



# Náttúru- og eldgosavá í Sveitarfélaginu Vogum

Mat á eldgosavá með tilliti til jarðhræringa á Reykjanesi  
2021

Ármann Höskuldsson, William M. Moreland, Muhammad AUFARISTAMA, Þorvaldur Þórðarson, Ingibjörg Jónsdóttir, og Þóra Björg Andrésdóttir.

Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands.

Reykjavík apríl 2022

Gert fyrir Sveitarfélagið Vogum



Náttúru- og eldgosavá í Sveitarfélaginu Vogum  
Mat á eldgosavá með tilliti til jarðhræringa á Reykjanesi 2021  
Skýrsla unnin fyrir Sveitarfélagið Vogar

Höfundarréttur © 2021 Ármann Höskuldsson, William Moreland, Muhammad Aúfaristama Þorvaldur Þórðarson, Ingibjörg Jónsdóttir, Þóra Björg Andrésdóttir.

Öll réttindi áskilin

Jarðvísindastofnun  
Verkfræði- og náttúruvísindasvið  
Háskóli Íslands  
Sturlugata 7  
101 Reykjavík

Sími: 525 4700

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6316-2563>

Skráningarupplýsingar:

Ármann Höskuldsson, William Moreland, Muhammad Aúfaristama Þorvaldur Þórðarson, Ingibjörg Jónsdóttir og Þóra Björg Andrésardóttir, 2022, Náttúru- og eldgosavá í Sveitarfélaginu Vogum. Mat á eldgosavá með tilliti til jarðhræringa á Reykjanesi 2021  
Jarðvísindastofnun, Háskóli Íslands, 46 bls.

ISBN 978-9935-9664-0-7

Prentun: Háskóli Íslands, Jarðvísindastofnun  
Reykjavík, apríl 2022



## Efnisyfirlit

Efnisyfirlit .....	3
Inngangur .....	7
Eldvirkni á Reykjaneskaga.....	8
Gögn.....	9
Aðferðarfræði .....	10
Jarðfræði, eldvirkni og staðfræði .....	11
Greining.....	13
Eldsuppkomunæmi .....	13
Lega með tilliti til höggunar .....	15
Greiningar á sértækum þáttum innan Sveitarfélagsins Voga .....	18
Þéttbýlið Vogar og Vatnsleysuströnd.....	18
Hraunrennsli.....	19
Almennt yfirlit .....	19
Hraunflæði greining innan marka Sveitarfélagsins Voga .....	23
Hraunflæði hermun og líkur á hraunhulu á landi. ....	23
Hraunflæðigreining, eldsuppkomunæmi $>6 \times 10^{-5}$ .....	25
Samantekt um hættusvæði vegna hraunflæðis.....	27
Hraunflæðigreining, eldsuppkomunæmi $>1 \times 10^{-5}$ .....	29
Samantekt á helstu áhrifsvæðum í byggð.....	34
Flokkun hættusvæða innan Sveitarfélagsins Voga. ....	37
Áhættusvæði innan Sveitarfélagsins Voga.....	39
Suðurnesja lína 2.....	41
Niðurstöður:.....	43
Sveitarfélagið Vogar .....	43



Eldsupptök: .....	43
Höggun: .....	43
Hraunflæði: .....	43
Heimildir .....	44



## Myndir:

Mynd 1: Eldstöðvakerfin á Reykjaneskaga .....	9
Mynd 2: Jarðfræðikort af athugunarsvæðinu .....	11
Mynd 3: Staðfræðikort af rannsóknarsvæði .....	12
Mynd 4: Eldsuppkomunæmi greining á Reykjanesi .....	13
Mynd 5: Langtímagreining á eldsuppkomunæmi í og við Sveitarfélagið Vogar .....	14
Mynd 6: Höggunarkort af Sveitarfélaginu Vogum .....	16
Mynd 7: Sprungupéttleikakort fyrir svæðið innan Sveitarfélagsins Voga.....	17
Mynd 8: Sprungukort fyrir þéttbýlið Vogar.....	18
Mynd 9: Form og formhlutfall hrauna .....	19
Mynd 10: Nafnakerfi yfir helstu byggingarþætti hrauna. ....	21
Mynd 11: Eldsuppkomunæmi innan Sveitarfélagsins Voga $6 \times 10^{-5}$ .....	25
Mynd 12: Niðurstöður hraunhermunar rúmstreymi kviku $300 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	26
Mynd 13: Niðurstöður hraunhermunar rúmstreymi kviku $10 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	27
Mynd 14: Eldsuppkomunæmi innan Sveitarfélagsins Voga $1 \times 10^{-5}$ .....	29
Mynd 15: Niðurstöður hraunhermunar rúmstreymi kviku $300 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	30
Mynd 16: Niðurstöður hraunhermunar rúmstreymi kviku $100 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	31
Mynd 17 : :Niðurstöður hraunhermunar rúmstreymi kviku $50 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	32
Mynd 18: Niðurstöður hraunhermunar rúmstreymi kviku $10 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	33
Mynd 19: Nærmynd af svæðinu við Reiðskarð og þéttbýliskjarnanum Voga .....	34
Mynd 20. Nærmynd af svæðinu við Vatnsleysuvík.....	35



Mynd 21: Kort með tillögum að hættuskiptingu innan Sveitarfélagsins Voga .....	37
Mynd 22 Áhættukort af Sveitarfélaginu Vogum.....	39
Mynd 23 Hættu kort af Sveitarfélaginu Vogum línustæði .....	41
Mynd 24 Áhættu kort af Sveitarfélaginu Vogum línustæði .....	42



## Inngangur

Á haustdögum 2021 óskaði Sveitarstjórn Voga eftir ráðgjöf starfshóps Eldfjallafræði og náttúruvár við Háskóla Íslands. Óskað var eftir að hópurinn færi yfir eldgosa- og náttúruvá innan Sveitarfélagsins í ljósi atburða á Reykjanesi árið 2021. Þá var og óskað eftir því að lagt yrði mat á nýja línukosti sem fyrirhugaðir eru innan Sveitarfélagsins.

Á virkum eldfjallasvæðum er nauðsynlegt að meta langtíma hættu vegna eldgosa þegar kemur að innviðaskipulagningu til framtíðar. Slíkt mat undirbyggir viðbragðsáætlanir sem má styðjast við ef og þegar til eldgoss kemur. Langtímaáætlanir taka mið af því við hverju er að búast sem og hvar eru líklegustu áhrifasvæði. Í skipulagi getur líka verið nauðsynlegt að horfa til afskriftatíma mannvirkja eða skipulags með tilliti til langtíma greiningar á hættu.

Jarðfræðilegir atburðir eins og eldgos eru í eðli sínu sjaldgæfir atburðir. Til að mynda er langtíma tíðni eldgosa á Íslandi um eitt gos á 5 ára fresti. En ef síðustu 113 ár eru skoðuð þá er þessi tíðni eitt gos á 2,5 árs fresti. Eldgos eru svæðisbundin fyrirbæri og því ljóst að eldgosa tíðni einstakra svæða á Íslandi er breytileg og að jafnaði talsvert lægri en landsmeðaltalið. Til dæmis hefur gosið sex sinnum á síðustu 35 árum á svæðinu við og undir norðvestanverðum Vatnajökli, eða eitt gos á 6 ára fresti, en á sama tíma hefur aðeins orðið eitt gos á öllum öðrum eldvirkum svæðum landsins og ekkert eldgos á Reykjaneskaga. Aftur á móti, ef við skoðum eldvirknina á Reykjaneskaga yfir síðustu 7 þúsund ár, þá benda gögnin til þess að eldgos afmarkist við ákveðin gosskeið sem eru um 3-400 ára löng og aðskilin af 600 til 1200 ára löngum goslausum tímabilum.

Langtíma greining er því ekki spá um hvenær eldgos verði, heldur hvar er líklegast að jarðeldur komi upp ef til eldsumbrota kemur. Jafnframt eru áhrifasvæði eldsumbrotanna metin, út frá væntanlegri gosgerð/-tegund, líklegri dreifingu gosefna (hrauns og gjósku) og sprungumynstri eldvirkinnar. Við þetta mat er mikilvægt að hafa í huga að ákveðin gerð/tegund eldvirknin er einkennandi fyrir einstök svæði og setja því ákveðinn ramma utan um líklegustu sviðsmyndir.

Við langtíma mat á eldgosavá er beitt aðferðarfræði sem styðst við jarðfræðilegar upplýsingar innan afmarkaðs rannsóknarsvæðis. Þessar upplýsingar eru notaðar til þess að meta viðkvæmni svæðisins fyrir eldgosum og jarðhræringum þeim samfara og afmarka sérstaklega þá hluta svæðisins sem hafa háar líkur á viðburði. Fyrsta skrefið er að afmarka þau svæði þar sem eldsuppkoma er líklegust. Næsta skref er að meta líklegustu eldgosagerðina/-tegundina og það þriðja hvert gosefni flytjast ef til eldgoss kemur.



## Eldvirkni á Reykjanesskaga

Reykjanesgosbeltið er sniðreksbelti, sem er hvortveggja í senn þverbrotabelti og gliðnunarbelti. Þverbrotabeltið lýsir sér í sprungum með norður-suður stefnu (Nakamura 1970, Ágúst Guðmundsson 1986 og 1987, Amy Clifton og Simon Kattenhorn, 2006; Páll Einarsson, 2008). Gliðnunarbeltin hafa stefnu suðvestur – norðaustur sem er auðþekkjanleg á loftmyndum út frá stefnu móbergsfjallagarða, gígaraða og sprungusveima.

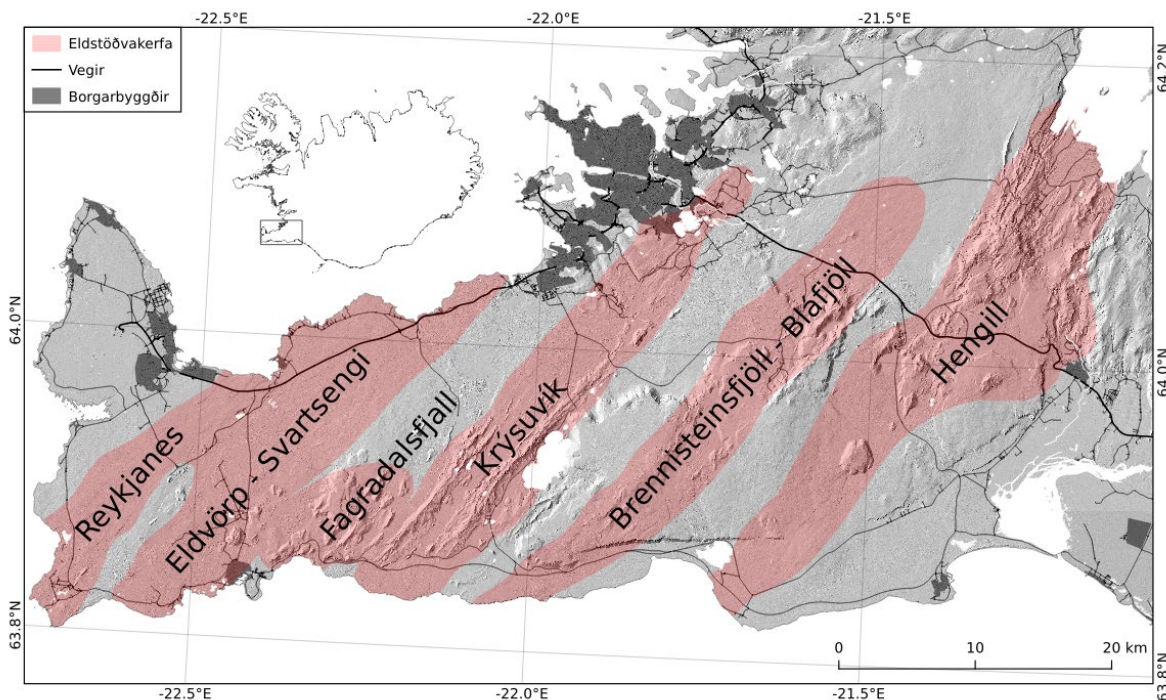
Þrjú eldstöðvakerfi hafa verið tilgreind á Reykjanesi og nefnast þau Reykjanes, Krýsuvík og Brennisteinsfjöll (Þorvaldur Þórðarson og Ármann Höskuldsson, 2008; Þorvaldur Þórðarson og Guðrún Larsen, 2007). Flóknast er Reykjaneskerfið og af þeim sökum stundum skipt upp í undirkerfin; Reykjanes, Eldvörp-Svartsengi og Fagradalsfjall (Kristján Sæmundsson og Magnús Á. Sigurgeirsson, 2013).

Gosskeið á Reykjanesskaga skiptast upp í gosvirknitímabil, þar sem einstök gosskeið sem hafa staðið yfir í 400 til 500 ár. Gosskeiðin eru aðskilin af 600-1200 ára löngum goslausum tímabilum. Þrjú slík gosskeið hafa verið á Reykjanesskaga á síðustu 3500 árum (Jón Jónsson 1963 og 1978a og b, Kristján Sæmundsson og Magnús Á. Sigurgeirsson, 2013). Eldvirkni á síðasta gosskeiði var ekki einskorðuð við eitt eldstöðvakerfi, heldur færðist virknin frá einu kerfi til annars á 30-150 ára tímabili og náði til allra kerfanna áður en gosskeiðinu lauk. Eldvirkni þess einkenndist af sprungugosum þar sem gaus sprungubútum sem liggja með mislöngu millibili á sömu reininni. Þessi gossaga gefur góða mynd af dæmigerðum gosum í eldstöðvarkerfum Reykjanesskaga og hefur því raunhæft spágildi/-vægi fyrir eldgos framtíðarinnar.

Í desember 2019 hófst skjálftahrina á Reykjanesi. Snemma árs 2020 varð vart við óvenjulegt landris á svæðinu við Þorbjörn. Þessu landrisi fylgdi áframhaldandi skjálftavirkni með hléum. Snemma árs 2021 hófst mikil og löng hrina skjálftavirkni á Reykjanesi er leiddi til eldgoss við Fagradalsfjall, 19 mars sama ár. Eldgosið stóð yfir í um sex mánuði, en þó má leiða að því líkum að það hafi verið virkt fram að jólum 2021, en fram að þeim tíma varð vart við miklar sveiflur í varmageislun frá gosstöðvunum og jafnframt sýndu vefmyndavélar tímabil með aukinni glóð í gígbörmum. Jarðskjálftahrina hófst 21 desember 2021 og stóð í nokkra daga. Samfara þessari skjálftahrinu hefur varmageislun frá eldstöðvunum fallið jafnt og þétt og því ljóst að kvikustreymi er hætt og eldgosinu í Fagradalsfjalli þar með lokið.

Atburðarrás er hófst á Reykjanesi í desember 2019 verður að teljast upphaf á nýju eldgosa tímabili á Reykjanesi eftir um 800 ára hlé.





Mynd 1: Eldstöðvakerfin á Reykjaneskaga, frá vestri til austurs, Reykjanes, Krýsuvík og Brennisteinsfjöll-Bláfjöll. Reykjaneskerfinu er skipt upp í þrjú undirkerfi (Reykjanes, Eldvörp-Svartsengi, Fagradalsfjall). Einnig er Hengilskerfið sýnt, sem er á mörkum Reykjanes- og Vesturgosbeltanna og oftast talið með síðarnefnda gosbeltinu.

## Gögn

Jarðfræðigögnin sem nýtt eru í verkefninu eru: sprungur, misgengi, gossprungur, gígar og hraun og auk þess er stuðst við vatnafarsgögn og landslagsupplýsingar frá hæðarlíkönum. Öll gögnin eru tekin úr birtum vísindagreinum og jarðfræðikortum. Einnig hefur verið bætt í gagnasafnið með vettvangsvinnu og nánari úrvinnslu loftmynda af svæðinu.



## Aðferðarfræði

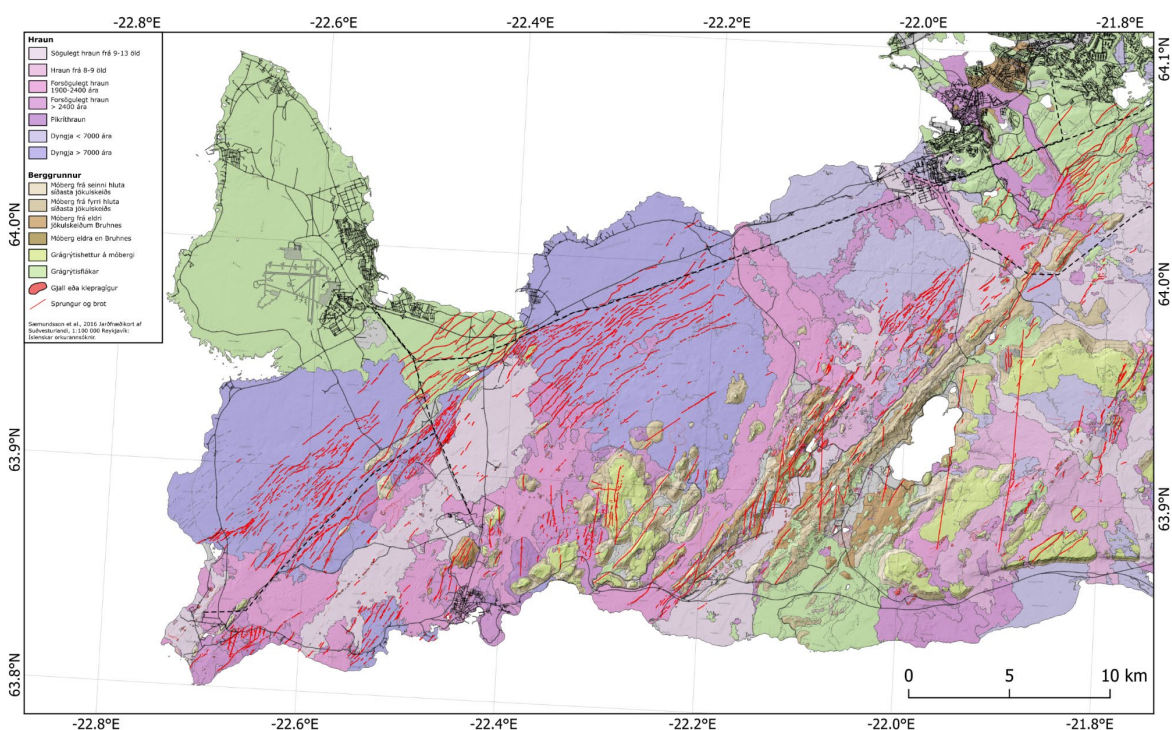
Við greiningu á eldsuppkomunæmi svæðisins er notast við þéttleikafall líkinda (Probability Density Function skammstafað PDF). Hvert gagnasett er skoðað, gossprungur, gígar og þeim skipt upp eftir aldri. PDF-ið er greint með Cauchy reikniaðferð, þar sem reiknað er í tvívíðu rúmi staðbundið endurkomu hlutfall í ákveðnum punkti (Joan Martí og Alicia Felpedo, 2010). Útkoman úr PDF reikningum er leiðrétt með því að deila útkomunni í heildarsvæðið (þ.e. normalized), þá fást niðurstöðurnar í réttum hlutföllum. Þegar PDF hefur verið reiknað fyrir allar samanburðabreytur er lagt mat á hvert vægi hvernar breytu í heildarmati er. Vægi hvernar breytu er metið af 12 óháðum sérfræðingum og meðaltal þeirrar niðurstöðu notað (Joan Martí og Alicia Felpedo, 2010). Næmnin (þ.e. susceptibility) er reiknað út að teknu tilliti til vægi gagnasafna. Þar sem að gosop á eldvirkum svæðum hafi tilhneigingu til að myndast í þyrpingum er notast við Possian líkinda dreifingu til að meta endurkomutíðnina innan rannsóknarsvæðis (Joan Martí og Alicia Felpedo, 2010). Loka útkoma greiningar gefur logaritma af heildarnæmni svæðisins (Joan Martí og Alicia Felpedo, 2010, Bartolini et al. 2017, Beceril et al. 2013, Bevalacqua et al. 2017, Capello et al. 2012, Silverman 1986). Heildarnæmni svæðisins hér, er mat á líklegustu staðsetningu næstu eldsuppkomu innan rannsóknarsvæðis, nefnt Eldsuppkomunæmi (Ármann Höskuldsson og fl. 2018 og 2021).

