
Sprungur (önnur stefna)	1%

Tvær breytingar voru gerðar á vægi jarðfræðiþátta inn í MatHaz líkanið miðað við það sem gert var í fyrra hættumati á vestanverðum Reykjanesskaga (Bergrún A. Óladóttir o.fl., 2023 a,b). Vægi sprungna með NA-SV stefnur var lækkað frá 17% í 9%. Þetta var gert þar sem sprungugagnasafnið sem hér er unnið með er mun nákvæmara en safnið sem unnið var í fyrra verkefni sem eykur fjölda sprungna verulega. Fjöldi NA-SV sprungna gerði þær mun meira ráðandi í MatHaz niðurstöðunum en þær höfðu áður verið og því var vægi sprungna lækkað. Til móts við þetta var vægi gossprungna hækkað frá 66% í 74%.



Mynd V.2 Svæði þar sem MatHaz líkanið gefur líkur á gosupptökum, að undanskildum djúpum vötnum. Litir tákna mismunandi líkur frá gráu upp í fjólublátt. Gossprungur sem mynduðust eftir að líkanið var keyrt eru sýndar sem svartar línur.

The area on the Reykjanes Peninsula, excluding deep water, where MatHaz model results indicate future eruptive vents may open. The colors from grey up to purple indicate increasing likelihood. Fissures that erupted after the model was run are shown as black lines.

MatHaz gefur góða yfirlitsmynd yfir það hvar líklegast er að gjósi. Niðurstöður sýna að þar sem þekktar gossprungur eru flestar, umhverfis virkasta hluta flekaskilanna, eru mestar líkur á gosupptökum. Líkur á gosupptökum minnkar smám saman með fjarlægð frá þeim,

Líkt og vænta mætti. Á Mynd V2 má sjá staðsetningu gossprungna sem mynduðust eftir að líkur á gosupptökum höfðu verið reiknaðar með MatHaz líkaninu.

Þó fer ekki á milli mála að MatHaz líkanið er ekki fullkomið. Líkt og önnur slík forrit gefur það upplýsingar samkvæmt þeim gögnum sem liggja til grundvallar útreikningum. Sem dæmi má nefna að virkni sprungna er ekki metin innan forritsins sem veldur því að gamlar sprungur sem liggja talsvert frá virkasta hluta flekaskilanna fá jafnmikið vægi og sprungur sem þar liggja og eru sjáanlega mikið virkari. Til að draga úr áhrifum af þessum völdum er sprungum gefið tiltölulega lágt vægi í heildarútreikningum.

Jarðfræðigögn af öllu athugunarsvæði verkefnisins voru notuð við útreikninga með MatHaz líkaninu, þ.e. frá Reykjanestá í vestri að Ölfusá í austri. Mynd 5 sýnir þau svæði þar sem MatHaz gefur einhverjar líkur á gosupptökum (þ.e. þar sem gosupptök eru möguleg samkvæmt líkaninu). Í mynduðum gosupptökum eða hermigosupptökum var svo raðað niður með 200 m millibili á þau svæði þar sem MatHaz líkanið gaf gildi.

I.IV Hraunhermanir – MrLavaLoba

Breytur hraunflæðilíkansins MrLavaLoba voru annars vegar stilltar út frá hermunum hraunflæðis í eldgosunum í Fagradalsfjalli og á Sundhnúksgígaröðinni á árunum 2021–2024 og hins vegar til að ná þeirri þykkt og lengd hraunflæðis sem þekkt er úr sögulegum gosum á Reykjanesskaga. Stillingar hraunflæðilíkansins voru prófaðar við mismunandi landslagsaðstæður (á bröttu landi, hallalitlu landi, í dölum og á víðernum). Þetta var gert til þess að meta niðurstöðurnar út frá eiginleikum hermds hraunflæðis, s.s. lengd þess, þykkt og flatarmál með tilliti til þekktra hrauna á Reykjanesskaga. Skilgreiningar og gildi inntaksbreyta fyrir hverja sviðsmynd má finna í Töflu V.3.

Töluverð vinna var lögð í stillingu inntaksbreyta (s.s. *Fjöldi flæðieininga* og *Fjöldi hraunblaðra í flæðieiningu*, sjá útskýringu í Töflu V.3) til að tryggja að raunhæfar niðurstöður fengjust úr hermunum með sem stystum reiknitíma fyrir hverja keyrslu enda þurfti um 200 þúsund hermanir til að skoða sviðsmyndirnar fjórar og hraunflæði frá öllum 47.174 hermigosupptökunum. Allar hraunhermanir voru keyrðar á ofurtölvu Háskóla Íslands, Elju, IREI.

