

Minnisblað um jarðkönnun til mats á grundun húseigna á og við sprungusvæði í Grindavík

Dreifing: Náttúruhamfaratrygging Íslands (NTÍ)

Framkvæmd: Verkís, Efla og ÍSOR

Dagsetning: 19.12.25

Forsendur vinnunnar

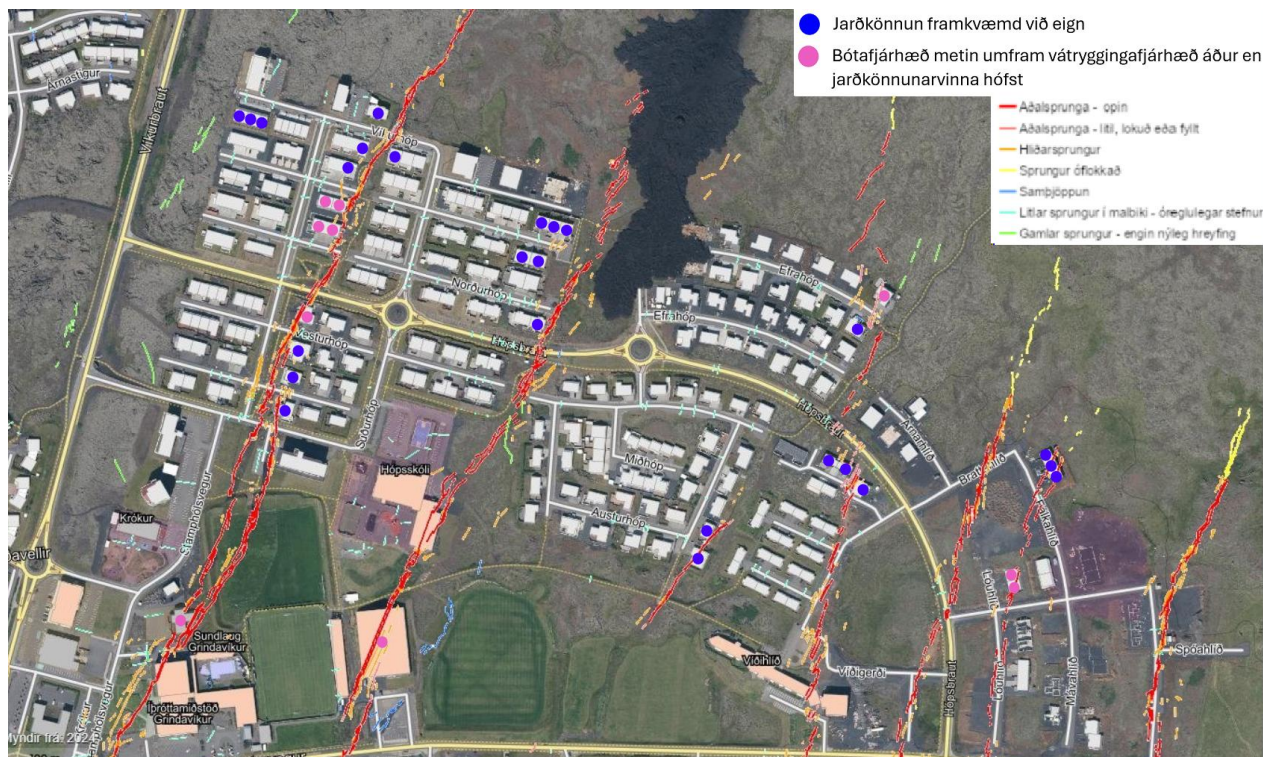
Náttúruhamfaratrygging Íslands (NTÍ) óskaði eftir því að lagt yrði mat á það hvort grundun hefði raskast undir fasteignum sem stóðu á, við eða nærri sprungum í bergi og hafði verið tilkynnt tjón á til stofnunarinnar í kjölfar jarðhræringa í Grindavík sem hófust í nóvember 2023. Jafnframt óskaði NTÍ eftir því að framkvæmdar yrðu nauðsynlegar rannsóknir til þess að meta umfang skemmda á grundun, hvort grundunin væri viðgerðarhæf og eftir atvikum kostnað vegna viðgerða þannig að eign í heild sinni, þar með talið grundun hennar, yrði eins eða því sem næst eins og fyrir tjónsatburð.