Við mat á líkum á hraunflæði innan rannsóknarsvæðisins er notast við greiningu á eldsuppkomunæmi. Hraunflæði innan rannsóknarsvæðis er metið út frá hermílkönnum. Þau líkön sem hér er notast við er annarsvegar líkan nefnt QLAVHA en það greinir tölfræðilegar líkur á að landsvæði innan rannsóknarsvæðis fari undir hraun að gefnum forsendum (Mossoux og fl. 2016, Bartolini og fl. 2013, Felpeto og fl. 2001, Tarquini og Favalli 2011, Sobradelo og fl 2014). Hraunrennslis hermir sem notaður er við þessa greiningu nefnist FLOWGO, en í þeim hermireikningum er tekið tillit til eðliseiginleika hrauna, s.s. seigja, hiti, varmatap, þykkun og breytileika í eiginleikum miða við hitaháðar breytingar (Harris og Rowland 2001).



## Jarðfræði, eldvirkni og staðfræði

Berggrunnurinn á rannsóknarsvæðinu er sýndur á mynd 2. Mikilvægt er að skoða jarðfræði svæðisins til að átta sig á aldri undirlagsins. Innan rannsóknarsvæðisins er að mestu að finna hraun sem eru mynduð á síðustu 13000 árum. Undanskilinn er Vogastapi (þ.e. Njarðvíkurheiðin), en hann er að mestu gerður úr hraunum frá síðasta hlýskeyði, sem eru þá eldri en 100.000 ára. Þegar jarðfræðigreining er borin saman við höggun svæðisins kemur í ljós aldur hreyfinga á sprungum og misgengjum. Meginþorri misgengjanna á uppruna sinn að rekja til forsögulegs tíma, þó svo að sú aldursgreining útiloki ekki hreyfingu á þessum misgengjum síðan land var numið (mynd 2). Þessar upplýsingar eru líka mikilvægar í þeim tilgangi að greina svæði sem hafa orðið fyrir lítilli sem engri höggun undanförunum 10.000 árum. Ekki er hægt að útiloka hreyfingar á slíkum svæðum en þær verða að teljast mun ólíklegri en á þeim svæðum sem eru mikið sprungin.



Mynd 2: Jarðfræðikort af athugunarsvæðinu. Aldur hrauna og lega gliðnunarprungna og misgengja á rannsóknarsvæðinu. Brúnir og grænir litir tákna jarðmyndanir eldri en 10-14 þúsund ára. Bláir til rauðir litir merkja hraun frá því eftir ísöld og fram að síðustu sögulegu goshrinu, sem hófst í kringum 900. Söguleg hraun eru ljós fjólublá. Kort byggt á Jarðfræðikorti ÍSOR (Kristján Sæmundsson og fl. 2016).

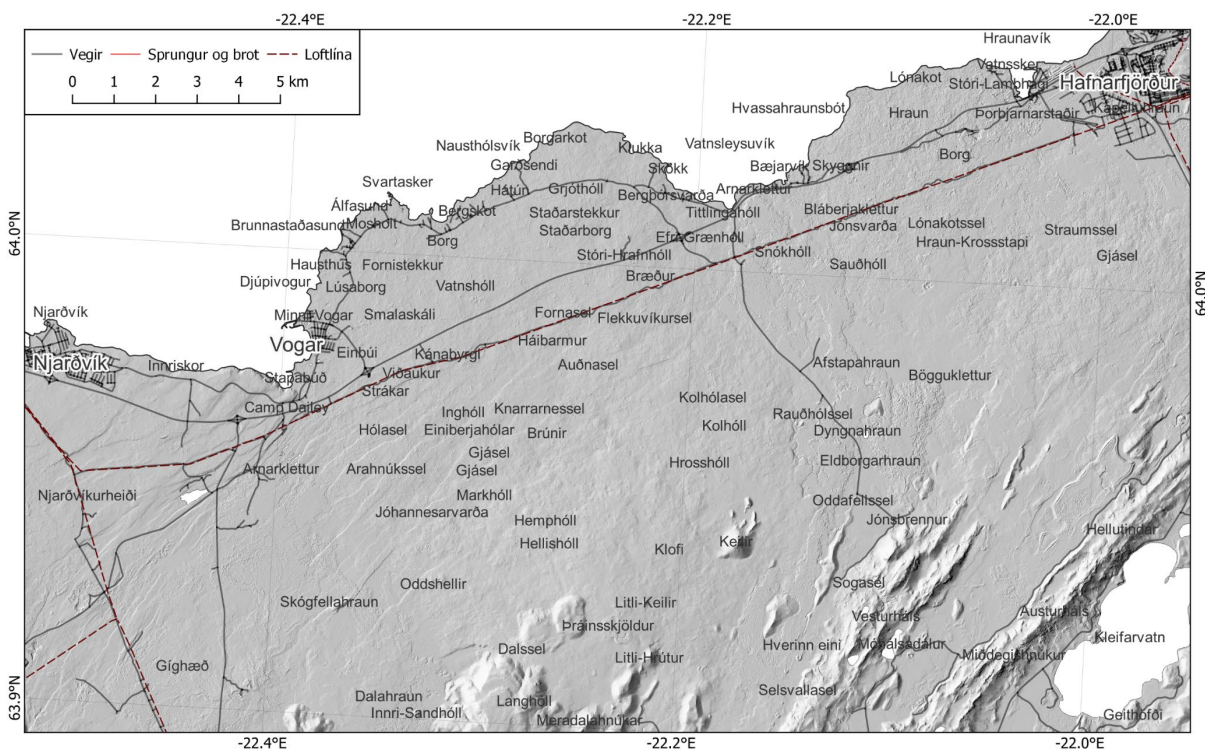
Þekking á aldri hrauna er mikilvæg fyrir greiningu á aldri á höggunarsprungum innan svæðisins. Yngri hraun sýna færri sprungur en eldri vegna þess að þau hafa farið í gegnum færri





glöðunarrhinur, þ.e. séð færri tímabil eldgosa og höggunar. Að sama skapi eru gömul hraun, lítt eða ekki brotin, að gefa til kynna að höggunarhreyfingar séu ekki tíðar á þeim svæðum.

Á mynd 3 eru sýnd helstu staðfræði heiti sem að vísað er til í texta. Svæðið er ríkt örnefna enda ekki langt frá byggðu bóli. Hér horfum við fyrst og fremst til Sveitarfélagsins Voga.



Mynd 3: Staðfræðikort af rannsóknarsvæði. Einungis helstu örnefni sem nefnd eru í texta eru sýnd hér, lesanda til glöggvunar. Hins vegar er bent á örnefnakort Landmælinga Íslands til nánari glöggvunar (Imi.is).

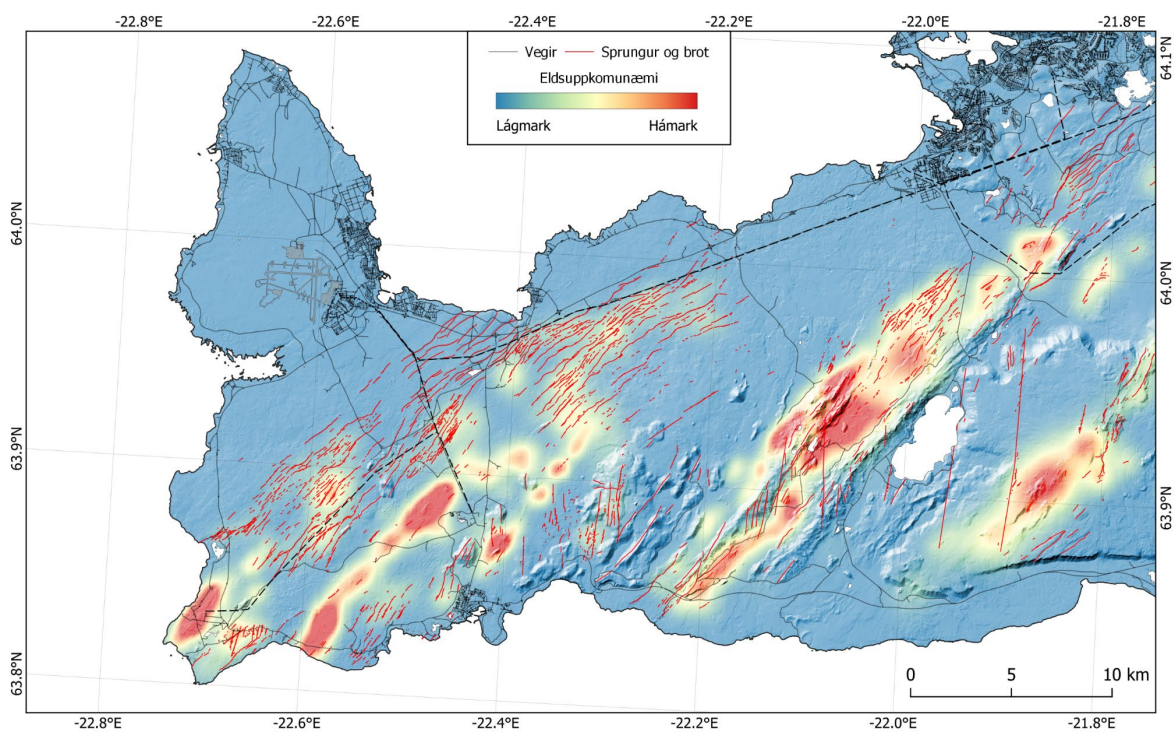
Þegar litið er til innviða á rannsóknarsvæðinu kemur fram að helstu innviðir eru staðsettir í norður hluta Sveitarfélagsins og að mestu norðan Reykjanesbrautar (mynd 3).



## Greining

### Eldsuppkomunæmi

Líkur eldsuppkomu eru metnar út frá gagnasöfunum um fyrri eldsuppkomur, sprungur og misgengi. Hlutfallslegt vægi hvers gagnasafns er síðan metið af sérfræðingum. Niðurstöður slíkrar greiningar, er tekur tillit til 9 mismunandi gagnasetta, eru settar fram í Eldsuppkomunæmis korti. Eldsuppkomunæmiskortið sýnir líkindadreifinguna á staðsetningu eldgoss á Reykjaneseskaga eftir greiningu á fyrirbyggjandi jarðfræðilegum gögnum um svæðið (mynd 4).

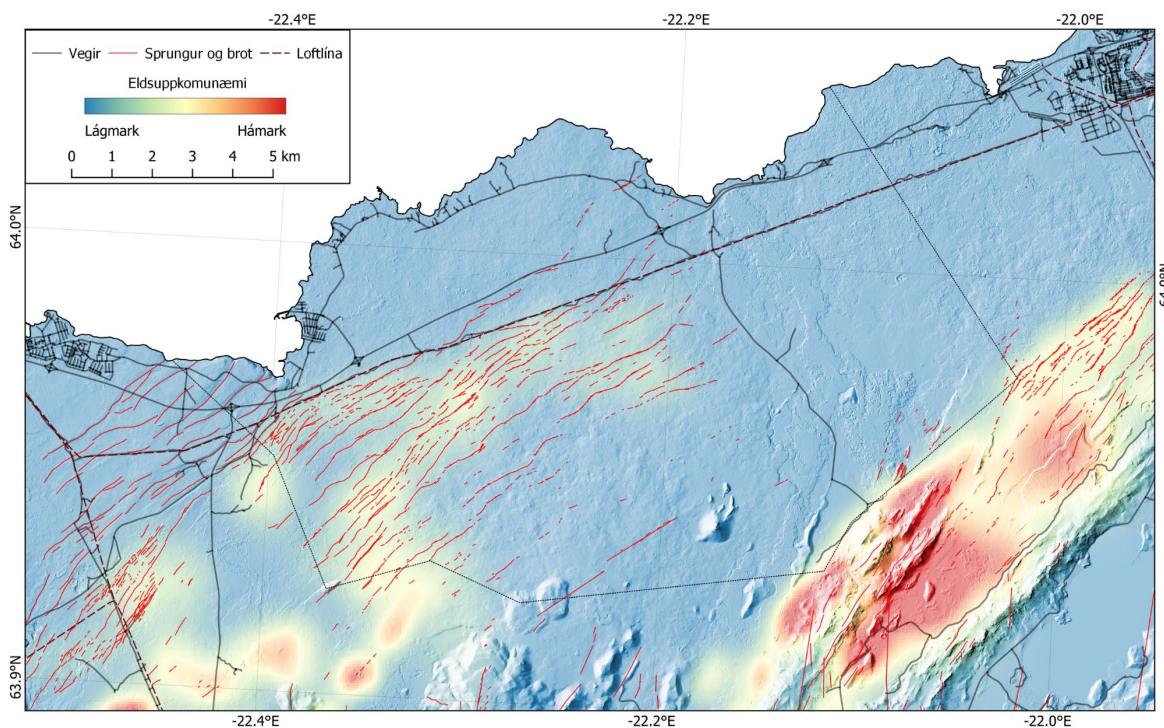


Mynd 4: Eldsuppkomunæmi greining á Reykjanesi sem gefur til kynna hvar líklegast er að gosop myndist í framtíðinni. Því rauðari sem liturinn er, þeim mun meiri líkur eru á að þar muni myndast gígar og eða gígaraðir.

Kortið metur ekki líkurnar á eldgosi innan ákveðins tímaramma, heldur sýnir einungis svæðin þar sem eldsuppkoma er líklegust (lituð svæði á mynd 4). Þegar þessi mynd er borin saman við mynd 1, þá sést glögglega að líklegustu eldsuppkomusvæðin liggja innan þeirra eldstöðvarkerfa sem þegar hafa verið skilgreind á Reykjanesi. Jafnframt sýnir greiningin að dreifingin á líklegum eldsuppkomustöðum er afmarkaðri en útlínur kerfanna gefa til kynna og eldsuppkomunæmi innan einstakra kerfa er ekki einsleitt. Þetta mat gefur okkur upplýsingar um hvar sé að vænta nýrra gígopa og eða nýrra gossprungna í framtíðinni og er grundvöllur áframhaldandi vinnu við



mat á eldgosavá. Í þessum þætti skoðum við vána aðeins með tilliti til hraungosa, þar sem sprengigos eru afar ólíkleg á svæðinu.



Mynd 5: Langtímagreining á eldsuppkomunæmi í og við Sveitarfélagið Vogar. Eldsuppkomunæmi leggur mat á hvar líklegast sé að eldur komi upp í framtíðar jarðhræringum á svæðinu. Helstu innviðir, svo sem vegir og rafmagnslínur eru sýndar á kortinu. Útlínur Sveitarfélagsins Vogar eru jafnframt dregnar á kortið.

Eldsuppkomunæmi innan Sveitarfélagsins Voga er bundið við svæði sunnan Reykjanesbrautar. Ekki eru miklar líkur á að gossprungur eða gígar komi til með að myndast norðan Reykjanesbrautarinnar samkvæmt þessari greiningu. Helstu innviðir á svæðinu eru utan megin eldsuppkomunæmis svæða, að undanskyldri rafmagnslínu er liggur frá Hafnarfirði til Reykjanesbæjar. Greiningin sýnir jafnframt að svæði hvar mestar líkur eru á myndun nýrra gosopa liggja mjög nærri Sveitarfélagsmörkum. Þessi svæði gætu, í framtíðar eldgosu, haft í för með sér að hraun renni frá þeim og inn fyrir Sveitarfélagsmörk Voga. Nánar verður fjallað um það í kafla um hraunrennslis hermanir.





Lega með tilliti til höggunar

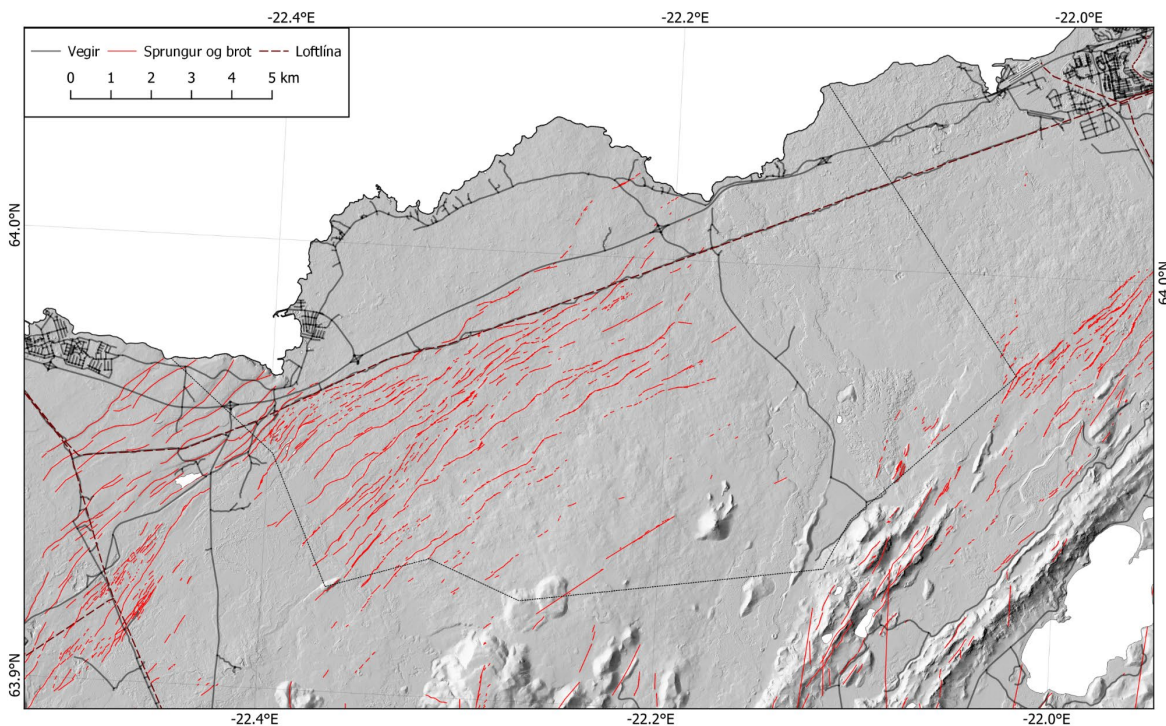
Höggun er skilgreind sem allar hreyfingar í landinu er leiða til þess að sprungur og misgengi myndist ( mynd 6). Misgengi á Reykjanesi eru af þrennu tagi. Í fyrsta lagi með fall til austurs, í öðru lagi með fall til vesturs og loks í þriðja lagi eru norður suður sniðgengi.