Sú útgáfa hraunflæðilíkansins MrLavaLoba sem notuð er til hermana býður ekki upp á þann möguleika að breyta lengd og lögun gosupptaka innan einstakra keyrslna. Því þurfti í upphafi að ákveða hvort hanna ætti sviðsmyndir með það í huga að skoða hraunflæði frá löngum sprungum sem er raunhæfara í upphafsfasa goss (yfirleitt fyrstu 24 klst.) eða leggja áherslu á hraunflæði frá stökum gíg sem þá táknar virkasta hluta lengri sprungu. Ákveðið var að stilla lengd gosupptaka á 75 m til að tákna stakt gosop eftir að gos hefur náð jafnvægi, í stað lengri gossprungu eins og algengt er að opnast í upphafi goss. Stök hermd gosop og mikil staðbundin upplausn hermana (200x200m) auðveldar mat á áhrifum frá tilteknum gosupptökum. Annar galli við að herma hraunflæði frá langri sprungu frekar en frá stökum gíg er sá að hermt hraunmagn myndi dreifast yfir stærra svæði og myndi því stytta útrennsli hermds hraunflæðis sem leiðir líklega til vanmats á hve langt hraun getur flætt frá upptökum.

Í langtímahættumati er inntaksbreytan *Fjöldi hraunblaðra á tímaeiningu* stillt til að gefa raunhæfa rennislengd (hámarkslengd frá gosupptökum að hraunjaðri) miðað við þekkt nútímagos á Reykjanessskaga. Þessi inntaksbreyta er tengd tíma þegar unnið er með upphafsfasa gosa í skammtímahættumati.

Tafla V.3 Skilgreiningar og gildi inntaksbreyta í hraunflæðilíkaninu MrLavaLoba. Fyrir frekari útskýringar er bent á de' Michieli Vitturi & Tarquini. (2018).

Input parameters used in the MrLavaLoba lava flow simulations. Further information on MrLavaLoba is found in de' Michieli Vitturi & Tarquini. (2018).

Inntaksbreytur	Útskýring	Flæðistilling		Upphleðslustilling	
		Lítil	Meðalstór	Meðalstór	Stór
xVent	x-hnit miðju sprungu	Breytilegt	Breytilegt	Breytilegt	Breytilegt
yVent	y-hnit miðju sprungu	Breytilegt	Breytilegt	Breytilegt	Breytilegt
length	Sprungulengd [m]	75	75	75	75
flowrate	Útstreymishraði [m ³ /s]	100	35	25	12
runtime	Tímalengd goss [minutes]	3500	47619	66667	416667
minnlobes	Fjöldi hraunblaðra í hverri flæðieiningu	21000	21000	3500	5000
lobe_exponent	Hraunblöðruveldisvísir stýrir líkum á að ný hraunblaðra myndist úr yngstu hraunblöðrum	0,004	0,004	0,005	0,005
thicknessratio	Þykktarhlutfall sýnir hlutfall fyrstu hraunblöðru miðað við þykkt síðustu hraunblöðru	2	2	2	2
thickeningparam	Þykkunarstuðull stýrir líkum á að hraun hlaðist upp eða flæði lengra	0.4	0.4	0.4	0.4
nflows	Fjöldi flæðieininga	250	250	250	400
total_volume	Heildarrúmmál hrauns [km ³]	0.02	0.1	0.1	0.3
masking_threshold	Möskun felur í sér að sleppa þynnstu hlutum hermdu hraunbreiðunnar	0.96	0.96	0.96	0.96
lobe_area	Flatarmál hraunblöðru [m ²]	250	250	250	250
n_flows_counter	Stýrir hversu oft hæðarlíkan er uppfært	1	1	1	1
max_slope_prob	Hámarkslíkindahalli stýrir líkum á að hraunblaðra flæði með landhalla	0.8	0.8	0.8	0.8
inertial_exponent	Skriðþungastuðull stýrir líkum á að hraunblaðra flæði í sömu átt og foreldrahraunblaðra	0.1	0.1	0.1	0.1

I.IV.I Úrvinnsla gagna (hraunhermanir)