Í kjölfar þess var myndaður hópur sérfræðinga sem höfðu víðtæka og yfirgripsmikla reynslu á sviði byggingafræði og mannvirkjagerðar, verkfræði, burðarpólsfræði, matsstarfa, jarðfræði og jarðverkfræði.

Afmörkun og framkvæmd verkefnis

Verkefnið hófst á því að farið var yfir allar eignir sem tilkynnt hafði verið tjón á til NTÍ og mat lagt á það hvort ástæður væru til þess að framkvæma jarðkönnun við einstaka eignir. Byggði slík vinna m.a. á kortlagningu sprungna í bænum sem unnin hafði verið af Verkís, Eflu og ÍSOR fyrir Almannavarnir og framkvæmdanefnd vegna jarðhræringa í Grindavíkurbæ. Jafnframt var litið til niðurstaðna tjónaskoðana matsmanna og upplýsinga frá tjónpólum. Horft var til þess hvort ummerki væru um að sprungur gengu undir húseignir eða lægju nærri eða alveg upp við húsinn með þeim hætti að þær kynnu að raska grundun þeirra.

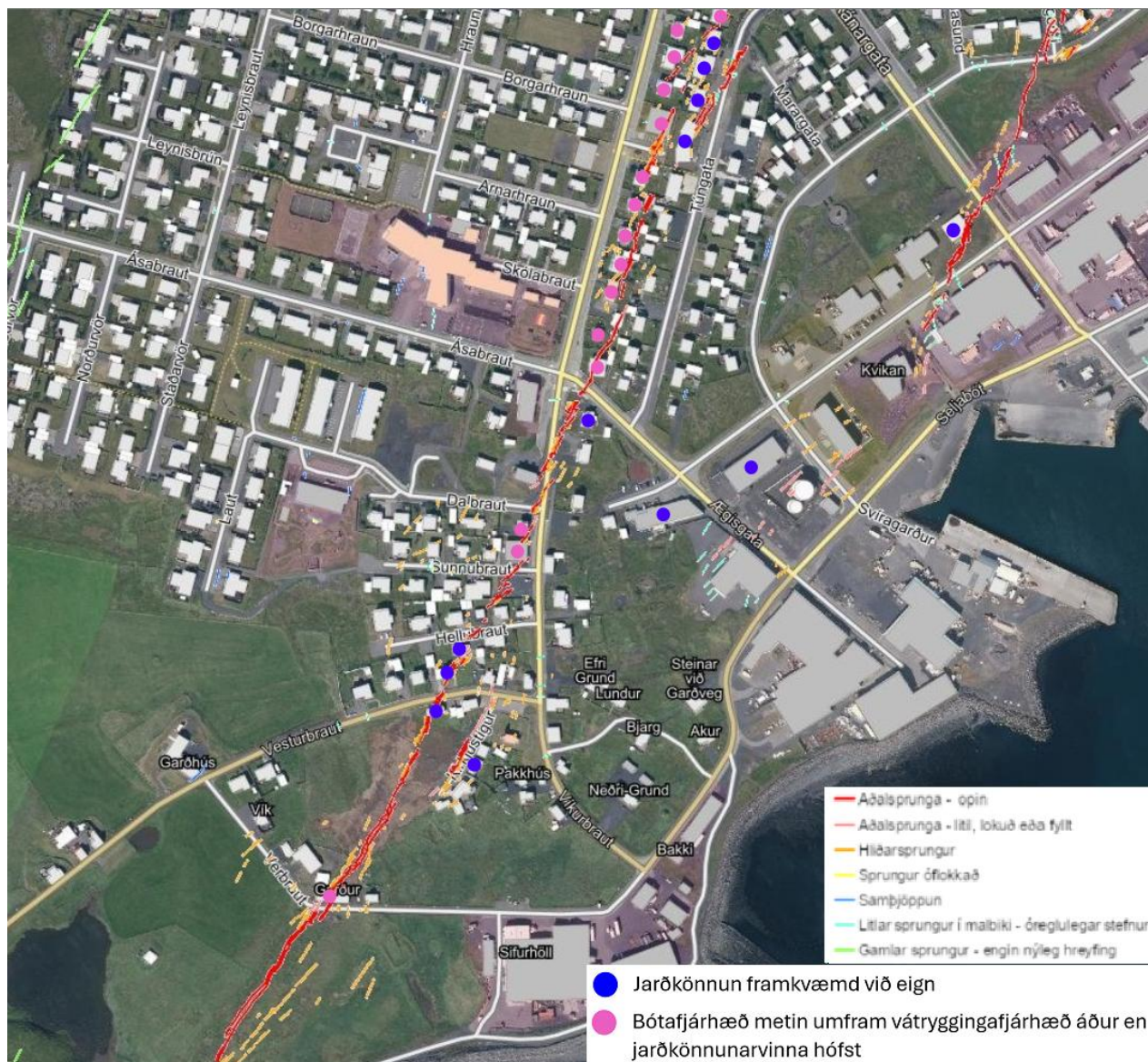
Niðurstöður framangreindrar greiningar var að nauðsynlegt væri að framkvæma jarðkönnun, þar sem grafið er með gröfu að sprungum í bergi og/eða nánari sjónskoðun, á tilteknum lóðum til þess að leggja mat á ástand grundunar. Því til viðbótar var framkvæmd jarðkönnun með gröfu að sprungum í bergi og/eða nánari sjónskoðun við aðrar eignir þar sem tjónpóli óskaði þess og sérfræðingar mátu ástæðu til að slík skoðun færi fram. Ekki var framkvæmd jarðkönnun við eignir þar sem viðgerðarkostnaður hafði þegar verið metinn umfram váttryggingarfjárhæð. Á myndum 1-3 má sjá merkt á kort þær lóðir þar sem framkvæmd var jarðkönnun. Upptalningin á myndunum tekur aðeins til þessa afmarkaða verkefnis og er ekki tæmandi listi yfir öll þau svæði og lóðir þar sem framkvæmd hefur verið jarðkönnun á við mat á ástandi húseigna.