Sniðgengi er að finna suður af mörkum Sveitarfélagsins, við Fagradalsfjall og Trölladyngju. Ekki hafa verið greind sniðgengi svo óyggjandi sé innan marka Sveitarfélagsins.

Misgengi með fall til austurs og vesturs móta sigdali eldstöðvarkerfanna sem kennd eru við Eldvörp-Svartsengi og Krýsuvík. Mesta uppsafnaða fall um þessi misgengi er tugir metrar og sést það glögglega í eldri jarðmyndunum, þ.e. hlýskeiðsmynduninni er myndar Vogastapa. Stærst eru misgengin í elstu jarðmyndunum, hlýskeiðshraunin er mynda Vogastapa eru margsprungin og gengin á mis, mynduð fyrir meira en 100 þúsund árum. Tíma hreyfingar á þessum misgengjum má meta út frá hvaða berg þau brjóta. Bjalla misgengin, en þau eru austast á þessu svæði, brjóta upp Sandfellshæðar hraunin er runnu fyrir rúmum 13 þúsund árum . Af því má ráða að þau hafi verið virk á nútíma. Frá Bjalla misgengjum og austur í Brúnir er fjöldi misgengja er skera allar jarðmyndanir á svæðinu, þéttust eru þau í Þráinsskjaldarhrauni er myndaðist fyrir um 14 þúsund árum, og bera því vott um mikla virkni frá myndun Þráinsskjaldar til okkar daga. Öll þessi misgengi



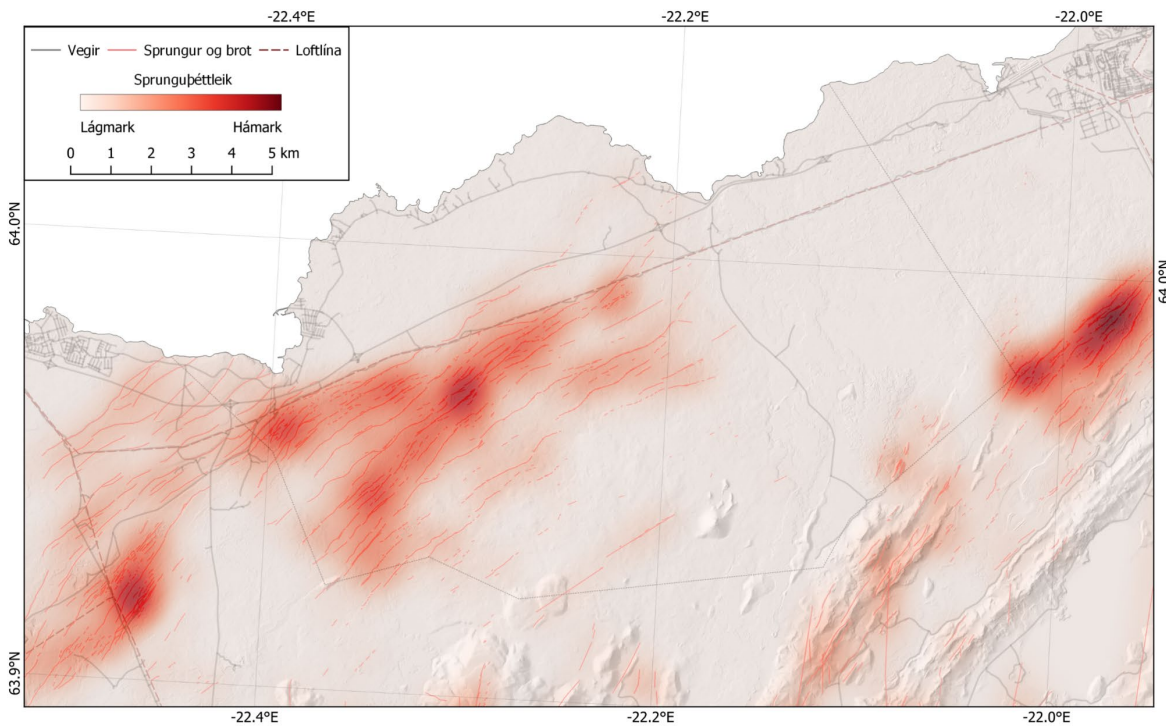
tilheyra Eldvarpa-Svartsengis eldstöðvarkerfinu. Fjöldi gliðnunarprungna er einnig á svæðinu, en slíkar sprungur hafa eingöngu hreyfingu í plani og gliðna til suðaustur og norðvesturs.



Mynd 6: Höggunarkort af Sveitarfélaginu Vogum. Glöggst kemur fram að sprungur og misgengi eru að mestu bundin við svæðið sunnan Reykjanesbrautar. Svæðið norðan Reykjanesbrautar er að mestu laust við sprungur og misgengi að frátöldu svæðinu við Vatnsleysuvík.

Á mynd 6 er rannsóknarsvæðið sett í samhengi við höggun er greind hefur verið á þessum hluta Reykjaneskaga, og innan Sveitarfélagamarka.





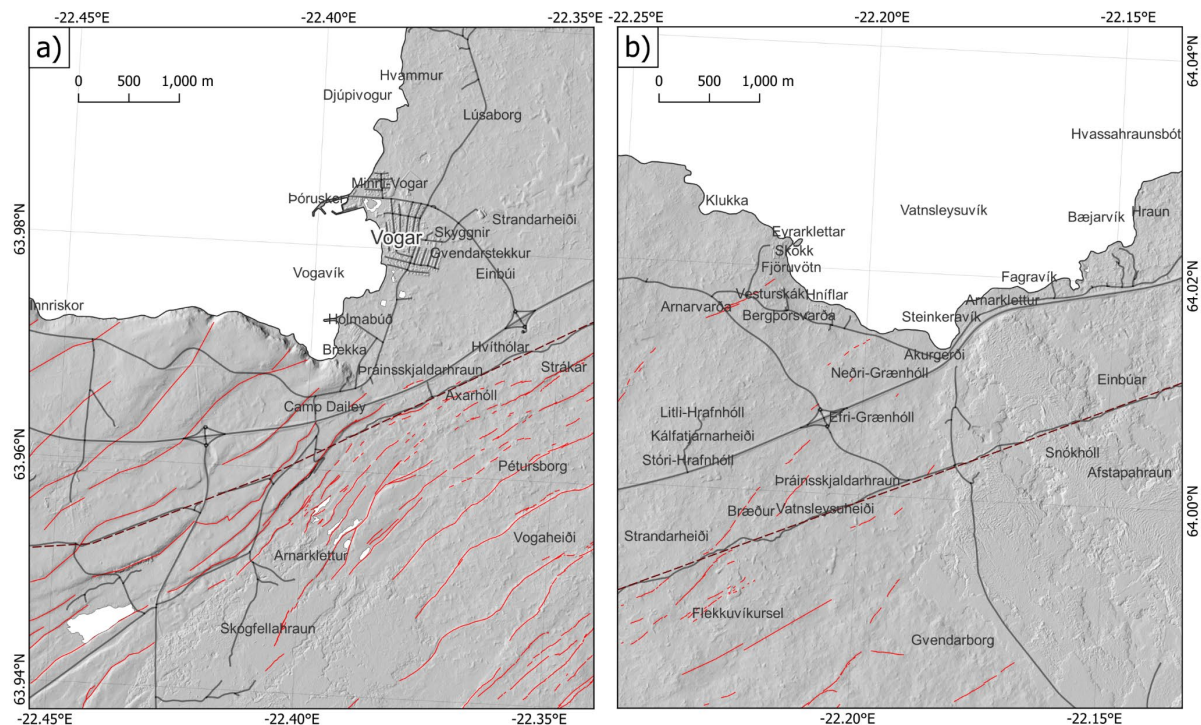
Mynd 7: Sprunguþéttleikakort fyrir svæðið innan Sveitarfélagsins Voga og næsta umhverfi. Helstu innviðir, vegir, rafmagnslínur og vatnsleiðslur eru sýndar á kortinu. Útlínur Sveitarfélagsins Voga eru dregnar á kortið.

Almennt eru sprungur og misgengi þéttust um miðbik Sveitarfélagsins, þ.e. á Voga- og Strandarheiði (mynd 7). Sprungum og misgengjum fækkar þegar komið er að Brúnum og norðan Reykjanesbrautar, á Vatnsleysustrandar svæðinu, hvar sprungur eru nær óþekktar. Norðan Reykjanesbrautar er einungis hægt að finna sprungur á landi við Vatnsleysuvík (Hrafnagjá). Á mynd 7 er sett fram þéttleika greining á sprungum og misgengjum. Nokkur mjög þétt svæði koma fram, Vörðugjá-Bjallar, Hrafnagjá og Stóra Aragjá-Klifgjá (mynd 3 og 7). Á eystri mörkum Sveitarfélagsins, við Markhelluhól og norður af Trölladyngju, er þétt sprungu og misgengja þyrping sem tengist Krísuvíkur eldstöðvarkerfinu. Öll þessi svæði hafa verið virk á nútíma. Það vekur sérstaka athygli, þegar mynd 7 er skoðuð, hversu lítið er af sprungum innan sögulegu hraunflákanna og Afstapahrauns, en þetta bendir til þess að litlar hreyfingar hafi verið á svæðinu síðan á 9. til 13. öld. Eina svæðið sem er þar undanskilið er Arnarseturshraun, og þá einskorðað við eldstöðvarkerfið Eldvörp-Svartsengi. Samanborið við önnur söguleg hraun á Reykjaneskaga er Arnarseturshraun töluvert brotið, sem bendir til meiri hreyfinga þar síðustu 700 ár.



## Greiningar á sértækum þáttum innan Sveitarfélagsins Vogar

### Þéttbýlið Vogar og Vatnsleysuströnd



Mynd 8: Sprungukort fyrir þéttbýlið Vogar og austasta hluta rannsóknarsvæðisins. Kortið sýnir allar gliðunarsprungur, sniðgengi og misgengi.

Þéttbýlissvæði innan Sveitarfélagsins eru öll norðan Reykjanesbrautar. Eins og kemur fram á mynd 8, eru sprungur og misgengi á þessu svæði tengd Eldvarpa-Svartsengis kerfunum. Allt svæðið norðan Reykjanesbrautar er hulið hrauni er rann fyrir um 14 þúsund árum. Aðeins finnst sprungur í þessum hraunfláka við Reiðskarð og austur í Vatnsleysuvík. Líkur á því að misgengishreyfingar komi fram á þessu svæði í næstu hrinu hreyfinga innan Eldvarpa–Svartsengis kerfisins eru því mjög litlar að undanskildu Reiðskarði og landinu vestur af Vatnsleysuvík.



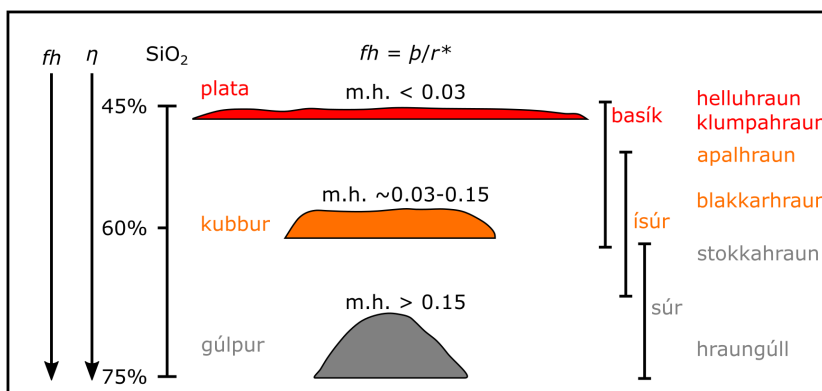
## Hraunrennsli

### Almennt yfirlit

Oft er vísað til þess að hraungos séu hættuminnstu atburðir íslenskrar eldvirkni, en réttast er að fara varlega með þetta viðhorf því að ein gerð hraungosa, það er flæðigos, hefur valdið mestu náttúruhamförum Íslandssögunnar (Þorvaldur Þórðarson og Stephen Self, 1993, 2003). Hraun geta valdið gífurlegum skaða eins og íbúar í Heimaey fengu svo átakanlega að reyna árið 1973.

Hraun myndast þegar kvika streymir upp um gosrásir, hringlaga gosop eða sprungur, og flæðir frá gosstað eftir yfirborði jarðar. Þó svo að kvika streymi líkt og aðrir vökvar undan halla, er rennsli hrauna um margt frábrugðið beljandi vatnsstraumum. Vatn er einfaldur vökvi úr tveimur frumefnum og hefur vel afmarkað suðu- og frostmark. Það hagar sér líkt og Newtonískur vökvi. Á hinn bóginn er hraunkvika margbrotinn vökvi sem segja má að sé plastískur. Hraunkvika inniheldur meira en 12 frumefni og er alltaf miklu heitari en umhverfi hennar. Sem slík er kvika miklu skyldari tjöru en vatni (Þorvaldur Þórðarson, 2013) Hún hefur ekki aðeins mjög breytilega efnasamsetningu, heldur breytir hún eðlis- og efnæiginleikum sínum vegna afgösunar og kólnunar, þegar hún streymir upp úr gosopi og flæðir eftir yfirborði jarðar. Enda þótt upprunaleg efnasamsetning hraunkvikunnar ráði miklu um hvernig hún flæðir - og þar af leiðandi myndform hrauna, þá koma fjölmargir aðrir þættir við sögu sem geta haft veruleg áhrif á flæðimynstrið og formið.

Hefðbundið er að flokka hraun eftir efnasamsetningu í basísk, ísúr og súr hraun (mynd 9). Hraun af basískri samsetningu eru lang algengust, eða yfir 90% allra hrauna á Íslandi. Þó að ísúr og súr hraun séu til staðar í marktækum mæli á Íslandi, er umfang þeirra miklu minna; ísúr hraun eru 6% og súr hraun 3% af hraunlagastafla Íslands (Þorvaldur Þórðarson og Ármann Höskuldsson, 2008).



Mynd 9: Form og formhlutfall hrauna og tengsl þeirra við hraun- og kvikugerðir sem og seigju og kísilinnihald (SiO<sub>2</sub>) kviku.



Þessi grunnflokkun endurspeglar seigju hraunkvikunnar sem er ekkert annað en mælikvarði á hversu auðveldlega kvikan flæðir frá upptökum og eftir yfirborði jarðar. Þegar kvika streymir upp um gosrás, ræðst seigja hennar fyrst og fremst af kísilinnihaldi og hitastigi kvikunnar, ásamt styrk rok gjarnra efna (Þorvaldur Þórðarson, 2013). Kvika sem myndar mjög súr hraun, kísilrík (<64% SiO<sub>2</sub>) og hlutfallslega köld (7-800 gráður). Slík hraun eru ólseig eða milljón til milljarð sinnum seigari en vatn. Þau hrúgast gjarnan upp í gúla yfir gosopinu og einkennast af háu formhlutfalli (>0,15; mynd 16). Kvika sem myndar mjög basísk hraun, er kísilsnauð, kísilinnihald minna en 52% (kísildíoxíð, SiO<sub>2</sub>), og heit (1100-1200 gráður) og þess vegna er seigja hennar lítil, þ.e. hún er þunnfljótandi. Basísk kvika myndar því hlutfallslega þunn og útbreidd hraun með lágt formhlutfall (<0,03; mynd 16). Það er þó rétt að benda á, að þunnfljótandi basalhraun eru að jafnaði hundrað til þúsund sinnum seigari en vatn. Ísúrar hraunkvikur, með kísilinnihaldi frá 52% til 64% SiO<sub>2</sub>, mynda að jafnaði hraun sem falla á milli þessara jaðarforma. Að jafnaði styttast og þykkna hraun með vaxandi kísilmagni, það er aukinni seigju.