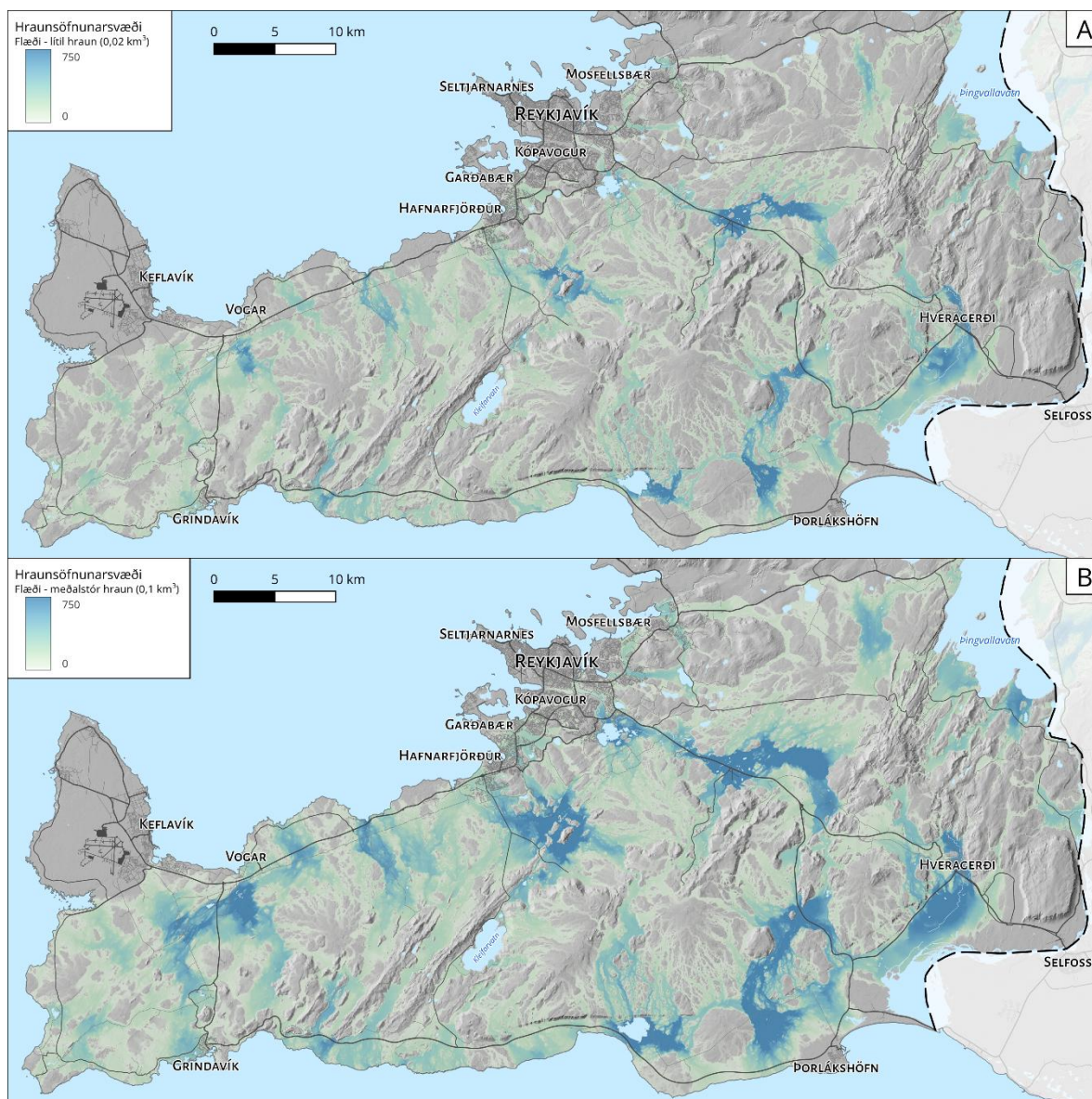
Stakar hraunflæðihermanir eru keyrðar frá hverjum hermigosupptökum og fyrir hverja sviðsmynd fyrir sig. Niðurstöður eru svo dregnar saman á þann hátt að fyrir hverja sviðsmynd er talið hve oft hraunhermanir veita hrauni inn á hverja myndeiningu (pixel) fyrir sig innan athugunarsvæðisins til að finna hvaða svæði eru útsett fyrir hraunflæði. Þessar niðurstöður eru nefndar óvegna niðurstöður þar sem hver hermun hefur sama vægi (sjá