Mynd 1. Yfirlitsmynd yfir eignir þar sem framkvæmd var jarðkönnun í norðaustur hluta Grindavíkurbæjar.



Mynd 2. Yfirlitsmynd yfir eignir þar sem framkvæmd var jarðkönnun í suðaustur hluta Grindavíkurbæjar.



Mynd 3: Yfirlitsmynd yfir eignir þar sem framkvæmd var jarðkönnun í suðvestur hluta Grindavíkurbæjar.

Aðstæður voru fyrst kannaðar með sjónskoðun og staðsetningu mögulegra jarðkönnunarskurða kortlögð. Því næst var farið í að grafa skurði, en samtals voru grafnir 55 skurðir með gröfu. Að því loknu voru jarðlög og sprungur sem komu fram mæld og greind. Einnig voru eftir atvikum kortlagðir skurðir sem gerðir höfðu verið í götum til að fá heildstæðari mynd af aðstæðum. Umfang skurða og greiningar jarðlaga tóku mið af aðstæðum. Fasteignir þar sem jarðkönnun fór fram voru í flestum tilfellum metnar aftur samhliða jarðkönnun.

Gætt var fyllsta öryggis við vinnuna með viðeigandi öryggisbúnaði og fór vinnan fram í samvinnu við sérfræðinga í fallvörnum og sprungubjörgun.