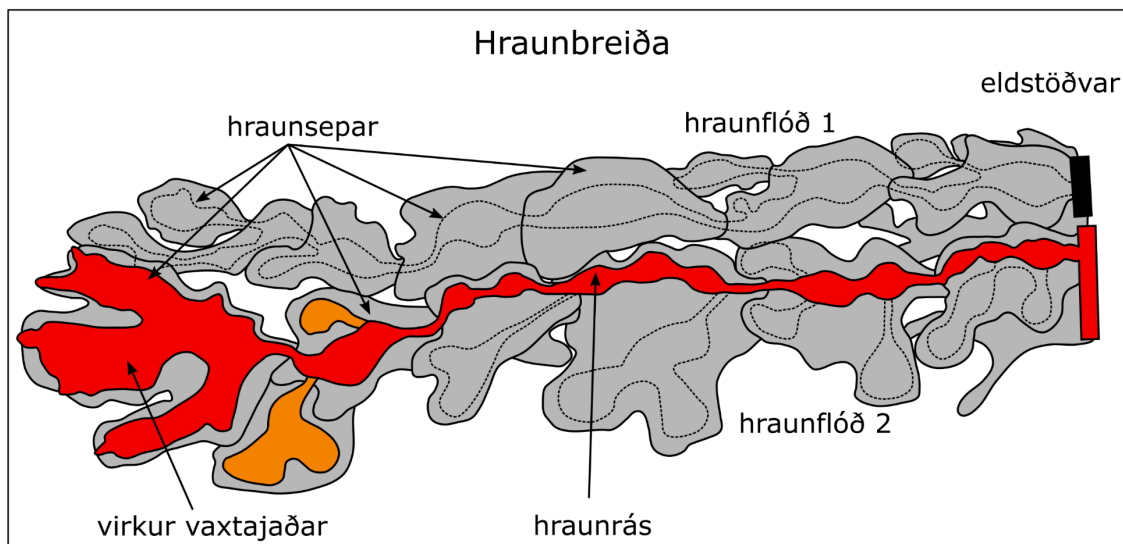
Öll hraunin á athugunarsvæðinu eru basísk og mynduð í sprungugosum eða dyngjugosum (s.br. mynd 2). Þrátt fyrir svipaða efnasamsetningu eru basalhraun langt frá því að vera einsleitir flokkur, og ásýnd þeirra er mjög breytileg. Sum basalhraun eru rennislétt hella og létt undir fæti, en önnur mjög úfin og ill yfirferðar. Svo eru hraun sem spanna rófið þar á milli. Þetta er uppruni hinar klassísku skiptingar á basalhraunum í helluhraun og apalhraun. Fyrirnefnda nafngiftin vísar til hrauna sem einkennast af samfelldri hraunhella, en síðarnefnda nafngiftin á við hraun umlukin lausum gjallkarga sem oft hefur safnast fyrir í óreglulega múga og hryggi. Hellu- og apalhraun eru í raun jaðartegundir í samfelldu rófi og þar á milli eru tegundir sem endurspeglar frábrugðin myndunarskilyrði, hitabúskap og rennislisferli. Klumpahraun eru eitt dæmi um slíka millitegund og einkennast af heilsteyptri botnskorpu, en eru þakin yfirborðsbreksíu með blokkum og flekum úr brotinni helluhraunsskorpu. Myndunarferli klumpahrauna er meira í ætt við myndunarferli helluhrauna, þó svo að við fyrstu sýn virðist yfirborð þeirra líkjast því sem einkennir apalhraun. Hraunbreiða Hrutagjárdyngjunnar er að hluta til klumpahraun og annað dæmi um slíkt hraun er vesturálma Skaftáreldahrauns. Það hefur einnig verið sýnt fram á að apalhraun myndast þegar kvikuústreymi er hlutfallslega mikið, en helluhraun þegar það er tiltölulega lítið. Þannig myndast apalhraun þegar virknin einkennist af öflugri og óstöðugri kvikustrókvirkni, en helluhraun markast af hægu og stöðugu flæði frá gígum. Helluhraun og klumpahraun eru algengustu hraunategundirnar á Íslandi (Þorvaldur Þórðarson, 2013)

Hraunbreiður geta því orðið til í tveimur eða fleiri hraunflóðum eða hraunstraumum. Hraunflóð eru skilgreind sem hraun er myndast við flæði frá aðskildum gígum eða sprungum eða hraun sem kemur upp í mismunandi goshrinum. Hraunflóðin eru sjaldan einn samfelldur hrauntaumur heldur mynduð úr mörgum hraunsepum. Hraunsepi samsvarar einstakri kólnunareiningu sem hefur kólnað og storknað í einu lagi og er grundvallarbyggingareining hrauna (sjá mynd 10). Stærð hraunsepa er mjög breytileg frá einu hrauni til annars. Kemur þar til bæði seigja og stærð



hraunanna, sem og framleiðnin í gosinu. Sem dæmi má nefna að þykkt hraunsepa í þunnfljótandi hraunum er allt frá fáeinum sentímetrum upp í eitt hundrað metra, og lengdin frá nokkrum desímetrum upp í fáeina kílómetra. Að jafnaði er samræmi á milli stærðar hraunsepa og framleiðni í gosinu.

Hraunsepi myndast við útrennsli, þegar kvikan brýtur sér leið úr aðfærslukerfinu í gegnum hraunskorpuna (mynd 10). Þegar hraunkvikan brýst framundan virkum vaxtarjaðri, nefnist slíkt útrennsli undanhlaup, en yfirhlaup þegar kvikan kemur upp um sprungur og rennur ofan á hraunflóðinu. Hraunbelging vísar til þess þegar hraunsepar stækka og belgjast út á alla kanta vegna innræns flæðis undir einangrandi skorpu.



Mynd 10: Nafnakerfi yfir helstu byggingarþætti hrauna.

Hraun frá einu eldgsosi kallast hraunbreiða og að jafnaði samanstendur hún af tveimur eða fleiri hraunflóðum, sem hvert um sig er byggt upp af mörgum hraunsepum. Hraunrás er aðfærslukerfið sem flytur hraunkviku frá eldstöðvum að virkum vaxtarjaðri og getur verið lokað eða opin. Meginvöxtur hraunsins fer fram við virka vaxtaraðra og í helluhraunum einkennist vöxturinn af myndun sepa og innrænu flæði undir kyrrstæðri og heilsteyptri skorpu, en í apalhraunum stjórnast vöxturinn af útrænu flæði þar sem mismunarennisli rifur í sundur seiga yfirborðskviku og myndar ósamfellda skorpu sem flyst fram með flæðandi hrauninu.





Hraun mótast af þremur megin byggingarþáttum. Aðfærslukerfið (1) sem veitir hrauni frá upptökum að vaxtarjöðrum (2) þar sem allur vöxtur hraunflóðsins fer fram. Þriðji þátturinn er svo sá hluti sem þegar er storknaður, sem á hverjum tíma er um það bil 40-70% af hraunbreiðunni. Aðfærslukerfi hrauna mynda samofið farvegakerfi sem tengir upptakagígana við vaxtarjaðrana hvar svo sem þeir eru í hrauninu. Aðfærslukerfið getur verið opið eða lokað. Hrauntröð er dæmi um opna rás, en innri hraunrásir (þ.e. hraunpípur/hraunhellar) eru lokaðar rásir. Aðgreining í lokað og opið farvegakerfi er mikilvæg vegna þess að það er mikill munur á varmabúskap þeirra. Í lokaðri rás er varmatapið vel undir einni gráðu á hvern kílómetra, en í opinni rás er það á bilinu tíu til yfir 100 gráður á hvern kílómetra. Varmfræðilegir útreikningar sýna, að það er mjög auðvelt fyrir hraun að mynda nokkur hundruð kílómetra langar innrænar/lokaðar rásir við mjög hóflega framleiðni, á meðan lengd opinna rása takmarkast við nokkra kílómetra við sömu skilyrði.

Framleiðni, sér í lagi í upphafi goss, ræður mestu um hversu hratt hraun flæðir yfir landið, og í gosum þar sem framleiðni er á bilinu 50-1000 rúmmetrar á sekúndu hefur rennslishraðinn mælst á bilinu 30-70 km á klukkustund (t.d. Þorvaldur Þórðarson, 2013). Slíkt rennsli myndar yfirleitt apalhraun. Apalhraun tapa varma mjög hratt og flæða því aldrei langt. Lengstu apalhraun á Íslandi eru innan við 15 km. Þegar dregur úr framleiðinni, breytast skilyrðin þannig að helluhraun myndast. Aðfærslukerfið einangrast og innrænn vöxtur (þ.e. uppbelging hrauns) verður ráðandi. Þannig myndast kjöraðstæður fyrir myndun langra hrauna. Öll lengstu hraun Íslands eru helluhraun og það lengsta er um 140 km (Elsa Vilmundardóttir, 1977). Einangrað flutningskerfi getur flutt kviku um tugkílómetra veg, frá upptökum að vaxtarjöðrum, á tiltölulega skömmum tíma því flæðið í innri hraunrásunum er oft um 10-30 km á klukkustund. Innrænn vöxtur getur leitt til fimm- til tíuföldunar á þykkt einstakra helluhraunsepa og því tiltölulega auðvelt fyrir slík hraun að byggja sig yfir hindranir sem eru nokkrir metrar á hæð (Þorvaldur Þórðarson, 2013).



## Hraunflæði greining innan marka Sveitarfélagsins Voga

Hraunflæði hermun og líkur á hraunhulu á landi.

Við mat á hraunflæði og líkum á hvert hraun muni helst fara, komi til eldgosa innan Eldvarpa-Svartsengis og Krýsuvíkurerfisins, er notast við eldsuppkomunæmi greiningu í grunninn. Eldsuppkomunæmið ræður úrslitum um hvar eldgos verði, komi til eldgoss í náinni framtíð. Þannig tekst okkur að takmarka umbrotasvæðið og forðast mannlega þáttinn í að velja framtíðar eldgosum stað. Við þetta mat er miðað við gildi sem eru hærri en  $1 \times 10^{-5}$  (60% þröskuldur) og hærri en  $6 \times 10^{-5}$  (90% þröskuldur) næmigreiningarinnar og því nýtum við okkur ekki öll svæði sem koma upp í aðalgreiningu. Þannig er matið gert með tilliti til há-hættu svæða og lægri hættu. Innan þeirra svæða, sem þannig eru afmörkuð, er bil milli gígopa stillt 500 m.

Við hraunflæði hermun er notast við kerfi Volcanbox (Marti et al 2020) en það er samsett úr mismunandi lausnum við mat á eldfjalla hættu og leiðum til að nálgast þær. Volcanbox vinnur í LUK (landupplýsingakerfi) umhverfi og niðurstöður hermunar reiknaðar með PDF (probability density function) til greiningar á líkindum. Við hermun á hraunflæði notum við „Qlavha“ og keyrum innan þess hraunhermilíkanið „Flowgo“, en það tekur tillit til storknunar hrauns á meðan að það rennur og ákvarðar þar með hversu langt hraunið getur runnið frá upptökum (Marti 2017, Mossoux et al. 2016, Harris og Rowland, 2001).

Uppsetning tilraunarinnar verður að standast tölfræðilega nálgun við hermun. Við þessa hermun er sett út net með gígum á 500 m millibili innan þeirra svæða sem sýnd eru á mynd 11 og 14. Gígar sem gjósa innan svæðanna fá mikilvægis gildi við tölfræði útreikninga samkvæmt niðurstöðum eldsuppkomunæmis. Við hermun er annarsvegar gert ráð fyrir útstreymi er nemur  $300 \text{ m}^3/\text{s}$  (meðal stórt íslenskt eldgos) og hinsvegar útstreymi er nemur  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  (meðaltal fyrir eldgosíð í Fagradalsfjalli. Hraun rennur frá gígopi eftir hæðargrunni byggðum á ArcDEM frá Landmælingum Íslands. Í hverju gígopi er látið gjósa 1500 sinnum, það tryggir tölfræðileg gildi greiningar. Hraun renna frá gígopi með hitastigið  $1150^\circ\text{C}$ , seigju uppá 100 Pas. Í upphafi er hraunið með 10% kristalla innihald. Þegar hraunið hættir að geta runnið stoppar hver hermun. Hraunið getur stoppað af þrem orsökum; 1: vegna þess að það kólnar og verður of stíft til að renna, 2: það rennur í dældir sem það kemst ekki upp úr og 3: það kemur í sjó. Í landslagi leitar hraunið leiða með að skoða nærliggjandi myndeiningu (e: pixel) og streymir til þeirrar er hefur lægri gildi. Renni hraun í dæld, hefur það tvo möguleika til að koma sér upp úr henni; 1: leitar í allt að fjögurra myndeininga fjarlægð eftir lægra gildi, ef það finnst getur hraun haldið áfram að renna þangað, 2: getur aukið gildi á myndeiningu sem það er í, um 20m, ef það dugir til að komast upp úr dæld heldur hraunið áfram. Í hverri keyrslu getur hraunið einungis notað annan möguleika af tveim til að koma sér úr hverri dæld, valið er slembival. Seigja stjórnar rennslisraða og kólnun stjórnar seigju, á endanum verður hraun of seigt til að renna og hermun hættir (Marti 2017 og



Harris og Rowland 2001, Mossoux et al. 2016). Við mat á líkum hvert hraun fer, eru niðurstöður hermunar taldar fyrir hverja myndeyningu. Líkur eru svo reiknaðar út frá því hversu oft hver myndflaga tekur við hrauni. Framsetning á myndum (mynd 12) er byggð á líkinda reikningi heildar hermunar. Því dekkri sem myndflögurnar verða þeim mun líklegra er að hraun fari þar um. Hafa ber í huga þegar niðurstöður eru skoðaðar, að ekki er verið að líkja eftir einu einstöku hrauni eða einstöku eldgosi. Þar sem við vitum ekki nákvæmlega hvar eldsupptök verða, látum við gjósa innan flatarmáls einingar. Niðurstöður myndar 12 og 13 er afleiðing af um það bil 54 þúsund eldgosum í um 36 gígum ( $6 \times 10^{-5}$  viðmiðunar gildi). Seinni keyrslan er gerð við lægri viðmiðunar gildi í eldsuppkomunæmis greiningu eða  $1 \times 10^{-5}$ . Í þessu tilviki er það 404 gígar sem að gjósa og hver þeirra gýs 1500 sinnum, eða alls niðurstaða 606 þúsund eldgosa. Tilgangur greiningarinnar er að sjá hvert hraun leita helst miðað við bestu landupplýsingar sem við höfum af svæðinu. Hermun dregur því fram helstu hraunrásir sem líklega munu myndast í framtíðar eldgosi á svæðinu. Hraunrásirnar sem sjást á mynd 12, 13, 15 og 16 draga til sín hraun frá flestum svæðum sem gýs á í hermun. Þar af leiðir að þar sem hraunrás myndast í hermun er hætta á hraunflæði mjög mikil og því æskilegt að meta kosti, afskriftar tíma og viðbrögð til varnar mannvirkja innan þessara svæða. Mynd 12, 13, 15 og 16 sýna einnig að utan hraunrása falla líkindi á því að land hyljist hrauni hratt. Það þýðir að meta þarf hvort að mannvirki séu betur sett utan hálíkinda svæði en innan. Miðað við þann gagnagrunn sem við notum hér geta tugir metra, til eða frá, skipt sköpun í hönnun mannvirkisins.

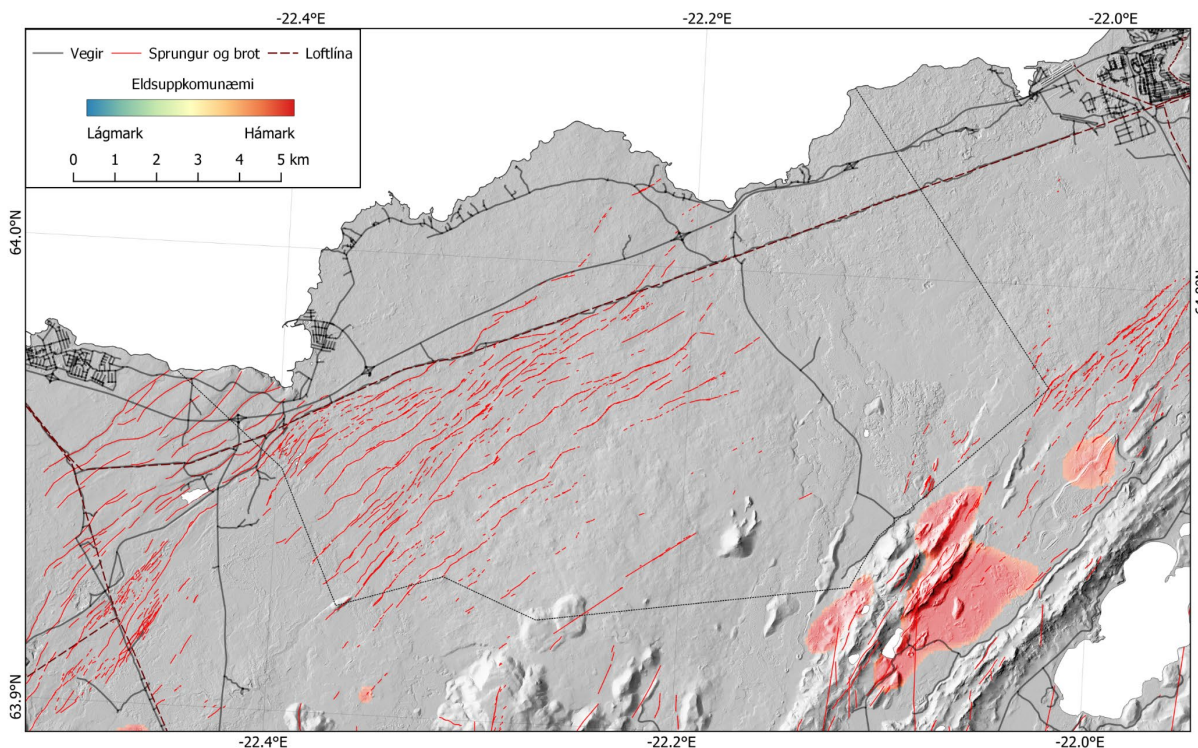
Þessi greiningaraðferð, er byggir á langtíma eldsuppkomunæmi og hermun, er jafnframt mjög gagnleg þegar nær dregur atburðum. Í þeim tilvikum er bætt við gögnum sem gefa vísbindingu um hvar kvika leitar til yfirborðs, t.d. skjálftar og aflögun. Þá getum við þrengt eldsuppkomusvæðið til muna og byrjað að keyra skammtíma hermun sem enn frekar takmarkar mögulegt áhrifasvæði.





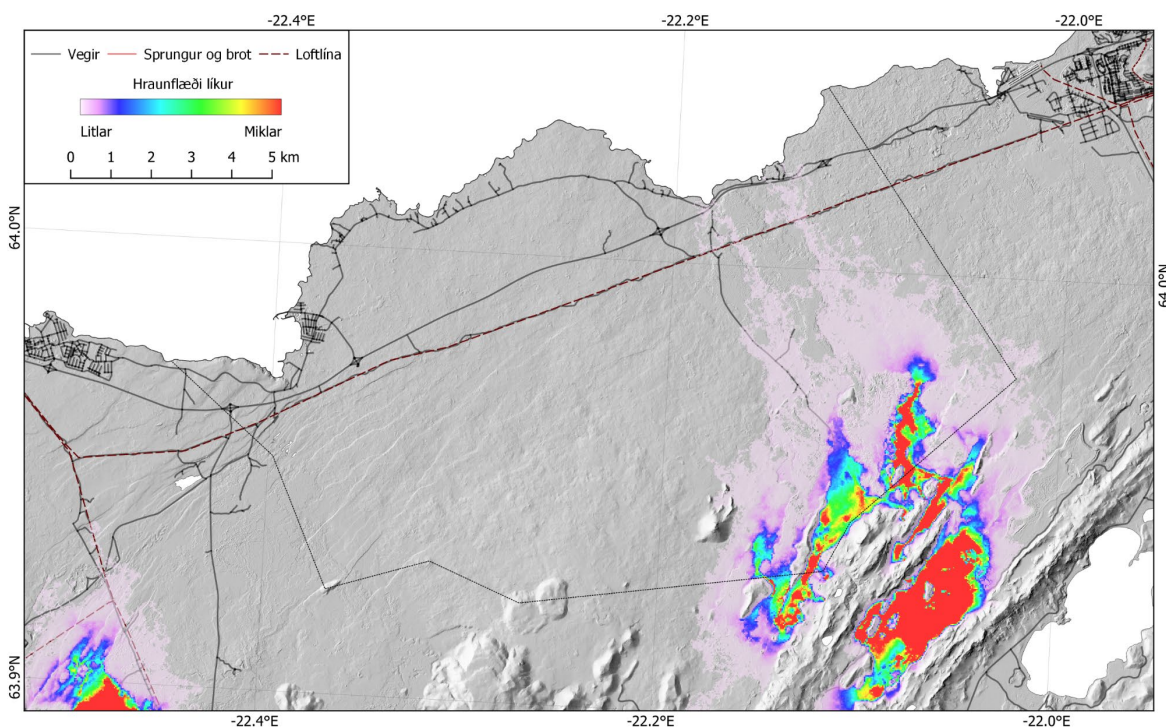
## Hraunflæðigreining, eldsuppkomunæmi $>6 \times 10^{-5}$ .