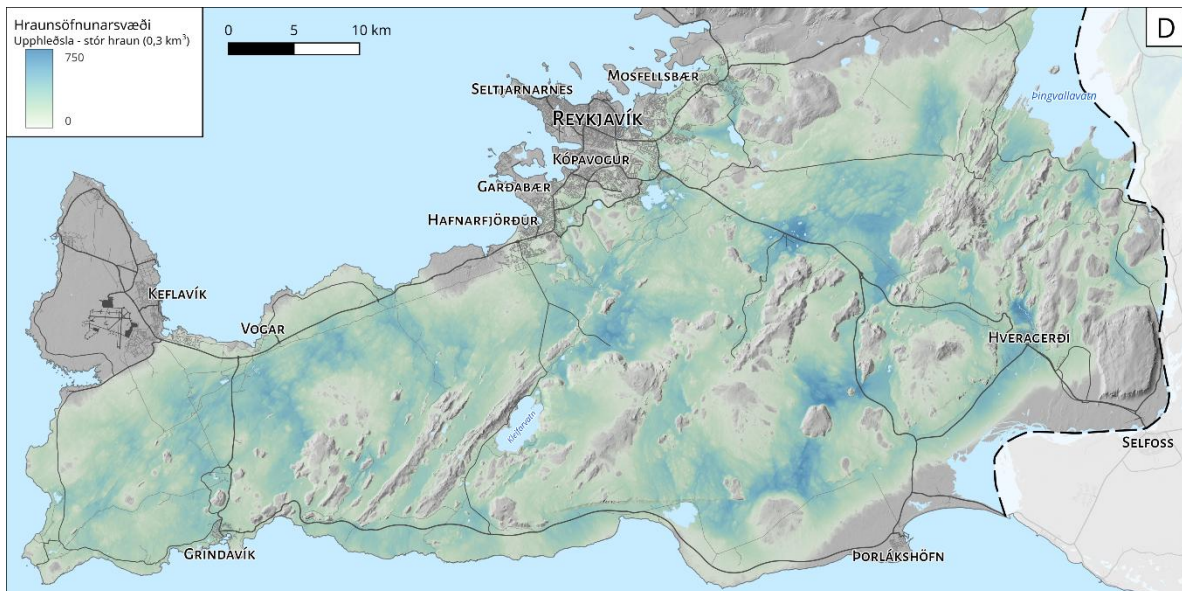
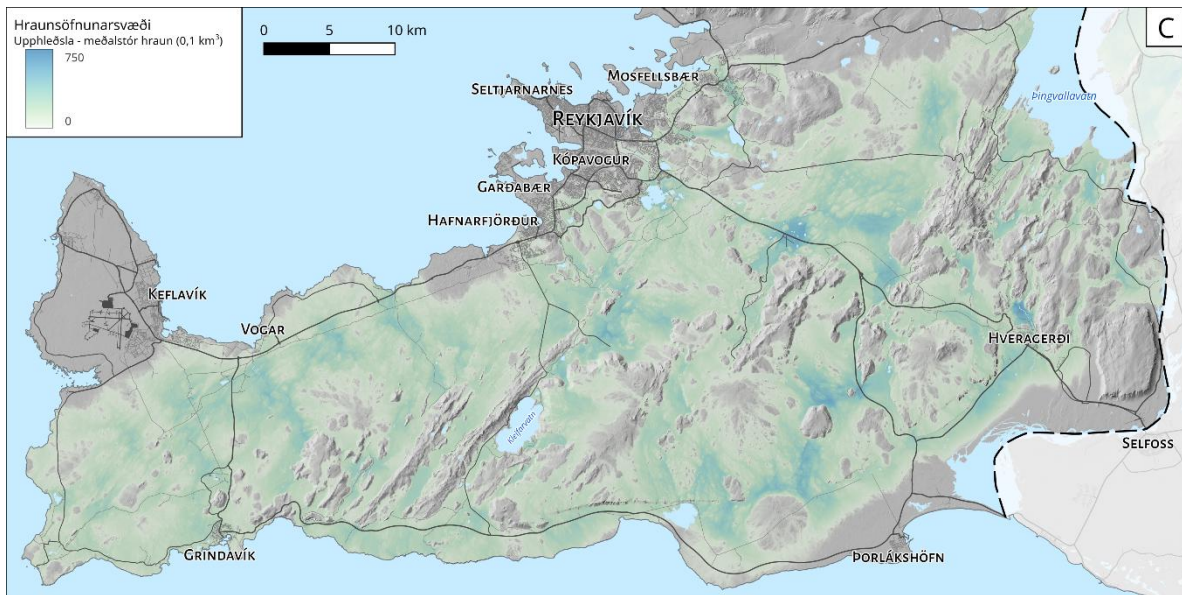
Viðauka I.IV.II). Vegnar niðurstöður taka hins vegar að auki tillit til líkinda þess að gosupptök eigi sér stað á hermigosupptökum og frekar er fjallað um þær í megintexta. Að lokum er sá partur sem flæðir út í sjó skorinn burt úr öllum sviðsmyndum svo hann hafi ekki áhrif á heildarniðurstöðuna en samspil vatns og hrauns er ekki hermt í hraunflæðilíkaninu MrLavaLoba.

Kóðinn sem skrifaður var fyrir þetta verkefni byggir á kóða sem var notaður fyrir fyrra hættumatsverkefni en hann var endurskrifaður í C++.

I.IV.II Óvegnar niðurstöður

Óvegnar niðurstöður telja fjölda hermanna sem snerta ákveðna myndeyningu (pixel). Segja má að óvegnar niðurstöður sýni hraunsöfnunarsvæði (e. Frequency of inundation), þar sem talið er hve oft hrauni er veitt inn á hvert svæði á kortinu samkvæmt þeim 47.174 hermumum sem gerðar voru. Mynd V.3 sýnir óvegnar niðurstöður fyrir sviðsmyndirnar fjórar.





Mynd V.3 Hraunsöfnunarsvæði sviðsmyndanna fjögurra, framsetning óveginna niðurstaðna.

Lava accumulation zones for the four scenarios. These are the unweighted model results.