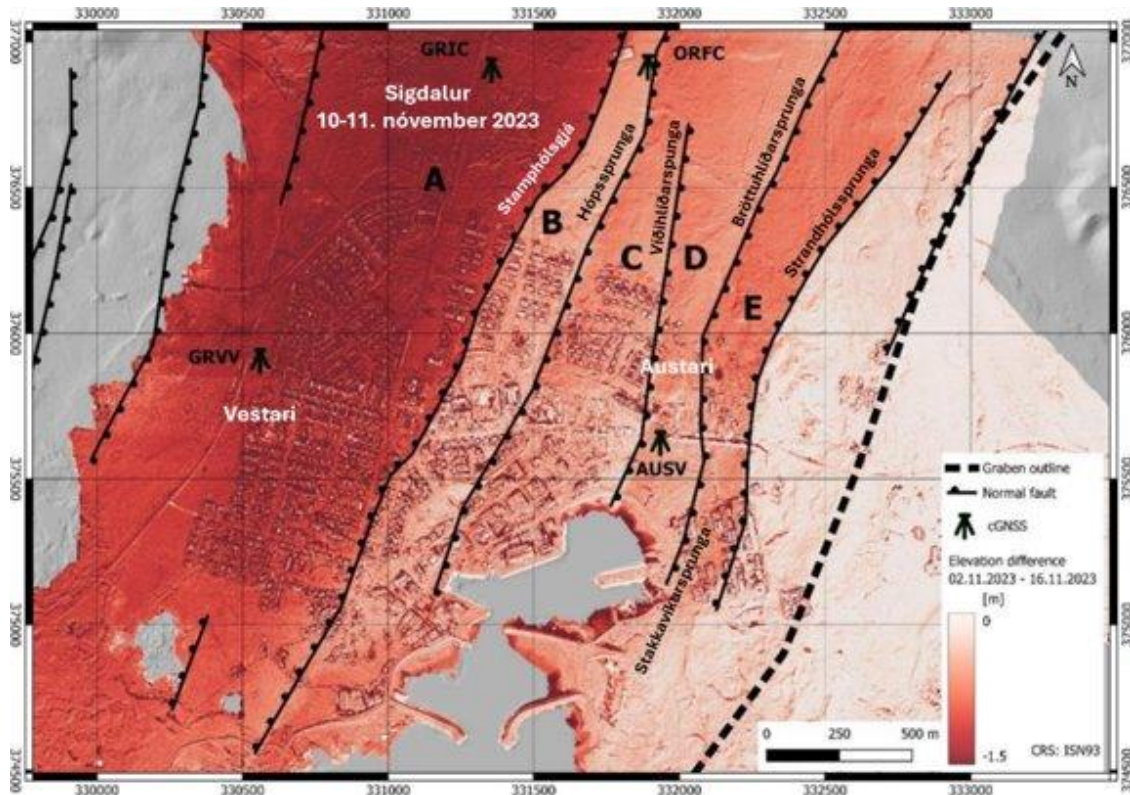
Samnýting annarra gagna

Mat á áhrifum jarðhræringa á grundun húseigna byggir að miklu leyti á greiningu á umfangi sprungna í skurðum sem grafnir voru. Einnig var stuðst við niðurstöður annarra mælinga sem framkvæmdar höfðu verið af jarðkönnunarteymi í kjölfar jarðhræringanna sem hófust í nóvember 2023. Sú vinna var unnin fyrir Almannaþinginn og síðar Grindavíkurnefnd. Jarðkönnunarteymið skilaði lokaskýrslu um jarðkönnun Grindavíkur í mars 2025 auk þess sem fjöldi minnisblaða liggur fyrir þar sem gerð er grein fyrir niðurstöðum rannsókna. Markmið verkefnisins var að meta umfang sprunguhreyfinga og áhrif þeirra á innviði, auk þess að leggja grunn að áframhaldandi vöktun og viðbrögðum. Framangreind jarðkönnunarskýrsla veitir mikilvægar upplýsingar um ástand sprungna, jarðlaga og innviða. Ein meginafurð verkefnisins er ítarlegt sprungukort af Grindavík. Mikill hluti af þeim rannsóknum sem jarðkönnunarteymið stóð fyrir hafa nýst við mat á einstaka húseignum og umhverfi þeirra fyrir NTÍ, s.s. LIDAR hæðarmælingar, jarðsjármælingar, segulmælingar og viðnámsmælingar. Auk þess var stuðst við fjölda loftmynda allt aftur til ársins 1954 og niðurstöður sjónskoðana sem gerðar höfðu verið í bænum. Saman gefa þessar rannsóknaraðferðir ítarlegri upplýsingar sem reyndust mikilvægar við túlkun aðstæðna hverju sinni, samanburð á svæðum og mat á viðgerðar- og kostnaðaráætlunum.