Við fyrstu hraunhermi keyrslu er notast við þau svæði sem koma fram í eldsuppkomunæmi greiningu og ákvarðast af líkinda gildum sem eru  $>6 \times 10^{-5}$ . Þannig drögum við fram allra líklegustu svæði er koma til með að hýsa gossprungur eða gíga í framtíðar eldsumbrotum.



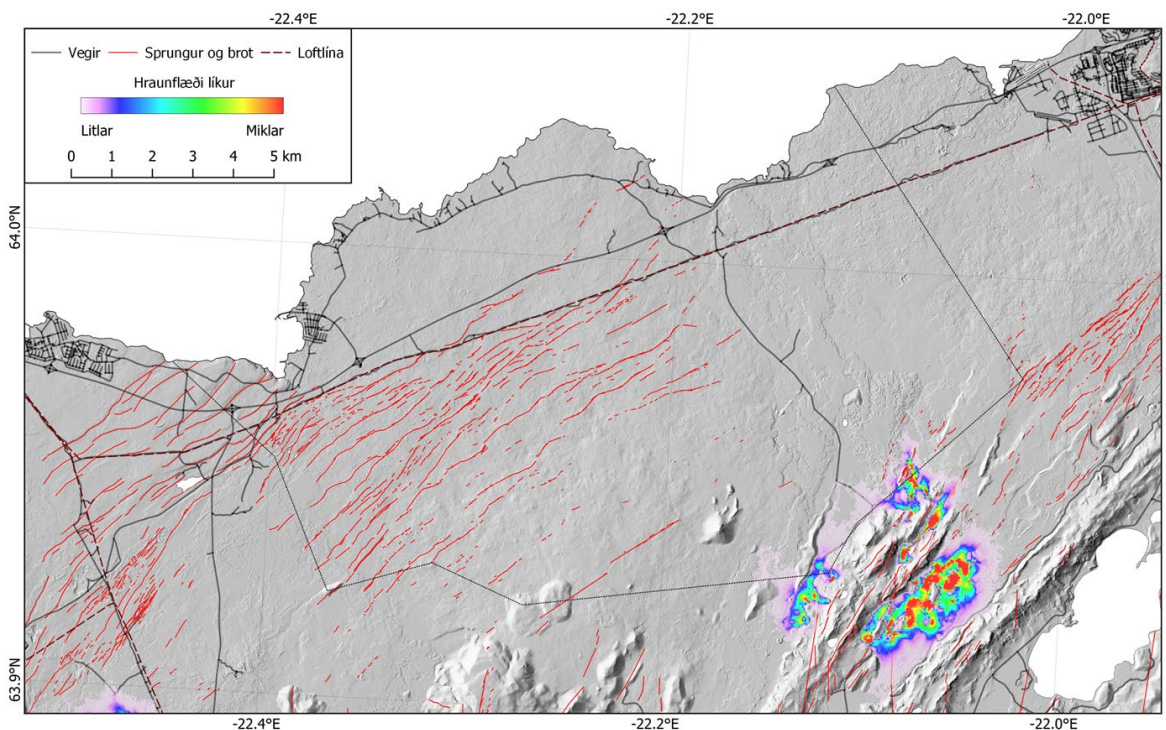
Mynd 11: Eldsuppkomunæmi innan Sveitarfélagsins Voga. Hér er dregin út þau svæði sem afmarkast af gildinu  $6 \times 10^{-5}$ . Við hraunflæði líkinda reikninga tókum við bara tillit til þeirra svæða er komast yfir 90% þröskuld í eldsuppkomunæmi. Þau svæði er notuð voru við hraungosa hermun eru því ekki eins viðfeðm og á mynd 4. Innan þessara svæða er látið gjósa í reglulegu reitakerfi með 500 metra á milli gosopa (36 gígar). Hvert gosop er látið gjósa 1500 sinnum (54 þúsund eldgos). Við vægireikninga hrauna og mat á endanlegri útkomu fá gígapin gildi í samræmi við eldsuppkomunæmið.

Á mynd 11 kemur fram að líklegustu eldsumbrotasvæði, miðað við líkindagildið  $>6 \times 10^{-5}$ , eru á suðurmörkum Sveitarfélagsins, innan Krýsuvíkurerfisins. Svæðin utan Sveitarfélagsins eru innan Eldvarpa-Svartsengis, en þau eru smærri að flatarmáli, við Svartsengi og milli Litla- og Stóra Skógfells.



Mynd 12: Niðurstöður hraunhermunar út frá gígaopum staðsettum innan svæða sem sýnd eru á mynd 13. Við hraunhermun er gert ráð fyrir rúmstreymi kviku  $300\text{m}^3/\text{s}$ . Hraunhermun stoppar þegar hraun er orðið of kalt til að renna, eða það kemst ekki áfram sökum landslags. Hraunhermun dregur fram helstu leiðir sem hraun gætu runnið frá upptökum.

Hraun hermun sem sett er fram á mynd 12, sýnir niðurstöður hermunnar með kvikuústreymi  $300\text{m}^3/\text{s}$  og eru eldsupptök bundin við líklegustu svæðin sem komu fram í eldsuppkomunæmi greiningu (mynd 11). Eðlilega eru mestar líkur á hraunhulu innan gosupptakasvæða, sem sett eru fram á mynd 11. Austast á svæði sveitarfélagsins koma fram líkur á því að hraun teygji sig í átt að Afstapahrauni og geti þannig náð til sjávar, þetta eru allt hraun sem eiga upptök sín í Krísuvíkurkerfinu. Vestur mörk Sveitarfélagsins verða hins vegar fyrir mestum áhrifum af hraunum sem eiga upptök sín í kerfum Eldvarpa-Svartsengis. Hraunstraumar þaðan teygja sig í átt að Reiðskarði. Í þessari hermun kemur fram að hraun kæmst mögulega norður fyrir Reykjanesbraut. Hins vegar eru líkur á því frekar litlar að undanskildum svæðunum við Kúagerði (mynd 12).



Mynd 13: Niðurstöður hraunhermunar út frá gigaopum staðsettum innan svæða sem sýnd eru á mynd 13. Við hraunhermun er rúmstreymi kviku  $10\text{m}^3/\text{s}$ . Hraunhermun stoppar þegar hraun er orðið of kalt til að renna, eða það kemst ekki áfram sökum landslags. Hraunhermun dregur fram helstu leiðir sem hraun gætu runnið frá upptökum.

Hraun hermun sem sett er fram á mynd 13, sýnir niðurstöður hermunnar með kvikuústreymi  $10\text{m}^3/\text{s}$  og eru eldsupptök bundin við líklegustu svæðin sem komu fram í eldsuppkomunæmi greiningu (mynd 11). Eðlilega eru mestar líkur á hraunhulu innan gosupptakasvæða, sem sett eru fram á mynd 11. Austast á svæði sveitarfélagsins koma fram líkur á því að hraun teygi sig í átt að Afstapahrauni, allt hraun sem eiga upptök sín í Krísuvíkurkerfinu. Vesturmörk Sveitarfélagsins verða hins vegar ekki fyrir áhrifum af hraunum sem eiga upptök sín í kerfum Eldvarpa-Svartsengis (mynd 12).

Samantekt um hættusvæði vegna hraunflæðis.

Ef litið er til hættusvæða sem myndast við greiningu út frá aðal eldsuppkomu svæðum, sem koma fram við eldsuppkomunæmis greiningu, er ljóst að Sveitarfélaginu Vogum stafar lítil hætta af hraunflæði. Ef til eldgoss kemur, sem er af sömu stærðargráðu og eldgosíð í Fagradalsfjalli 2021, eru aðeins syðstu mörk Sveitarfélagsins viðkvæm fyrir hraunflæði. Á þeim svæðum eru ekki neinir innviðir sem stafar hætta af hraunflæði.





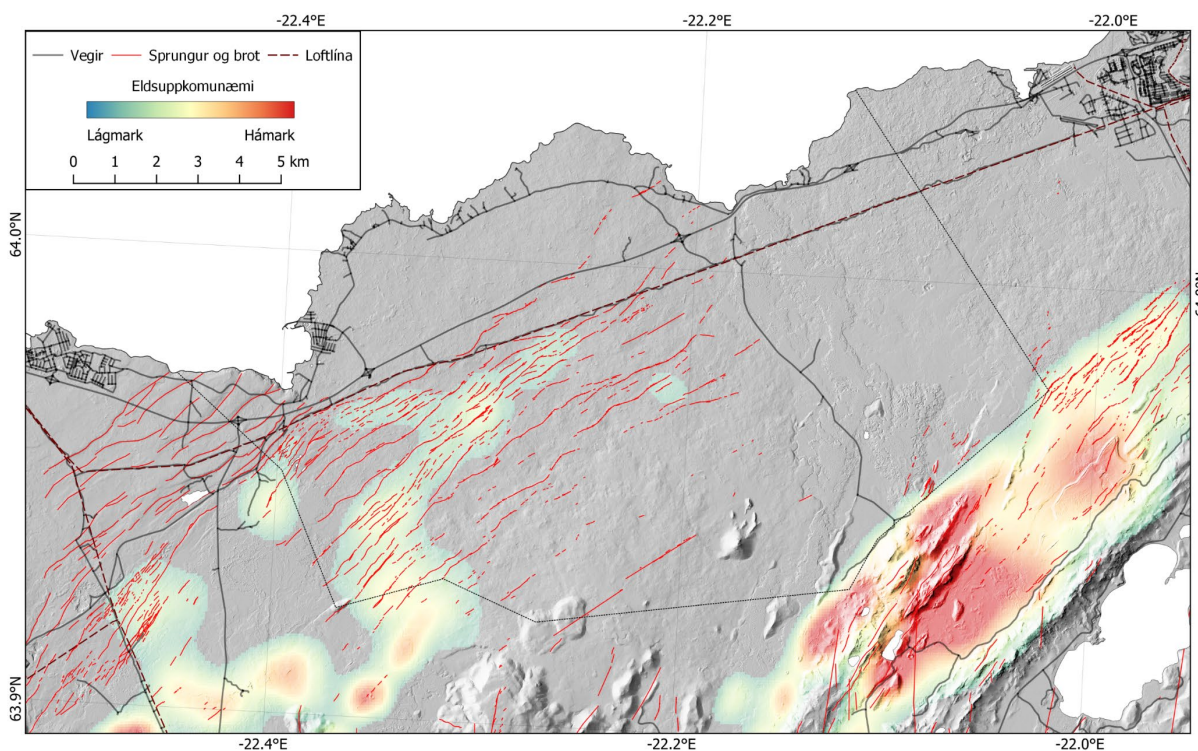
Hins vegar sé litið til meðalstórs íslensks sprungugoss með rúmstreymi að 300 m<sup>3</sup>/s stækkar hættusvæðið. Enn eru það syðstu hlutar Sveitarfélagsins sem eru útsettir fyrir hraunflæði. Hrauntaumar geta runnið til sjávar beggja vegna Afstapahrauns. Á þeirri leið er Reykjanesbraut og núverandi rafmagnslína er færir orku til Suðurnesja. Aðal þéttbýlissvæði Voga stendur ekki ógn af hraunstraumum er eiga uppruna sinn frá þessum svæðum.

Mikilvægt er að hafa í huga þegar svona greining er skoðuð að litirnir í kortunum tákna hvert hraun vilja helst fara. Þannig eru litir frá bláu í rautt helstu hættusvæði, en lillaðir litir tákna mun ólíklegri leiðir hrauna. Ennfremur skal hafa í huga að þegar svona greining er gerð þá tókum við saman niðurstöður nokkurra þúsunda eldgosa er eiga upptök sín á mismunandi svæðum innan eldsuppkomunæmis svæðanna. Þegar til eldgoss kemur er staðsetning gossprungunnar nákvæmlega þekkt og þá dregst áhrifasvæðið saman til muna.



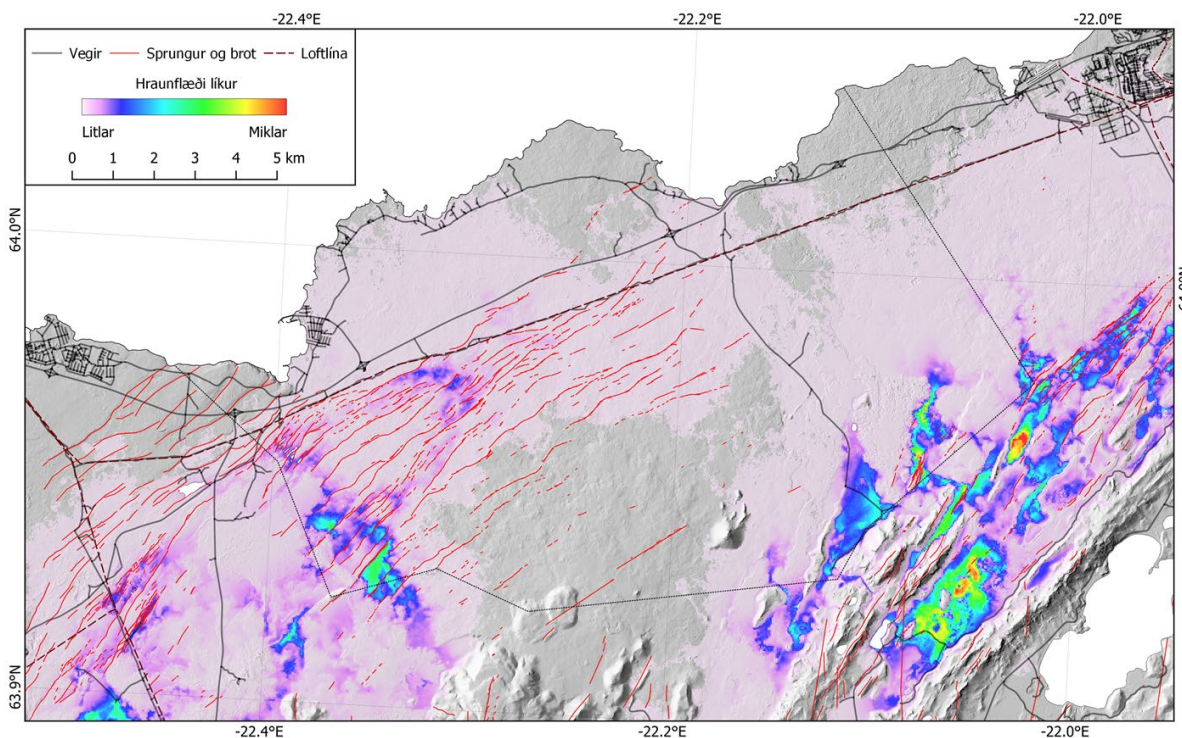
## Hraunflæðigreining, eldsuppkomunæmi $>1 \times 10^{-5}$

Við seinni hraunhermi keyrslu er notast við þau svæði sem koma fram í eldsuppkomunæmi greiningu og ákvarðast af líkinda gildum sem eru  $>1 \times 10^{-5}$ . Þannig drögum við fram stærra svæði sem mögulega kemur til með að hýsa gossprungur eða gíga í framtíðar eldsumbrotum (mynd 14).



Mynd 14: Eldsuppkomunæmi innan Sveitarfélagsins Voga. Hér er dregin út þau svæði sem afmarkast af gildinu  $1 \times 10^{-5}$ . Við hraunflæði líkinda reikninga tókum við bara tillit til þeirra svæða er komast yfir 90% þröskuld í eldsuppkomunæmi. Þau svæði er notuð voru við hraungosa hermun eru því ekki eins víðfeðm og á mynd 4. Innan þessara svæða er látið gjósa í reglulegu reitakerfi með 500 metra á milli gosopa (404 gígar). Hvert gosop er látið gjósa 1500 sinnum (606 þúsund eldgos). Við vægireikninga hrauna og mat á endanlegri útkomu fá gígopin gildi í samræmi við eldsuppkomunæmið.

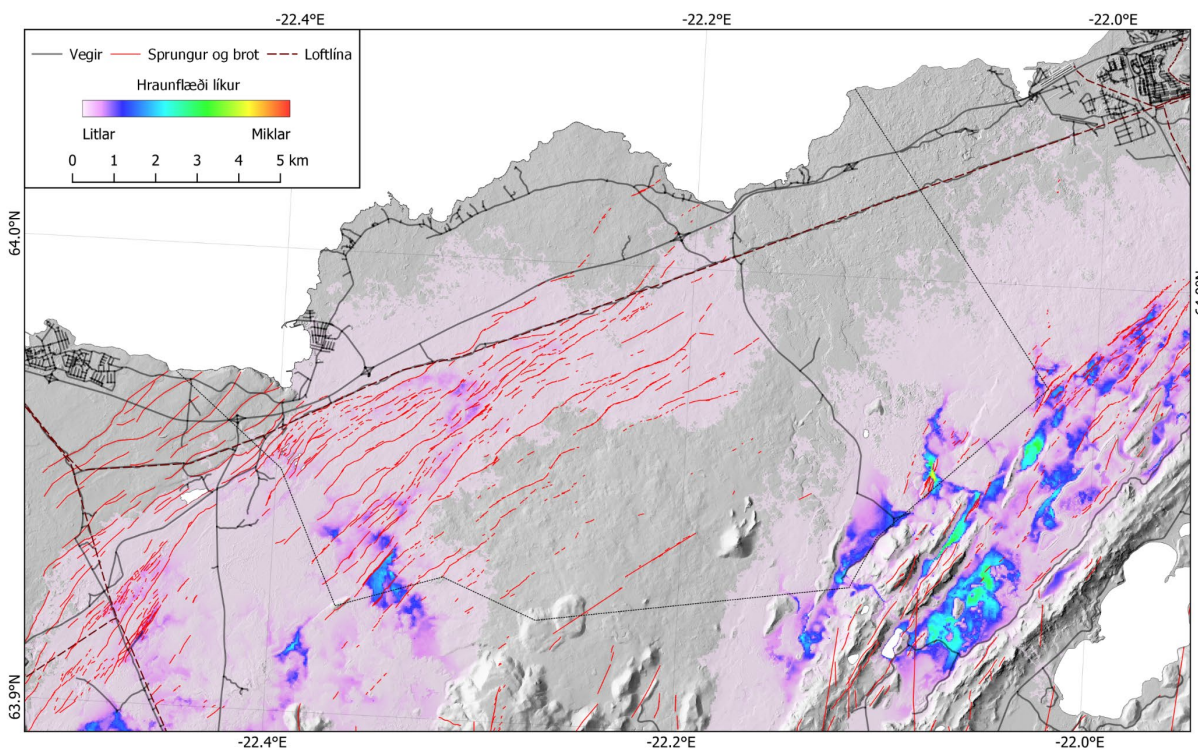
Þegar litið er til lægri stuðulsins eldgosanæmis greiningar stækkar það svæði sem mögulega getur hýst gossprungur og gíga (mynd 14). Enn eru öll möguleg svæði sunnan Reykjanesbrautar og bundin við eldgoskerfi Eldvarpa-Svartsengis, Krísuvíkur auk Sundhnúks. Fyrst skoðum við tilvikið þar sem eldgos eru meðal stór á íslenskan máta, eða um  $300 \text{ m}^3/\text{s}$  (mynd 15).