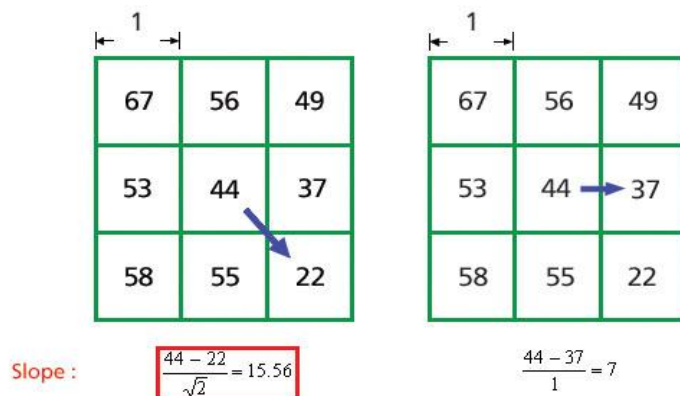
I.V Hraunrennslisleiðir og hraunasvið

I.V.1 Hraunrennslisleiðir

Aðferðin byggir á notkun landlíkans til að ákvarða rennslisleiðir úr frá rennslisstefnu (e. flow direction) og hraunasviðum (e. Lava inundation zone) fyrir hverja myndeiningu (pixel). Áður en þetta er reiknað út eru allar dældir og lægðir í landlíkaninu, bæði náttúrulegar og ónáttúrulegar (s.s. gallar), fylltar þannig að allar myndeingar ættu fræðilega að leiða allt vatn til sjávar.

Rennslisstefna hrauns innan hvarrar myndeiningar ræðst af mesta halla m.v. næstu 8 nærliggjandi myndeiningar en hallinn er reiknaður út m.v. hæðarmun milli þeirra (svokölluð

D8 aðferð, Mynd V.4). Rennslistefna myndeiningarinnar getur því mögulega verið ein af átta megináttum. Þegar rennslistefna myndeiningar hefur verið reiknuð út er hægt að ákvarða samsafnað flæði fyrir hverja myndeiningu.



Mynd V.4 Hæðargildi í hverjum reit/myndeiningu landlíkansins og útreiknaður halli á milli þeirra. Mesti halli er til SA.

The calculation of slope between each cell/pixel of the domain and it's surrounding neighbors depends on the elevation of each. The steepest slope here is to the SE.

I.V.II Hraunasvið

Hægt er að nota ýmis verkfæri í landfræðilegum upplýsingakerfum til þess að reikna út vatnasvið (hér hraunasvið) m.v. ákveðinn gosupptakasvæði. Á Hawaii hafa þessi hraunasvið (e. lava inundation zones) verið skilgreind (Trusdell o.fl., 2002, Trusdell & Zoeller, 2017) og það sama hefur verið gert hér fyrir Reykjaneskaga.

Hér var hugbúnaðurinn ArcGIS notaður og verkfærið „Fill“ fyrst notað til að fylla allar dældir og lægðir, rennslistefna og samsafnað flæði reiknað með samnefndum verkfærum og loks verkfærið „Basin“ notað til að reikna öll helstu vatnasvið á Reykjanesi m.v. strandlínuna. Útreiknuðum vatnasviðum sem voru minni en 2 km² var eytt.

I.VI Táknkerfi (e. Symbology)

Mikil vinna var lögð í hönnun táknkerfis (e. Symbology) á kortum. Leitast var við að taka tillit til auðlæsis og skilnings lesenda og til þess var farið í nákvæma greiningu á gagnasettum fyrir niðurstöður líkananna MatHaz og MrLavaLoba.

Til að finna hentugt flokkunarkerfi fyrir gögnin var byrjað á að skoða landfræðilega dreifingu gagnanna (þ.e. fjöldi kortapixla fyrir hvert gildi). Þetta var gert með Python-skriftu sem las öll pixlagildi úr hverju gagnasafni (þ.e. MatHaz niðurstöðum og niðurstöðum þeirra fjögurra sviðsmynda á raster formi sem hermdar voru með MrLavaLoba) og útbjó úr frá því súlurit sem sýndu dreifingu gagnanna. Gagnasöfnin sýndu öll sterka jákvæða skekkju og nálguðust log-normal dreifingu.

Flokkunarkerfið sem ákveðið var að nota byggir lauslega á Head-Tail-aðferð (Jiang, 2013), sem var sérstaklega hönnuð til að flokka dreifingu gagna sem er sterklega skekkt. Í Töflu V.4 má sjá tengsl flokkunar, orðanotkunar, gildis sem MatHaz líkanið gefur og hlutfall efsta gildis hvers flokks miðað við litlar líkur á gosupptökum.

Tafla V.4 Flokkun á líkum á gosupptökum. Tengsl gildis sem MatHaz líkanið gefur, prósentumarka gagnasafnsins, orðanotkunar og hlutfall efsta gildis hvers flokks miðað við flokkinn „Litlar líkur“.

Classification scheme for likelihood of vent opening. Definitions are scaled to the Litlar category (i.e. the highest value in the Litlar class).