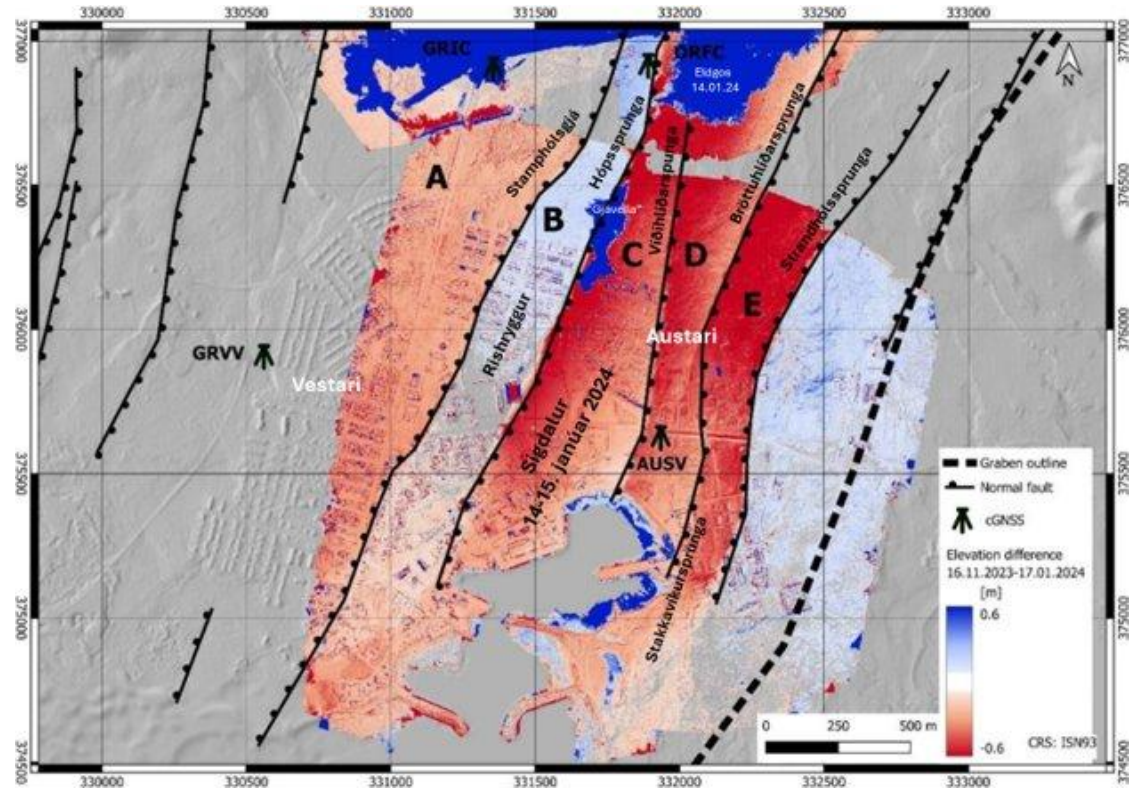
Jarðskorpuhreyfingar og myndun sigdals

Öflug skjálftahrina, tengd flekahreyfingum, hófst í október 2023 á svæðinu milli Þorbjarnar og Sundhnúks, sem leiddi til myndunar sigdals og kvikuhlaups undir Grindavík þann 10. nóvember. Í kjölfarið fylgdu eldgos á Sundhnúksgosreininni, þar af nokkur sem ollu sprunguhreyfingum í Grindavík. Tveir megin sigdalir mynduðust í og við bæinn, aðgreindir af rishrygg. Vestari sigdalurinn er um 3 km breiður, en sá austari um 800–1000 m breiður. Mest hefur landsigið mælst um 1,5 m (mynd 4 og 5). Miklar sprungur opnuðust sem skemmdu byggingar, götur, lagnir og aðra innviði víða í bænum. Hreyfingar höfðu átt sér stað á gömlum þekktum sprungum auk þess sem fjöldi nýrra sprungna myndaðist í atburðinum. Umfangsmesta misgengis- og gliðnunarhreyfingin innan Grindavíkur átti sér stað um Stamphólsgrjá sem liggur þvert í gegnum bæinn og markar austurjaðar á vestari sigdalnum.