Mynd 15: Niðurstöður hraunhermunar út frá gígaopum staðsettum innan svæða sem sýnd eru á mynd 14. Við hraunhermun er rúmstreymi kviku  $300\text{m}^3/\text{s}$ . Hraunhermun stoppar þegar hraun er orðið of kalt til að renna, eða það kemst ekki áfram sökum landslags. Hraunhermun dregur fram helstu leiðir sem hraun gætu runnið frá upptökum.

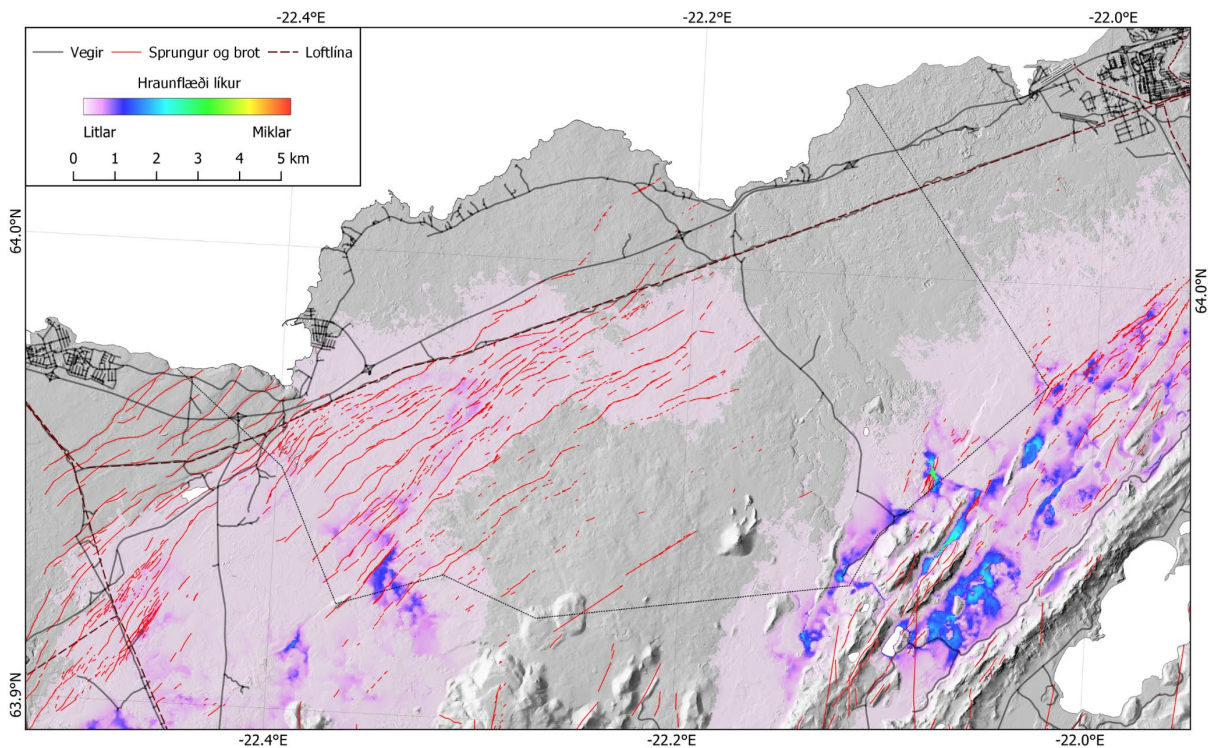
Í samanburði við hraun hermun sem sett er fram á 12 mynd, hefur áhrifasvæði hraun aukist mikið. Eðlilega eru mestar líkur á hraunhulu innan gosupptakasvæða, sem sett eru fram á mynd 14. En hér er mikilvægt að líta eftir hvert hraunhulan teygir sig út fyrir þau svæði. Austast á svæði sveitafélagsins koma fram líkur á því að hraun teygir sig í átt að Afstapahrauni og geti þannig náð til sjávar. Allt hraun sem eiga upptök sín í Krísuvíkurerfinu. Vestur mörk Sveitarfélagsins verða hins vegar fyrir mestum áhrifum af hraunum sem eiga upptök sín í kerfum Eldvarpa-Svartsengis og Sundhnúks. Hraunstraumar þaðan teygja sig í átt að Reiðskarði og austur út Strandarheiði. Sigdalur Eldvarpa-Svartsengis er einnig líklegur til að geta tekið við töluverðu magni hrauns. Í þessari hermun kemur fram að hraun mögulega kæmst norður fyrir Reykjanesbraut. Hins vegar eru líkur á því frekar litlar að undanskildum svæðunum við Reiðskarð, Kúagerði og miðbik Reykjanesbrautar nærri Fornaseli (mynd 15).





Mynd 16: Niðurstöður hraunhermunar út frá gígaopum staðsettum innan svæða sem sýnd eru á mynd 14. Við hraunhermun er rúmstreymi kviku  $100\text{m}^3/\text{s}$ . Hraunhermun stoppar þegar hraun er orðið of kalt til að renna, eða það kemst ekki áfram sökum landslags. Hraunhermun dregur fram helstu leiðir sem hraun gætu runnið frá upptökum.

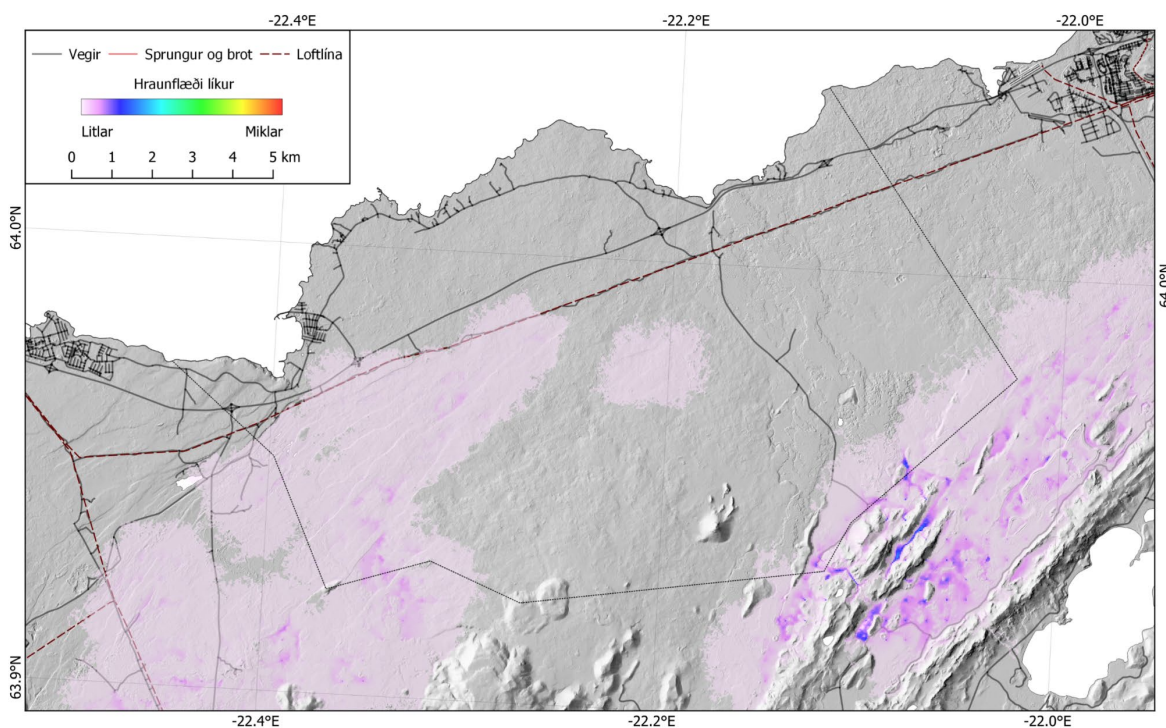
Í samanburði við hraun hermun sem sett er fram á 15 mynd, hefur áhrifasvæði hrauna dregist saman, þar sem við notumst nú við uppstreymið  $100\text{m}^3/\text{s}$ . Eðlilega eru mestar líkur á hraunhulu innan gosupptakasvæða, sem sett eru fram á mynd 14. Á mynd 16 kemur fram að hraunhulan er fyrst og fremst í sigdalnum norðan við Reykjanesbraut. Austast á svæði sveitafélagsins koma fram líkur á því að hraun teygji sig í átt að Afstapahrauni og geti þannig náð til sjávar. Allt hraun sem eiga upptök sín í Eldvarpa-Svartsengis kerfinu. Hraun frá Krísuvíkurkerfinu ná hinsvegar ekki lengur til sjávar nema í Hafnarfirði við Straumsvík. Vestur mörk Sveitarfélagsins, eins og í  $300\text{m}^3/\text{s}$  hermun, fyrir mestum áhrifum af hraunum sem eiga upptök sín í kerfum Eldvarpa-Svartsengis og Sundhnúks. Hraunstraumar þaðan teygja sig í átt að Reiðskarði og austur út Strandarheiði. Sigdalur Eldvarpa-Svartsengis er einnig líklegur til að geta tekið við töluverðu magni hrauns. Í þessari hermun kemur fram að hraun mögulega kæmst norður fyrir Reykjanesbraut. Hins vegar eru líkur á því frekar litlar að undanskildum svæðunum við Reiðskarð og Kúagerði (mynd 16).



Mynd 17 : Niðurstöður hraunhermunar út frá gígaopum staðsettum innan svæða sem sýnd eru á mynd 14. Við hraunhermun er rúmstreymi kviku  $50\text{m}^3/\text{s}$ . Hraunhermun stoppar þegar hraun er orðið of kalt til að renna, eða það kemst ekki áfram sökum landslags. Hraunhermun dregur fram helstu leiðir sem hraun gætu runnið frá upptökum.

Í samanburði við hraun hermun sem sett er fram á 16 mynd, hefur áhrifasvæði hrauna enn dregist saman, þar sem við notumst nú við uppstreymið  $50\text{m}^3/\text{s}$ . Eðlilega eru mestar líkur á hraunhulu innan gosupptakasvæða, sem sett eru fram á mynd 14. Á mynd 17 kemur fram að hraunhulan er fyrst og fremst í sigdalnum norðan við Reykjanesbraut. Austast á svæði sveitarfélagsins koma fram líkur á því að hraun teygji sig í átt að Afstapahrauni og geti þannig náð til sjávar, en úr þeim líkum dregur miðað við myndir 16 og 15. Allt hraun sem eiga upptök sín í Eldvarpa-Svartsengis kerfinu. Hraun frá Krísuvíkurkerfinu ná hinsvegar aðeins inn á suðurmörk Sveitarfélagsins, en gefa enn vísbendingu um að hraunstraumar gætu farið niður með Afstapahrauni. Vestur mörk Sveitarfélagsins verða fyrir mestum áhrifum af hraunum sem eiga upptök sín í kerfum Eldvarpa-Svartsengis og Sundhnúks. Hraunstraumar þaðan teygja sig í átt að Reiðskarði og austur út Strandarheiði. Sigdalur Eldvarpa-Svartsengis er einnig líklegur til að geta tekið við töluverðu magni hrauns. Í þessari hermun kemur fram að hraun mögulega kæmst norður fyrir Reykjanesbraut. Hins vegar eru líkur á því frekar litlar að undanskildum svæðunum við Reiðskarð (mynd 17).





Mynd 18: Niðurstöður hraunhermunar út frá gigaopum staðsettum innan svæða sem sýnd eru á mynd 16. Við hraunhermun er rúmstreymi kviku  $10\text{m}^3/\text{s}$ . Hraunhermun stoppar þegar hraun er orðið of kalt til að renna, eða það kemst ekki áfram sökum landslags. Hraunhermun dregur fram helstu leiðir sem hraun gætu runnið frá upptökum.

Nú skulum við skoða hver möguleg áhrifasvæði væru ef eldgos á þessum slóðum yrði svipað því og átti sér stað við Fagradalsfjall 2021. Slík eldgos eru smá og í lægri afl kantinum á því sem við þekkjum fyrir Ísland. Meðal útstreymi kviku var um  $10\text{m}^3/\text{s}$ . Við beitum sömu aðferð og áður og byggjum staðsetningu eldsuppkomu á mynd 14. Niðurstaða þessarar greiningar er töluvert frábrugðin þeirri niðurstöðu sem sett er fram á myndum 15-17. Áhrifasvæði hrauna er mun umfangsminna en áður.

Í suðaustur hluta Sveitarfélagsins geta hraun frá Krísuvíkurgerfinu náð inn fyrir Sveitarfélagsmörk, en svæðið er óbyggt og því lítil hættu. Hins vegar mótast fyrir hraun elfum hér sem báðar teygja sig í átt niður til sjávar sín hvoru megin við Afstapahraun.

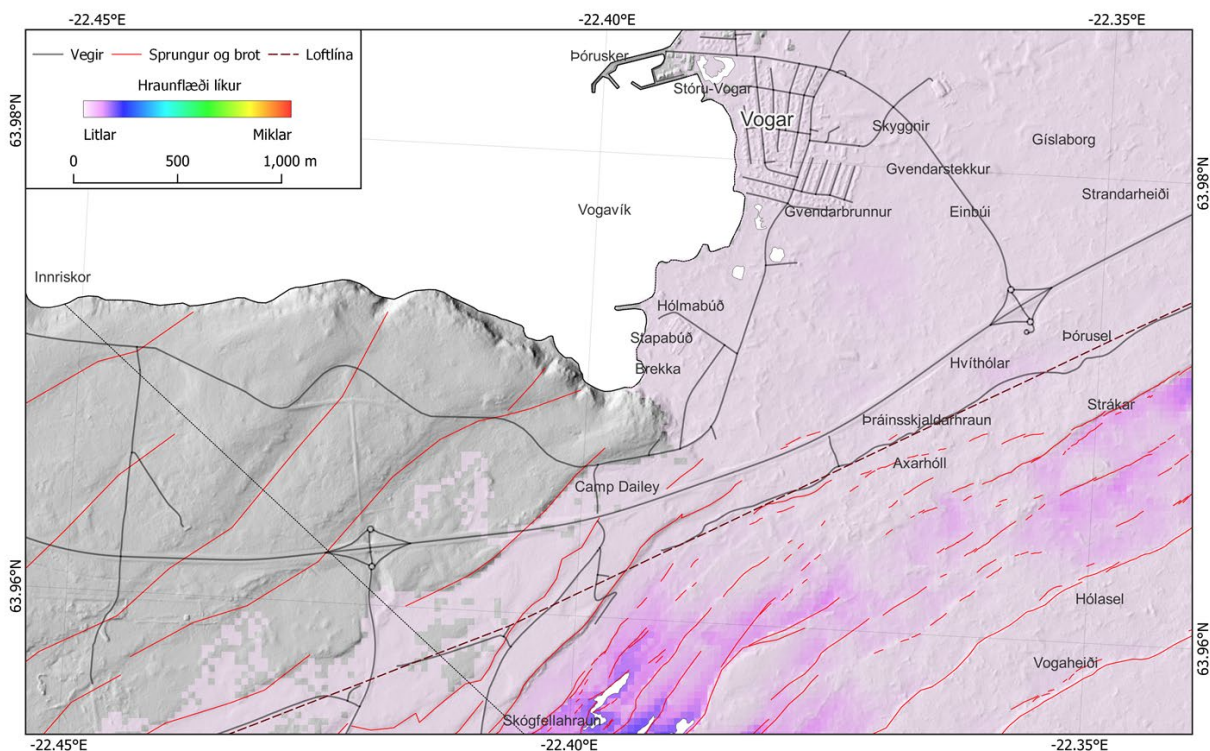
Í vesturhluta Sveitarfélagsins gætir áhrifa frá eldgosum er eiga upptök sín í Eldvarpa-Svartsengis kerfinu og Sundhnúks kerfinu. Greiningin gerir ráð fyrir að einungis kæmst hraun norður fyrir Reykjanesbraut við Reiðskarð. Að öðru leyti eru það svæði Vogaheiðar og Strandarheiðar sem gætu orðið fyrir hraunrennsli, allt óbyggt svæði. Sé litið nánar til innviða innan Sveitarfélagsins kemur í ljós að það er helst rafmagnslína til Suðurnesja sem getur orðið fyrir áhrifum af hraunflæði. Reykjanesbraut er einnig útsett fyrir hraunflæði frá afleggjara til Voga og að Reiðskarði.



Mikilvægt er að hafa í huga þegar svona greining er skoðuð að litirnir í kortunum tákna hvert hraun vilja helst fara. Þannig eru litir frá bláu í rautt helstu hættusvæði, en lillaðir litir tákna mun ólíklegri leiðir hrauna. Enn fremur skal hafa í huga að þegar svona greining er gerð þá tókum við saman niðurstöður nokkurra þúsunda eldgosa er eiga upptök sín á mismunandi svæðum innan eldsuppkomunæmis svæðanna. Þegar til eldgoss kemur er staðsetning gossprungunnar nákvæmlega þekkt og þá dregst áhrifsvæðið saman til muna.

Samantekt á helstu áhrifsvæðum í byggð.

Í þessum kafla skulum við skoða nánar niðurstöður hermunar innan virkra innviða og byggðar í Sveitarfélaginu Vogum. Til að átta okkur betur á aðstæðum stækkum við upp svæðið við Reiðskörð og þéttbýlið Voga (mynd 19) og svo aftur svæðið við Vatnsleysuvík og Kúagerði (mynd 20).