MatHaz gildi	Prósentumörk	Orðanotkun fyrir líkur	Hlutfall efsta gildis flokks m.v. „Litlar“ líkur
$>1 \cdot 10^{-4}$ til $2 \cdot 10^{-4}$	97.1% - 100%	Mjög miklar	20
$>5 \cdot 10^{-5}$ til $1 \cdot 10^{-4}$	87.1% - 97.1%	Miklar	10
$>3 \cdot 10^{-5}$ til $5 \cdot 10^{-5}$	77.9% - 87.1%	Töluverðar	5
$>1 \cdot 10^{-5}$ til $3 \cdot 10^{-5}$	55.1% - 77.9%	Nokkrar	3
>0 til $1 \cdot 10^{-5}$	$> 0\%$ - 55.1%	Litlar	1
0		Mjög litlar	

Nauðsynlegt er að geta borið saman niðurstöður allra fjögurra sviðsmyndanna sem unnið er með (sjá kafla 3.2) og hermdar eru með MrLavaLoba. Því var ákveðið að hanna eitt sameiginlegt flokkakerfi sem hentaði öllum fjórum sviðsmyndunum. Mörk flokkanna (sjá Vegnar líkur á hraunflæði, Tafla V.5) voru síðan fínstillt þannig að þau væru í heilum og auðskiljanlegum tölum og þessi mörk eru þau sömu fyrir allar fjórar sviðsmyndir. Prósentumörk lýsa því hvar gildi fellur í dreifingu gagna og eru því mismunandi milli sviðsmyndanna fjögurra en í Tafla V.5 eru einungis sýnd efstu og neðstu mörk sviðsmyndanna fjögurra. Sömu flokkar og táknaskýringar voru einnig notuð fyrir kort sem sýna líkur á hraunflæði frá stökum eldstöðvakerfum.

Tafla V.5 Orðanotkun tengd líkindum á hraunflæði. Tengsl veginna líkinda á hraunflæði, prósentumarka gagnasafnsins, orðanotkunar og hlutfall efsta gildis hvers flokks miðað við flokkinn „Litlar líkur“.

Classification scheme for the lava inundation likelihood. Definitions are scaled to the Litlar category (i.e. the highest value in the Litlar class).

Vegnar líkur á hraunflæði	Prósentumörk	Orðanotkun fyrir Líkur	Hlutfall efsta gildis flokks m.v. „Litlar“ líkur
$>3 \cdot 10^{-2}$ til $1 \cdot 10^{-1}$	97.4/99.5% - 100%	Mjög miklar	100
$>1 \cdot 10^{-2}$ til $3 \cdot 10^{-2}$	83.2/91.7% - 97.4/99.5%	Miklar	30
$>5 \cdot 10^{-3}$ til $1 \cdot 10^{-2}$	72.4/85.4% - 83.2/91.7%	Töluverðar	10
$>1 \cdot 10^{-3}$ til $5 \cdot 10^{-3}$	44.6/68.2% - 72.4/85.4 %	Nokkrar	5
>0 til $1 \cdot 10^{-3}$	$> 0\%$ - 44.6/68.2 %	Litlar	1
0		Mjög litlar	

Litasamsetningarnar sem notaðar eru við framsetningu gagna úr báðum líkönum forðast liti sem eru óaðgreinanlegir fyrir litblinda. Litasamsetningin sem notuð eru við framsetningu

gagna úr MatHaz líkaninu (líkur á gosupptökum) byggir á hinu klassíska Viridis-litaskema sem þróað var fyrir Matplotlib (Matplotlib Colormaps, e.d.), en litasamsetningin sem notað er fyrir niðurstöður MrLavaLoba (niðurstöður hraunflæðihermana) byggir á Bubblegum-litaskema úr Python-safninu CMasher (Velden, 2020).

I.VII Mikilvægir innviðir

Upplýsingum um staðsetningu þeirra innviða sem sýndir eru á kortum hefur verið safnað úr fjölmörgum heimildum, mismunandi eftir tegund innviða sem um ræðir í hvert sinn. Upplýsingar um vatnslagnir (heitt og kalt) komu að mestu frá HS-Veitum og Orkuveitu Reykjavíkur, raflínur og staðsetning spennistöðva fengust frá Landsneti og upplýsingar um borholur og brunna voru valdar eftir framleiðslumagni úr Árni Hjartarson og Þórólfur Hafstað (2010) þannig að einungis er unnið með þá innviði sem skila meira en 12 l/s.

Niðurstöður eru sérstaklega metnar á stöðum þar sem mikilvægir innviðir eru staðsettir, svo sem virkjanir, raflínur, vegir, vatnsból eða vatnslagnir og gefur yfirlit yfir berskjölduð byggðarlög og mikilvæga innviði á svæðinu (Tafla V.6). Þar eru auk þess upplýsingar um hversu berskjölduð slík svæði eru fyrir gosupptökum og hraunflæði (út frá öllum fjórum sviðsmyndum).

Tafla V.6. Yfirlit yfir berskjölduð byggðarlög og mikilvæga innviði á svæðinu. Ef líkur á gosupptökum eða hraunflæði eru metnar töluverðar eða hærrí er innviður tekinn fram í töflunni

Summary table of the exposure of towns and essential infrastructure to lava inundation.