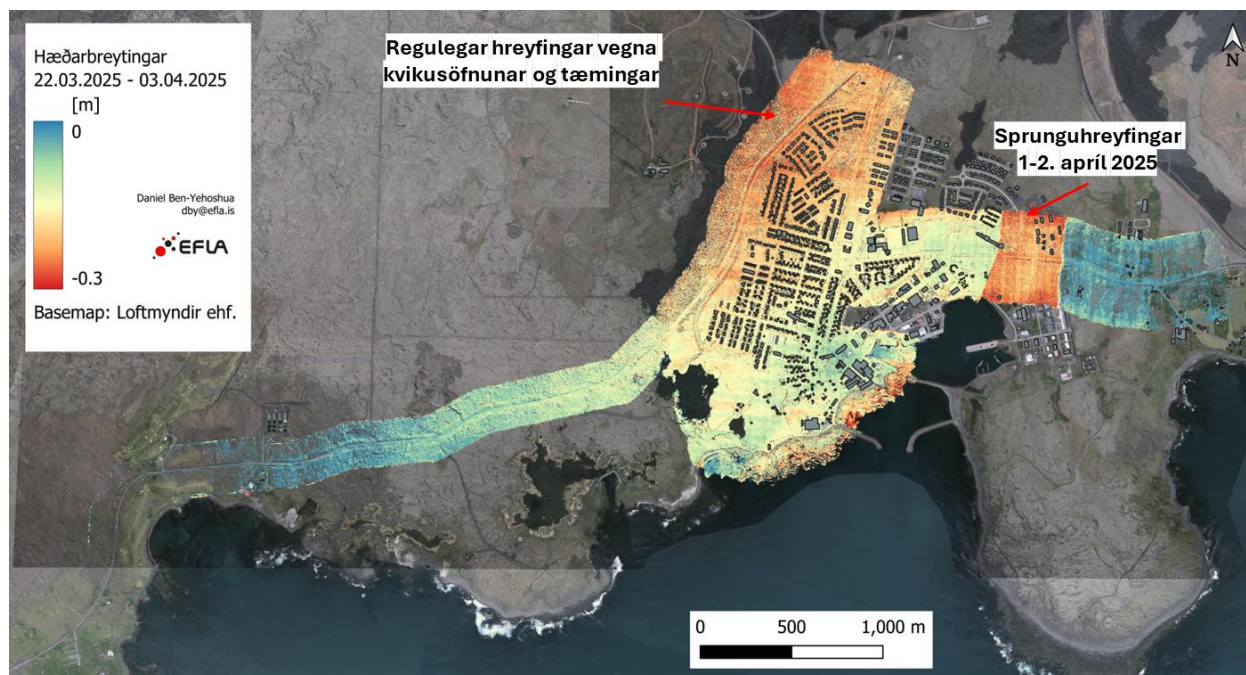
Sprunguhreyfingar og landsig innan Grindavíkur hafa átt sér stað í tengslum við þrjá atburði, 10. nóvember 2023 í vesturhluta Grindavíkur, 14. janúar 2024 og 1. apríl 2024 í austurhluta Grindavíkur. Hæðarmismunur milli atburða var mældur með LIDAR mælingum og má sjá á myndum 4-6.



Mynd 4. Niðurstöður LIDAR mælinga sem sýna sigdalinn sem myndaðist 10.-11.nóvember 2023.



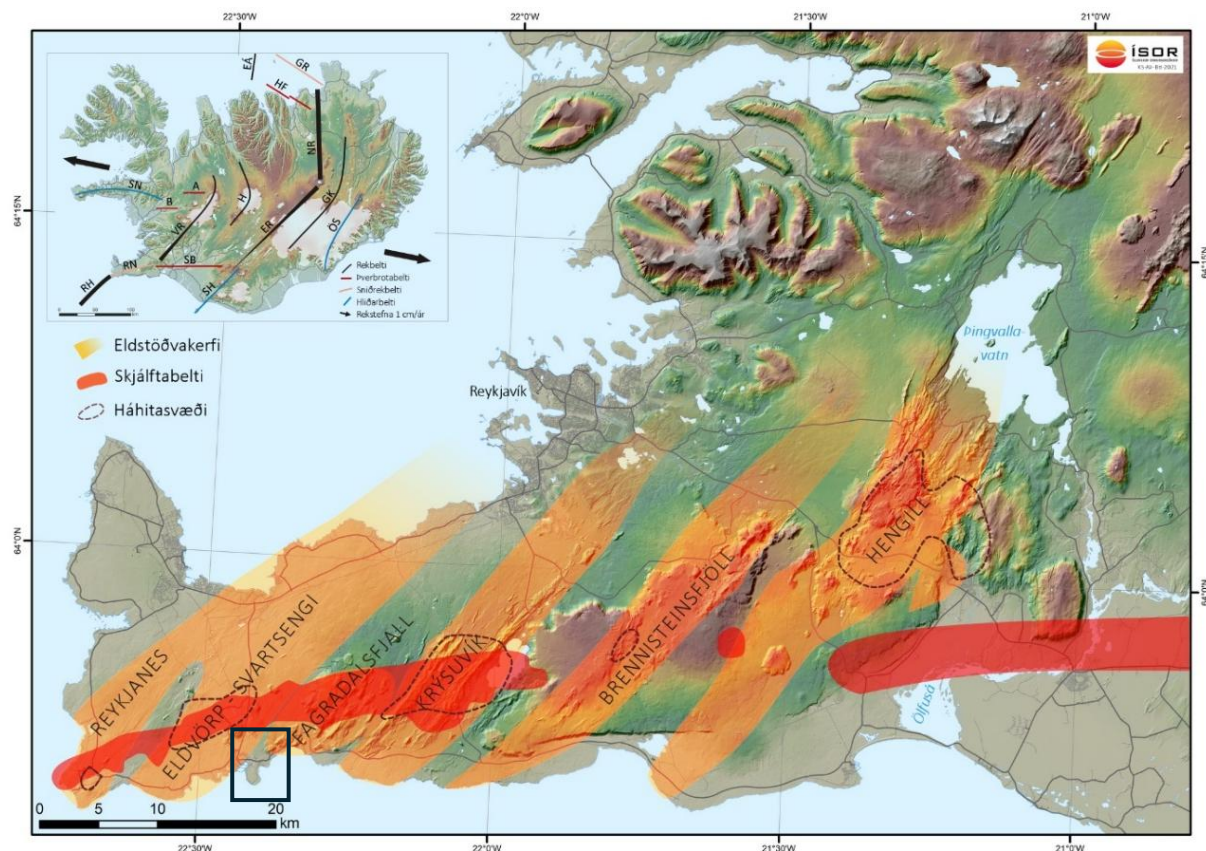
Mynd 5. Niðurstöður LIDAR mælinga sem sýna sigdal sem myndaðist 14.-15. janúar 2024.