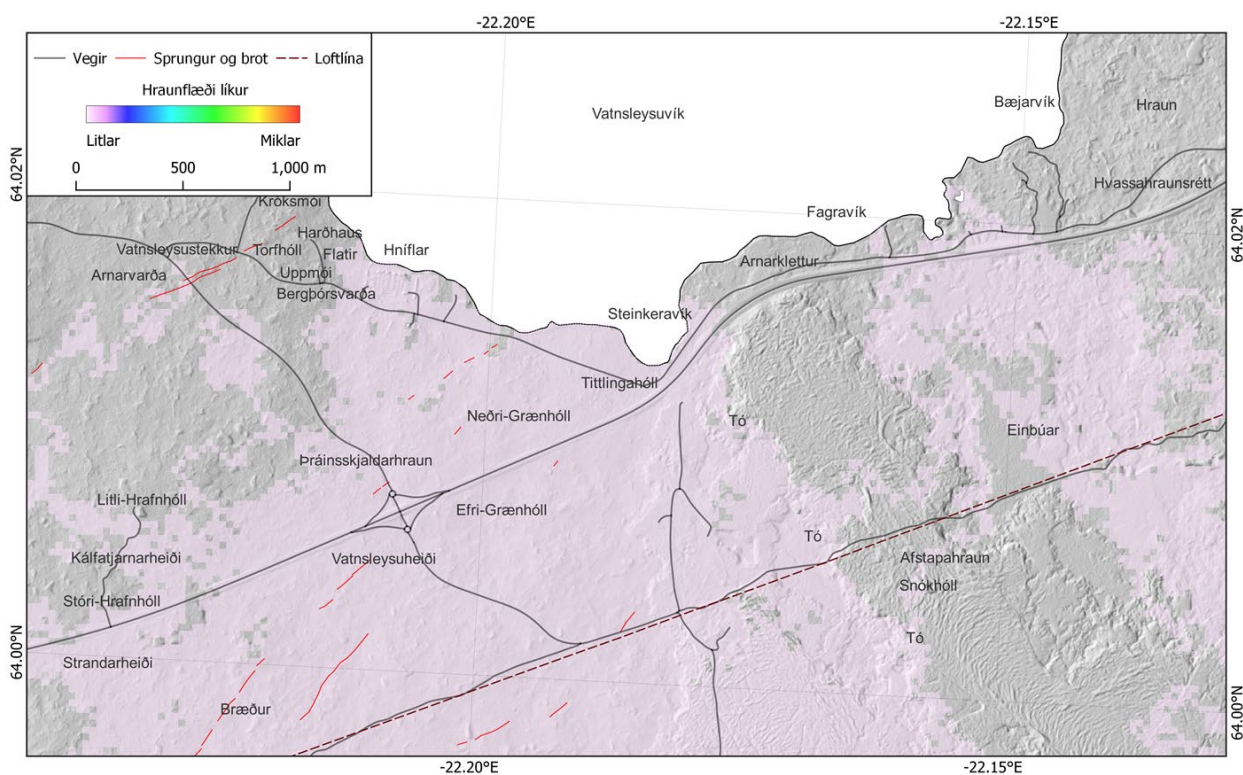


Mynd 19: Nærmynd af svæðinu við Reiðskarð og þéttbýliskjarnanum Vogar. Niðurstöður hraunhermunar út frá gigaopum staðsettum innan svæða sem sýnd eru á mynd 13. Við hraunhermun er rúmstreymi kviku  $300\text{m}^3/\text{s}$ . Hraunhermun stoppar þegar hraun er orðið of kalt til að renna, eða það kemst ekki áfram sökum landslags. Hraunhermun dregur fram helstu leiðir sem hraun gætu runnið frá upptökum.

Í þeim hermunum sem hér eru keyrðar kemur fram að einungis ef við notum viðmiðunarstuðulinn  $1 \times 10^{-5}$  út frá eldsuppkomunæmis greiningu eru líkur á því að byggðu bóli og virkum innviðum



innan vestanverðs Sveitarfélagsins geti verið ógnað (mynd 19). Fram kemur í báðum greiningum, þ.e. hraunstreymi á gígasvæði er  $10\text{m}^3/\text{s}$  annarsvegar og  $300\text{m}^3/\text{s}$  hins vegar. Í báðum tilvikum rennur hraun innan sigdalsins norðan Reykjanesbrautar og niður til sjávar um vegtengingu við Voga og Reiðskörð. Mest er hættan sunnan Reykjanesbrautar. En líkur eru á að hraun gæti farið norður fyrir hana. Svæðið norðan við sem er líklegast til að verða fyrir áhrifum hrauna er að mestu óbyggt (mynd 19). Reykjanesbraut og rafmagnslínu á þessu svæði er ógnað af hraunrennsli sem og af mögulegum hreyfingum um sprungur og misgengi.



Mynd 20. Nærmynd af svæðinu við Vatnsleysuvík. Niðurstöður hraunhermunar út frá gígaopum staðsettum innan svæða sem sýnd eru á mynd 13. Við hraunhermun er rúmstreymi kviku  $300\text{m}^3/\text{s}$ . Hraunhermun stoppar þegar hraun er orðið of kalt til að renna, eða það kemst ekki áfram sökum landslags. Hraunhermun dregur fram helstu leiðir sem hraun gætu runnið frá upptökum.

Á svæðinu við Vatnsleysuvík, Kúagerði og Fögruvík kemur fram annað hættusvæði innan Sveitarfélagsins sem er með virka innviði. Af fjórum hermi-uppsetningum skila þrjár þeirra hraunum inn á þetta svæði. Báðar keyrslur er miða við eldsuppkomunæmi stuðul  $1 \times 10^{-5}$  og kviku streymi,  $10\text{m}^3/\text{s}$  og  $300\text{m}^3/\text{s}$  sýna að hraun hafa tilhneigingu til að renna inn á þetta svæði (mynd 15 og 18). Aðeins hermi keyrsla með  $300\text{m}^3/\text{s}$  og eldsuppkomunæmi stuðli  $6 \times 10^{-5}$  skilar hraunum niður á þetta svæði (mynd 12). Helstu virku innviðir á þessu svæði í dag eru Reykjanesbraut og rafmagnslína er flytur orku til Suðurnesja. Báðum þessum innviðum stafar ógn af hraunrennsli.



Byggð á svæðinu er á Minni Vatnsleysu og Stóru Vatnsleysu en byggðin er innan hættusvæðisins. Sprungur og misgengi á svæðinu ná ekki inn í Afstapahraun. Aldur hraunsins er ekki fyllilega skýr. Jón Jónsson (1983) telur hraunið frá 14 öld en Kristján Sæmundsson og Magnús Á Sigurgeirsson (2016) telja það aftur vera um 2000 ára. Aldur Afstapahrauns gefur þannig til kynna hvenær síðustu sprungu myndanir áttu sér stað á svæðinu.

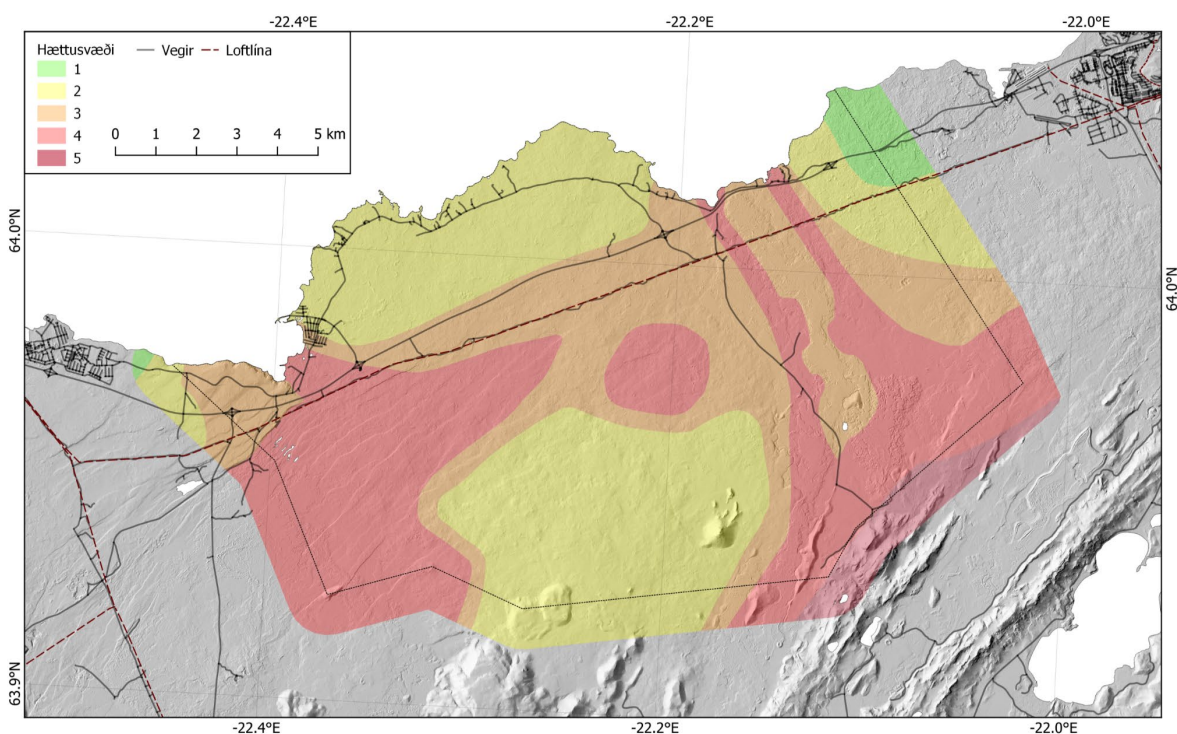
Ef tekið er tillit til núverandi innviða verða þessi svæði að teljast áhættusömustu svæðin innan Sveitarfélagsins Voga.





## Flokkun hættusvæða innan Sveitarfélagsins Voga.

Að lokinni þessari greiningu getum við skipt Sveitarfélaginu upp í mismunandi svæði að teknu tilliti til þeirrar hættu greiningar er hér hefur verið gerð. Við hættumatsgreiningu er ekki lagt mat á innviði og er hún því ekki mat á mögulegu eignartjóni á innviðum, þ.e. ekki áhættumat. Svæðaskiptingin tekur þó tillit til þess hvort mikilvægir innviðir eru á svæðinu sem og þeim möguleikum sem fram koma við þessa greiningu og draga mið af því hversu líklegt er að hraun renni inn á svæðið og hversu líklegt sé að hreyfingar verði um sprungur og misgengi.



Mynd 21: Kort með tillögum að hættuskiptingu innan Sveitarfélagsins Voga.

Á mynd 21 er sett fram svæðaskipting Sveitarfélagsins miðað við þá hættu sem greind hefur verið út frá sprunguvirkni og hraunflæði. Hættusvæðum er skipt upp í fimm mismunandi svæði. **Svæði 1** (græn svæði) eru ekki hættusvæði. Hér eru ekki líkur á að hraun flæði inn á landsvæðið. Það eru ekki ummerki eldsumbrota á svæðinu. Svæðið er ekki undan halla frá hraunasvæðum og svæðið kemur ekki fram í eldsuppkomunæmi greiningu. **Svæði 2** (gul svæði) eru svæði í lágmarks hættu. Líkur á hraunflæði á svæðinu eru í lágmarki. Það eru engin ummerki gíga eða gossprungna

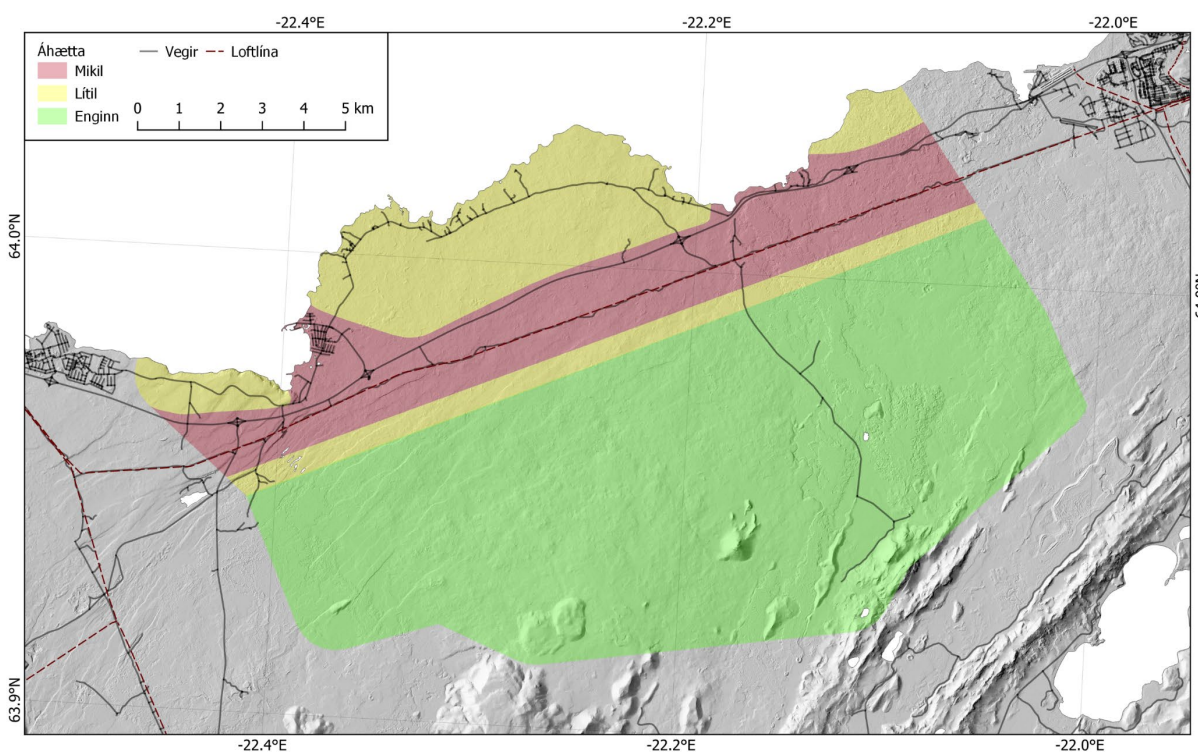


á svæðinu. Svæðið getur verið byggt. Svæðið er undan halla frá mögulegum hraunflæðisvæðum. Svæðið er jaðarsvæði við meiri hættusvæði. **Svæði 3** (appelsínugul svæði). Svæðið er undan halla frá mögulegum hraun flæði svæðum. Svæðið getur verið í byggð og innan svæðisins geta verið mikilvægir innviðir. Svæðið er jaðarsvæði við hærra hættusvæði. **Svæði 4** (rauð svæði). Svæðið er jaðarsvæði við há-hættusvæði. Innan svæðisins eru gígar og gossprungur. Svæðið er innan mögulegra áhrifasvæða hrauna. **Svæði 5** (dimm rautt svæði). Svæðið er há-hættusvæði. Innan svæðis eru gígar og gossprungur. Svæðið er mjög líklegt til að fara undir hraun í næstu umbrotum. Svæðið greinist með hámarks eldsuppkomunæmi.



## Áhættusvæði innan Sveitarfélagsins Vogum.

Að lokinni hættu greiningu skoðum við legu innviða innan Sveitarfélagsins. Með því að meta saman innviði og hættu á svæðinu er hægt að draga upp helstu áhættusvæði innan Sveitarfélags marka. Við áhættumatsgreiningu er lagt mat á innviði og þannig er hægt að gera sér grein fyrir því mögulega tjóni er getur orðið af völdum eldgosa á svæðinu. Svæðaskiptingin tekur tillit til þess hvaða innviðir eru á svæðinu, eru þeir þjóðhagslega mikilvægir eða eingöngu bundnir við hagsmuni Sveitarfélagsins?



Mynd 22 Áhættukort af Sveitarfélaginu Vogum. Þegar áhætta er metin, er tekið tillit til þeirra innviða sem á greiningarsvæðinu eru. Innan Sveitarfélagsins eru mikilvægir innviðir eins og raflínur, vegir, iðnaður og íbúðarbyggðir. Áhættukort er því frábrugðið hættukorti.

Áhættu kortið sem sett er fram á mynd 22 sýnir að aðal áhættusvæðið markast við núverandi Suðurnesja línu og Reykjanesbraut. Þegar nær dregur Vogum fer áhættusvæðið frá Reykjanesbraut til norðurs yfir þéttbýlið og þau mannvirki sem þar eru. Í samanburði við mynd 21, þar sem aðal hættusvæðið markast við sinn hvorn endann á Reykjanesbraut, nær til sjávar í Vatnsleysuvík og Vogavík. Hraunaútbreiðslugreining sýnir að í öllum tilvikum eldgosa, takmörkuð við  $1 \times 10^{-5}$  greiningarstuðul, getur hraun komist norður fyrir Reykjanesbraut við Vogavík (myndir 15-18). Aðeins eldgos í stærðarflokki 100 til 300  $m^3/s$  geta skilað hrauni niður í Vatnsleysuvík.



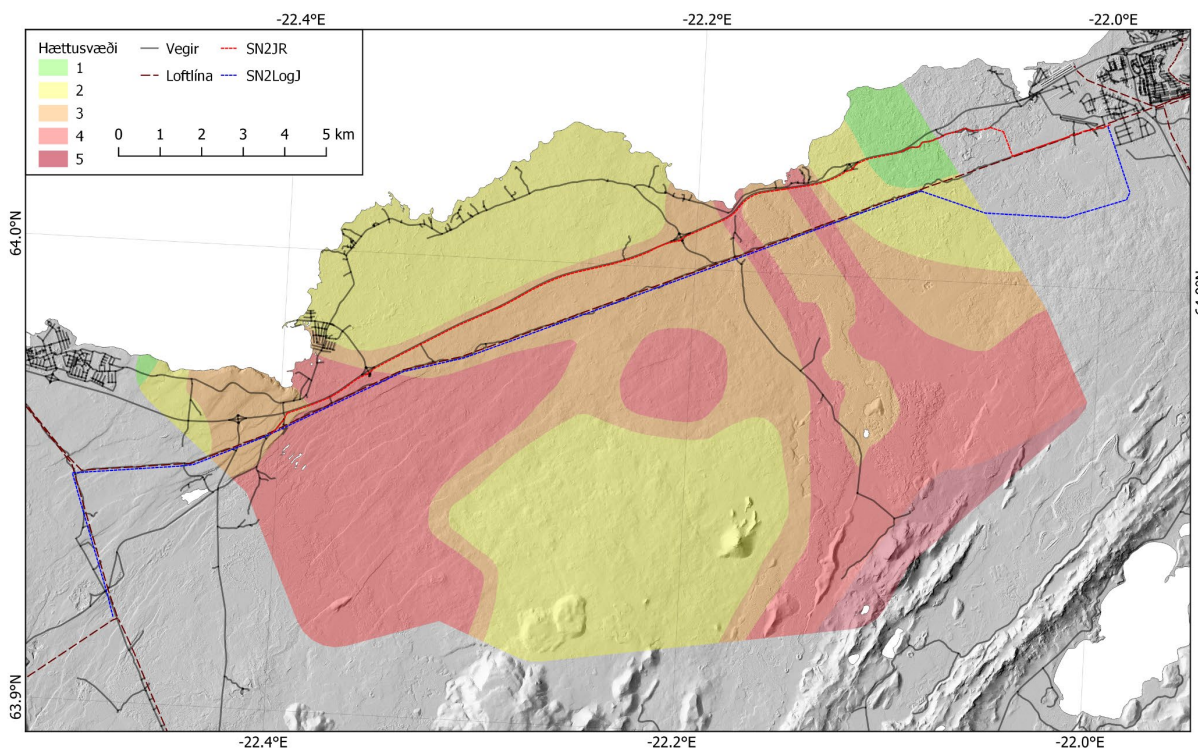
Sigdalurinn á Strandaheiði, sem er framhald af sprungusveim Eldvarpa-Svartsengis, kemur jafnframt til með að stýra hraunrennsli og safna í sig hrauni. Sigdalurinn er sunnan Reykjanesbrautar en Suðurnesjalína 1 liggur meir og minna í þessum sigdal sem tvöfaldar í raun áhættuna á að hún geti orðið fyrir neikvæðum áhrifum af hraunrennsli. Reykjanesbrautin sjálf liggur á nyrðri brún sigdalsins sem dregur úr áhættu á að hún verði fyrir áhrifum af hraunrennsli nema í stærri eldgosum. Eldvörpin sem hér eru að hafa áhrif eru þau er koma fram á mynd 14 og eru í sigdalnum sjálfum. Aðeins stærri eldgos í Krísuvíkurkerfinu geta haft áhrif á Reykjanesbraut við Vatnsleysuvík, það er í sjálfum sér áhyggjuefni þar sem þau eiga uppruna sinn á líklegustu svæðunum sem koma fram í eldsuppkomunæmis greiningu og því líklegasta útkoman ef eldgos tekur sig upp á því svæði (mynd 12 og 15). Áhættukortið dregur fram veiku hlekkina innan rannsóknarsvæðisins. Kortið sýnir jafnframt hvert menn þurfa að beina sjónum sínum komi til eldsumbrota á svæðinu og hjálpar við ákvarðanatökur er lúta að vörnum og viðbragði.