Innviður	Tegund	Eldstöðvakerfi	Staðsetningar-númer	Númer í efstu 10% líklegra áhrifasvæða	Líkur á gosupptökum	Líkur á hraunflæði					Umfjöllunar-kaflar	Myndir
						Allar sviðsmyndir	Flæði – lítil hraun	Flæði – meðalstór hraun	Upphleðsla – meðalstór hraun	Upphleðsla – stór hraun		
Grindavík	Þéttbýli	Svartsengi	14	14	Töluverðar-miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	4.1.1; 4.2.1; 4.3.1	7, 8, 9
Hveragerði	Þéttbýli	Hengill, Hrómundartindur	46	46		töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	4.1.1; 4.3.1	7, 9
Hafnarfjörður	Þéttbýli	Krýsuvík	22, 23, 24			töluverðar	töluverðar	töluverðar			4.3.1	9
Reykjanesvirkjun	Virkjun	Reykjanes	1	1	miklar	töluverðar-miklar	töluverðar	miklar	miklar	miklar	4.1.2.1; 4.2.2.1; 4.3.2.1	7, 8, 9
Svartsengisvirkjun	Virkjun	Svartsengi	11	11	miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-miklar	miklar-mjög miklar	miklar-mjög miklar	mjög miklar	4.1.2.1; 4.2.2.1; 4.3.2.1	7, 8, 9
Nesjavallavirkjun	Virkjun	Hengill	44	44	miklar	töluverðar-miklar	töluverðar	töluverðar	miklar	miklar	4.1.2.1; 4.2.2.1; 4.3.2.1	7, 8, 9
Hellisheiðarvirkjun	Virkjun	Hengill	38	38	töluverðar	miklar-mjög miklar	miklar	miklar-mjög miklar	miklar	miklar	4.1.2.1; 4.2.2.1; 4.3.2.1	7, 8, 9
Línur tengdar Reykjanesvirkjun	Raflínur	Reykjanes	1, 3, 7	1, 3	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	4.1.2.1; 4.2.2.1; 4.3.2.1	7, 8, 9
Línur tengdar Svartsengisvirkjun	Raflínur	Svartsengi	11, 12	11, 12	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-mjög miklar	4.1.2.1; 4.2.2.1; 4.3.2.1	7, 8, 9
Línur tengdar Nesjavallavirkjun	Raflínur	Hengill	42, 43, 44	43, 44	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar	töluverðar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	4.1.2.1; 4.2.2.1; 4.3.2.1	7, 8, 9
Línur tengar Hellisheiðarvirkjun, Kolviðarhólslína, Lækjartúnslína 1	Raflínur	Hengill	36, 38, 45, 46	38, 45, 46	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	4.1.2.1; 4.2.2.1; 4.3.2.1	7, 8, 9
Búrfellslína 3	Raflína	Hengill, Hrómundartindur, Brennisteinsfjöll, Krýsuvík	23, 26, 36, 38, 45	26, 38, 45	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-mjög miklar	4.1.2.2; 4.2.2.2; 4.3.2.2	7, 8, 9