## Suðurnesja lína 2

Ný raflína til Suðurnesja hefur verið í umræðu undanfarin ár. Hér ætlum við að líta á hvaða hættu steðjar að slíkum framkvæmdum miðað við þessa greiningu og hvar væru ákjósanleg lágmarks hættu svæði til að leggja svo mikilvæga innvið. Eldgos í Fagradalsfjalli er ótvíræð vísbending um að Reykjanesið hefur hafið sitt annað eldgosaskeið á sögulegum tíma og því hættu af eldgosum og hraunum raunhæf í náninni framtíð.

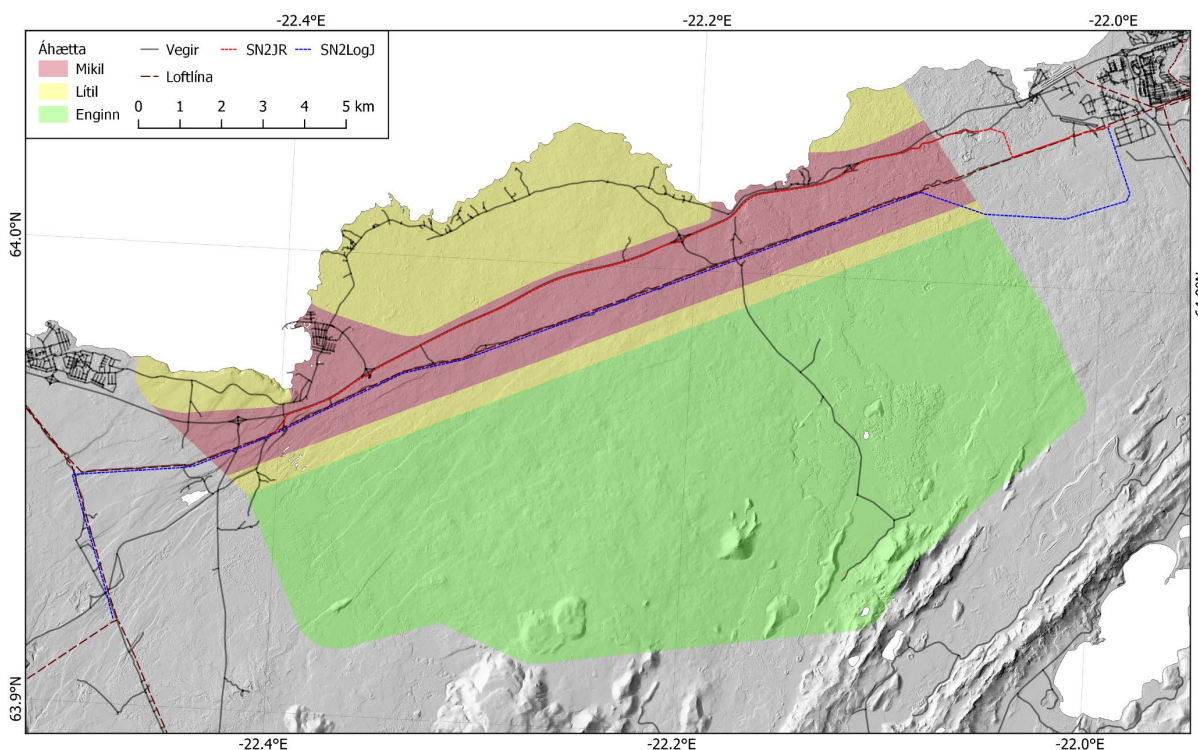


Mynd 23 Hættu kort af Sveitafélaginu Vogar. Á kortið hafa verið dregnar inn línur af fyrirhuguðum línustæðum fyrir Suðurnesja línu 2. Rauðlína, jarðstrengur með Reykjanesbraut og blá lína loftlína eða jarðstrengur með núverandi línu.

Í þessari greiningu kemur fram að Suðurnesja lína 1 liggur eftir sigdalnum sunnan Reykjanesbrautar. Jafnframt sýnir þessi greining að línan liggur á áhættumesta svæðinu innan Sveitarfélagsins. Reykjanesbraut liggur í jaðri svæðisins. Reykjanesbraut ætti að vera hægt að verja að einhverju leyti ef til eldsumbrota kemur á svæðinu. Hinsvegar er Suðurnesjalína 1 inni á miðju svæðinu og því mun erfiðara að verja hana. Á mynd 23 eru settar inn megin hugyndir um línustæði Suðurnesja línu 2. Í grófum dráttum eru hugmyndirnar tvær, með Reykjanesbraut og eftir núverandi línustæði Suðurnesjalínu 1 (<https://sn2.landsnet.is/sudurnesjalina/kortasja/>). Ef fylgt er núverandi línustæði verða báðar línur í sama áhættuflokk, hvort sem línan er í jörð eða á yfirborði. Það þýðir að komi til eldsumbrota á svæðinu eru báðar línur farnar. Hinsvegar, sé línan



lögð norðan Reykjanesbrautar er hún komin á svæði með lægra hættumati. Ennfremur má benda á að með því að hafa línurnar á sitt hvoru staðnum innan hættusvæðanna, lækki líkur á því að þær fari báðar undir hraun í sama eldgosu. Viðkvæmstu svæði framtíðar línu eru í Vatnsleysuvík og við Reiðskarð (mynd 23).



Mynd 24 Áhættukort af Sveitafélaginu Vogum. Á kortið hafa verið dregnar inn línur af fyrirhuguðum línustæðum fyrir Suðurnesja línu 2. Rauð lína: jarðstrengur með Reykjanesbraut. Blá lína: loftlína eða jarðstrengur með núverandi línu.

Ef við skoðum jarðstreng eða loftlínu er ljóst að jarðstrengur í jaðri áhættusvæðis, eins og sýnt er á mynd 24 er mun betur settur en eftir núverandi línustæði. Vissulega eru viðkvæm svæði frá Hrafnagjá og austur fyrir Afstapahraun og aftur í Reiðskarði og upp Bjalla misgengin í vestri. Þar ógnar bæði hraun og sprunguhreyfingar. Því er líklega ákjósanlegast að línan sé blanda af jarðstreng og loftlínu eins og sett hefur verið fram sem möguleiki í uppsetningu á línu í matsskýrslu Landsnets (<https://sn2.landsnet.is/sudurnesjalina/umhverfi/skyrslur/>). Hinsvegar, sé vilji til þess að línan sé á öruggu svæði hvað varðar eldsumbrot, er sæstrengur líklega besti kostur, en þá þarf að skoða botninn í Vatnsleysuvík því ekki er vitað hversu langt út í sjó Hrafnagjá, og sprungur henni tengdar, ná.



## Niðurstöður:

Hér eru teknar saman helstu niðurstöður hættumatsins út frá þeirri greiningu sem er kynnt hér að framan. Hér skoðum við matið út frá staðsetningu Sveitarfélagsins á Reykjanesi. Greining á staðsetningu líklegra eldsupptaka, höggun og hraunflæði eru lykillinn að skilning á þeim hættum sem að Sveitarfélaginu stafa. Mikilvægt er að hafa í huga að árið 2021 hófst eldgos í Fagradalsfjalli og markar það upphaf nýrrar eldsumbrotahrinu á Reykjanesi. Slíkar hrinur standa yfir í nokkrar aldir með fjölda eldgosa. Vá af eldsumbrotum á Reykjanesi er því staðreynd er verður að taka tillit til við skipulag og hönnun mikilvægra innviða og allt mat á vörnum.

Sveitarfélagið Vogar

**Eldsupptök:** Líklegustu svæði eldsupptaka liggja utan Sveitarfélagsins. Um mitt Sveitarfélagið, á Vogaheiði, Strandarheiði og Vatnsleysuheiði er möguleiki á að gossprungur og gígar myndist á yfirborði. Engir mikilvægir innviðir eru innan mögulegra eldsupptakasvæða að undanskilinni Suðurnesja línu 1, er liggur eftir þessu svæði.

**Höggun:** Þéttur sprungusveimur liggur um mitt Sveitarfélagið. Þéttastur er hann við Reiðskarð, á Vogaheiði og Strandarheiði. Sprungusveimurinn sker Reykjanesbraut við Reiðskarð og aftur af Hrafnagjá í austri. Suðurnesja lína 1 liggur eftir sprungusveimnum og er því á miklu áhættusvæði, sérstaklega í ljósi þess að eldsumbrotahrina er hafin á Reykjanesi.

**Hraunflæði:** Mestar líkur eru á að hraunstreymi afmarkist sunnan Reykjanesbrautar í sigdal Eldvarpa-Svartsengis kerfisins. Hlutfallslega miklar líkur eru á að hraun geti runnið til sjávar í Vogavík og Vatnsleysuvík. Mikilvægum innviðum eins og Reykjanesbraut og Suðurnesjalínu 1, til Suðurnesja, stendur ógn af hraunrennsli og höggun á þessum svæðum. Hins vegar er staðsetning Reykjanesbrautar í norður jaðri til bóta og því litlar líkur á að þessi innviður verði gjör eyddur. Jafnframt er staðsetning brautarinnar þannig að hana ætti að vera hægt að verja að stórum hluta. Suðurnesja lína 1 er staðsett á mjög erfiðu svæði innan sigdals Eldvarpa-Svartsengis kerfisins. Komi til eldsumbrota er næsta víst að erfitt verður að verja línuna sökum staðsetningar hennar og afhendingar öryggi mun skerðast. Ný lína um sama svæði mun hljóta sömu örlög og Suðurnesja lína 1. Sú staðreynd að ný eldsumbrotahrina er hafin á Reykjanesi kallar á endurskoðun fyrri ætlana um staðsetningar á mikilvægum innviðum eins og Suðurnesjalínu 2. Greining sýnir að ef hraun rennur í Vogavík er ekki líkur á að hraun renni jafnframt í Vatnsleysuvík, þar sem mismundandi eldstöðvarkerfi fæða þessi svæði.



## Heimildir

- Ágúst Guðmundsson, 1987. Geometry, formation and development of tectonic fractures on the Reykjanes Peninsula, southwest Iceland. *Tectonophysics* 139, (3-4), 295-308.
- Ágúst Guðmundsson, 1986. Mechanical aspect of postglacial volcanism and tectonics of the Reykjanes Peninsula, SW Iceland. *J. Geophys. Res* 91, 12711-12721.
- Amy E. Clifton og Simon A. Kattenhorn. (2006). Structural architecture of a highly oblique divergent plate boundary segment. *Tectonophysics* 419, 27–40.
- Ásta Rut Hjartardóttir, Páll Einarsson og Sigríður G. Björgvinsdóttir. Fissure swarms and fracture systems within the Western Volcanic Zone, Iceland - effects of spreading rates (2016). *Journal of Structural Geology* 91: 39-53. doi:10.1016/j.jsg.2016.08.007
- Bartolini, S., Cappello, A., Marti, J., Del Negro, C. (2013), QVAST: a new Quantum GIS plugin for estimating volcanic susceptibility. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 13, 3031-3042*
- Bartolini, S., Sobradelo, R., and Martí, J.: ST-HASSET for volcanic hazard assessment: A Python tool for evaluating the evolution of unrest indicators, *Comput. Geosci.*, 93, 77–87, <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2016.05.002>, 2016.
- Bevilacqua, A., Bursik, M., Patra, A., Pitman, E.B., Till, R., Bevilacqua, A., Bursik, M., Patra, A., Pitman, E.B., Till, R., 2017. Statistics in Volcanology Bayesian construction of a long-term vent opening map in the Long Valley volcanic region (CA, USA). <https://doi.org/10.5038/2163-338X.3.1>
- Becerril, L., Cappello, A., Galindo, I., Neri, M., Del Negro, C., 2013. Spatial probability distribution of future volcanic eruptions at El Hierro Island (Canary Islands, Spain). *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 257. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2013.03.005>
- Cappello, A., M. Neri, V. Acocella, G. Gallo, A. Vicari, and C. Del Negro (2012), Spatial vent opening probability map of Etna volcano (Sicily, Italy), *Bull. Volcanol.*, 74, 2083–2094, doi:10.1007/s00445-012-0647-4.
- Elsa G. Vilmundardóttir. (1977). Tungnaárhraun, Jarðfræðiskýrsla OS ROD 7702, Orkustofnun, Reykjavík, 156 pp.
- Felpeo et al. (2001), Assessment and modelling of lava flow hazard on Lanzarote (Canary Islands), Nat. Hazards, 23, 247-257*
- Harris, A.J. og Rowland, S., 2001 FLOWGO: a kinematic therrmo-rheological model for lava flow in a channel. *Bulletin og Volcanology*, 63, 20-44.



- Ármann Höskuldsson, Þorvaldur Þórðarson, Þóra Björg Andrésardóttir og Muhammad Aúfaristama, 2018. Náttúruvá á framkvæmdasvæði Suðurnesjalínu 2. Samanburður valkosta. Jarðvísindastofnun, Háskóli Íslands, 42 bls. Gegnir ID 001559258.
- Ármann Höskuldsson, William Moreland, Muhammad Aúfaristama Þorvaldur Þórðarson, Þóra Björg Andrésdóttir og Ingibjörg Jónsdóttir, 2021, Náttúruvá á framkvæmdasvæði Lyklafellslínu Samanburður valkosta með tilliti til jarðhræringa. Jarðvísindastofnun, Háskóli Íslands, 59 bls. ISBN 978-9935-9300-9-5
- Joan Martí og Alicia Felpeto. (2010). Methodology for the computation of volcanic susceptibility. An example for mafic and felsic eruptions on Tenerife (Canary Islands). *J Volcanol Geotherm Res* 195: 69–77.
- Jón Jónsson, 1963. Jarðfræðikort af Reykjanesi – Geoligical map of Reykjanes. Vermir S/F. Reykjavík, 1 kortblað í mælikvarða 1:30.000
- Jón Jónsson, 1978a. Jarðfræðikort af Reykjannesskaga I. Jarðfræðileg lýsing með sérkortum og ljósmyndum. Orkustofnun OS JHD 7831, 303 bls. + 30 ljósmyndasíður.
- Jón Jónsson, 1978b. Jarðfræðikort af Reykjannesskaga II. Jarðfræðikort 22 blöð. Mælikvarði 1:25.000. Orkustofnun, OS JHD 7831, 22 kortblöð
- Kristján Sæmundsson og Magnús Á. Sigurgeirsson. Reykjannesskagi. (2013). Í Júlíus Sólnes (ritstjóri). Náttúruvá á Íslandi, eldgos og jarðskjálftar. Reykjavík: Viðurlagatryggingasjóður og Háskólaútgáfan.
- Kristján Sæmundsson, Magnús Á. Sigurgeirsson, Árni Hjartarson, Ingibjörg Kaldal, Sigurður Garðar Kristinsson og Skúli Víkingsson. (2016). Jarðfræðikort af Suðvesturlandi, 1:100 000 (2. útgáfa). Reykjavík: Íslenskar orkurannsóknir.
- Leonard R. Ingersoll, Otto J. Zobel og Alfred C. Ingersoll. (1954). Heat conduction, with engineering, geological and other application. Oxford og IBH publishing Co. 236 pp.
- Landmælingar Íslands, ÍslandsDEM, útgáfa 1, <http://atlas.lmi.is/mapview/?application=DEM>
- Martí, J., 2017. Assessing Volcanic Hazard. Oxford University Press.  
<https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780190676889.013.32>
- Páll Einarsson. (2008). Plate boundaries, rifts and transforms in Iceland. *Jökull* (58), 35- 58.
- Martí, J., Felpeto, A., 2010. Methodology for the computation of volcanic susceptibility. An example for mafic and felsic eruptions on Tenerife (Canary Islands). *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 195, 69–77.  
<https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2010.06.008>
- Mossoux S, Saey M, Bartolini S, Poppe S, Canters F, Kervyn M (2016) Q-LAVHA: A flexible GIS plugin to simulate lava flows. *Comput Geosci* 97:98–109
- Nakamura, K. 1970: En echelon features of Icelandic ground fissures. *Acta Nat. Isl.* 2: No. 8, 15 pp.





- Sara A. Fagent og Ronald Greeley. (2001). Factors influencing lava-sustrate heat transfer and implications for thrmomechanical erosion. Bull. Volcanol., 62:519-532.
- Sobradelo, R., Bartolini, S., and Marti, J.* (2014), HASSET: a probability event tree tool to evaluate future volcanic scenarios using Bayesian inference presented as a plugin for QGIS. Bull. Volcanol. 76, 770
- Silverman, B. W. (1986), Density Estimation for Statistics and Data Analysis, Chapman & Hall, London.
- Tarquini, S., Favalli, M.* (2011), Mapping and DOWNFLOW simulation of recent lava flow fields at Mount Etna, J Volcanol Geotherm Res, 204, 27-39
- Þorvaldur Þórðarsson. (2013). Hraun. ). Í Júlíus Sólnes (ritstjóri). Náttúruvá á Íslandi, eldgos og jarðskjálftar. Reykjavík: Viðurlagatryggingasjóður og Háskólaútgáfan. 2013; 105-12.
- Þorvaldur Þórðarsson og Ármann Höskuldsson. (2014). Iceland. Dunedin Academic Press, 2nd edition.
- Þorvaldur Þórðarsson og Ármann Höskuldsson. (2008). Postglacial volcanism in Iceland, Jökull (58), 197-228.
- Þorvaldur Þórðarsson og Guðrún Larsen. (2007). Volcanism in Iceland in Historical Time: Volcano types, eruption styles and eruptive history. J. Geodyn., 43, 1, 118–152.
- Þorvaldur Þórðarsson og Stephen Self. (1993). The Laki (Skaftár Fires) and Grímsvötn eruptions in 1783-85. Bull Volc, 55: 233-63.
- Þorvaldur Þórðarsson og Stephen Self. (2003). Atmospheric and environmental effects of the 1783-84 Laki eruption. J Geophys Res-Atmosphere, 108(D1), 10.1029/2001JD002042