Innviður	Tegund	Eldstöðvakerfi	Staðsetningar-númer	Númer í efstu 10% líklegra áhrifasvæða	Líkur á gosupptökum	Líkur á hraunflæði					Umfjöllunar-kaflar	Myndir
						Allar sviðsmyndir	Flæði – lítil hraun	Flæði – meðalstór hraun	Upphleðsla – meðalstór hraun	Upphleðsla – stór hraun		
Sogslína 2	Raflína	Hengill, Hrómundartindur, Brennisteinsfjöll	36, 38, 45, 46	38, 45	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-mjög miklar	4.1.2.2; 4.2.2.2; 4.3.2.2	7, 8, 9
Sogslína 3	Raflína	Hengill, Hrómundartindur	42, 44	44	töluverðar-miklar	miklar-mjög miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	miklar-mjög miklar	4.1.2.2; 4.2.2.2; 4.3.2.2	7, 8, 9
Suðurnesjalína	Raflína	Krýsuvík, Svartsengi	9, 17, 19, 20, 21, 23, 24			töluverðar-miklar	töluverðar	töluverðar-miklar		töluverðar	4.3.2.2	9
Kalt vatn tengt Reykjanesvirkjun	Kalt vatn	Reykjanes	1, 3	1, 3	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	4.1.2.1; 4.2.2.1; 4.3.2.1	7, 8, 9
Kalt vatn tengt Svartsengisvirkjun	Kalt vatn	Svartsengi	6, 7, 11, 12	6, 11, 12	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-mjög miklar	4.1.2.1; 4.2.2.1; 4.3.2.1	7, 8, 9
Kalt vatn tengt Nesjavallavirkjun	Kalt vatn	Hengill	44	44	töluverðar-miklar	miklar-mjög miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	miklar-mjög miklar	4.1.2.1; 4.2.2.1; 4.3.2.1	7, 8, 9
Kalt vatn tengt Hellisheiðarvirkjun	Kalt vatn	Hengill	37, 38	37, 38	töluverðar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-miklar	miklar-mjög miklar	töluverðar-miklar	miklar-mjög miklar	4.1.2.1; 4.2.2.1; 4.3.2.1	7, 8, 9
Heitt vatn tengt Svartsengisvirkjun	Heitt vatn	Svartsengi	11, 12	11, 12	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-mjög miklar	4.1.2.1; 4.2.2.1; 4.3.2.1	7, 8, 9
Heitt vatn tengt Nesjavallavirkjun	Heitt vatn	Hengill	42, 43	43, 44	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar	töluverðar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	4.1.2.1; 4.2.2.1; 4.3.2.1	7, 8, 9
Heitt vatn tengt Hellisheiðarvirkjun	Heitt vatn	Hengill	36, 38	38	töluverðar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-mjög miklar	4.1.2.1; 4.2.2.1; 4.3.2.1	7, 8, 9
Þjóðvegur 1 (að Suðurlandi)	Vegur	Hengill, Brennisteinsfjöll, Hrómundartindur, Krýsuvík	35, 38, 40, 45, 46	35, 38, 40, 45, 46	töluverðar-miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	4.1.2.3; 4.2.2.3; 4.3.2.3	7, 8, 9
Reykjanesbraut (veganr. 41)	Vegur	Krýsuvík og Svartsengi	9, 17, 19, 20, 22			töluverðar	töluverðar	töluverðar			4.3.2.3	9
Suðurstrandarvegur (veganr. 427)	Vegur	Brennisteinsfjöll, Krýsuvík, Svartsengi	14, 15, 16, 18, 31, 33, 34	14, 15, 16, 18, 33, 34	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-mjög miklar	4.1.2.3; 4.2.2.3; 4.3.2.3	7, 8, 9
Grindavíkurvegur (veganr. 43)	Vegur	Svartsengi	8, 10, 11, 12, 14	10, 11, 12, 14	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-mjög miklar	4.1.2.3; 4.2.2.3; 4.3.2.3	7, 8, 9

Innviður	Tegund	Eldstöðvakerfi	Staðsetningar-númer	Númer í efstu 10% líklegra áhrifasvæða	Líkur á gosupptökum	Líkur á hraunflæði					Umfjöllunar-kaflar	Myndir
						Allar sviðsmyndir	Flæði – lítil hraun	Flæði – meðalstór hraun	Upphleðsla – meðalstór hraun	Upphleðsla – stór hraun		
Krýsuvíkurvegur (veganr. 42)	Vegur	Krýsuvík	23, 27, 28, 29, 30, 31	27, 28, 29, 30	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	4.1.2.3; 4.2.2.3; 4.3.2.3	7, 8, 9
Víkurbraut (veganr. 43)	Vegur	Svartsengi	14	14	töluverðar-miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	4.1.2.3; 4.2.2.3; 4.3.2.3	7, 8, 9
Nesvegur (veganr. 425)	Vegur	Svartsengi, Reykjanes	1, 2, 4, 5, 13	1, 4, 13	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	4.1.2.3; 4.2.2.3; 4.3.2.3	7, 8, 9
Þrengslavegur (veganr. 39)	Vegur	Hengill, Brennisteinsfjöll	39, 41	41		töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar	töluverðar-miklar	4.1.2.3; 4.3.2.3	7, 9
Þorlákshafnarvegur (veganr. 38)	Vegur	Hengill	46, 47	46		töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar	töluverðar	4.1.2.3; 4.3.2.3	7, 9
Nesjavallaleið (veganr. 435)	Vegur	Hengill	43, 44	43, 44	töluverðar-miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-mjög miklar	4.1.2.3; 4.2.2.3; 4.3.2.3	7, 8, 9
Bláfjallavegur (veganr. 417)	Vegur	Brennisteinsfjöll	32	32	töluverðar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	4.1.2.3; 4.2.2.3; 4.3.2.3	7, 8, 9
Grindavíkurhöfn	Höfn	Svartsengi	14	14	töluverðar-miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-mjög miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	4.1.2.3; 4.2.2.3; 4.3.2.3	7, 8, 9
Kaldárbotnar	Vatnsból	Krýsuvík, Brennisteinsfjöll	25	25		töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar-miklar	töluverðar	töluverðar-miklar	4.1.2.4; 4.3.2.4	7, 9
Selhæðir	Vatnsból	Hengill, Hrómundartindur	48	48		töluverðar-miklar	töluverðar	miklar	töluverðar	miklar	4.1.2.4; 4.3.2.4	7, 9
Lágar	Vatnsból	Svartsengi	7			töluverðar		töluverðar	töluverðar	töluverðar	4.3.2.4	9