Mynd 6. Hæðabreyting sýna sigdalinn sem myndaðist 1.-2. apríl 2025

Yfirlit um Jarðfræði Grindavíkur og nágrennis

Gosbeltið á Reykjanesskaga er sniðrekbelti sem liggur frá Reykjanesi, þar sem Reykjaneshryggur rís úr sæ, og austur að Hengli. Sex eldstöðvakerfi með NA-SV stefnu raða sér með stuttu millibili eftir skaganum, þau eru kennd við Reykjanes (vestast), Svartsengi, Fagradalsfjall, Krýsuvík, Brennisteinsfjöll og Hengill (austast) (mynd 7). Virknimiðjur eldstöðvakerfanna eru þar sem sprungusveimar þeirra skera flekamótin. Svartsengiskerfið er a.m.k. 30 km langt og 7 km breitt og í því eru tvær megingosreinar, kenndar við Eldvörp og Svartsengi. Alls höfðu verið aðgreind um 20 hraun í kerfinu frá eftirjökultíma (þ.e. síðustu 15.000 árin) áður en yfirstandandi eldgosahrina hófst. Sprungur og gjár eru áberandi í elstu hraununum og móbergi en eru fátíðar og smáar í þeim yngstu (mynd 8). Elstu myndanir á Grindavíkursvæðinu eru móbergshryggir og stapar frá næstsíðasta og síðasta jökulskeiði ísaldar. Gossagan frá eftirjökultíma er gloppótt nema fyrir síðustu 3500 árin en nokkuð er þó vitað um eldri gostímabil (Kristján Sæmundsson og Magnús Á. Sigurgeirsson, 2013).



Mynd 7. Lega eldstöðvakerfa á Reykjanesskaga. Flekaskil liggja um Skagann sunnanverðan sem markast af skjálftabelti sem liggur um miðjan skagann. Yfirlit um rekbelti Íslands og rekstefnur má sjá á innfelldu korti. Athugunarsvæðið við Grindavík er afmarkað með ferningi.

Hraun á yfirborði í Grindavík eru þekkt og hafa verið kortlögð (Jón Jónsson 1978, Kristján Sæmundsson o.fl. 2016). Helstu hraunin eru eftirfarandi:

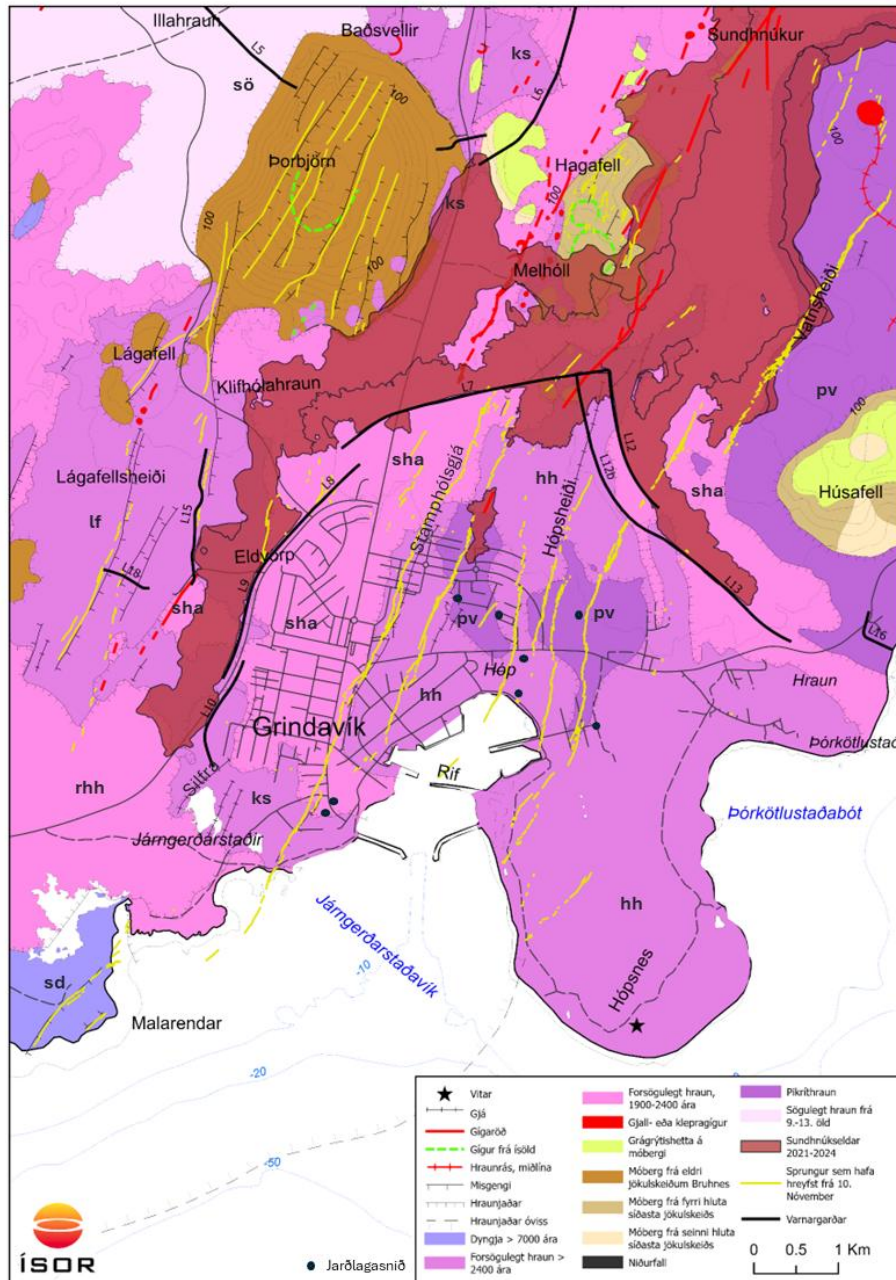
- Sundhnúkahraun (**sha**), um 2000 ára gamalt. Upptök eru á 11 km langri Sundhnúksgígaröð norðan Grindavíkur.
- Hópsheiðar- og Hópsnesshraun (**hh**), um 8000 ára gamalt. Upptök eru í gígaröðum í Hagafelli.
- Hraun með upptök í Lágafelli og Lágafellsheiði (**lf**) norðvestan við Grindavík. Hraunið er > 8000 ára gamalt. Þetta hraun er að hluta undir Sundhnúkahrauni en gæti hafa náð inn á bæjarstæði Grindavíkur vestanvert.
- Vatnsheiðardýngjan (**pv**), gæti verið um 11.000 ára. Bergið í dýngjunni er píkrít.
- Gamalt hraun sem rann frá gígaröð sem liggur um Klifhóla, Selhás og Svartsengisfell (**ks**). Líklega frá síðjökultíma (13-15 þúsund ára).

Yngstu tvö hraunin (sha og hh) eru áberandi í Grindavík og einnig eru allstórir flekkir af Vatnsheiðardýngjunni (pv) á tveimur stöðum. Elsta hraunið (ks) sást í gryfjum á nokkrum stöðum. Mynd 9 sýnir samsett jarðlagasnið fyrir Grindavík byggt á mælingum úr gryfjum.

Útbreiðslu hrauna sem runnið hafa í yfirstandandi eldum („Sundhnúkseldum“) sem hófust í nóvember 2023 með gliðnunarhrinu má sjá á mynd 8. Um er að ræða alls níu sprungugos á

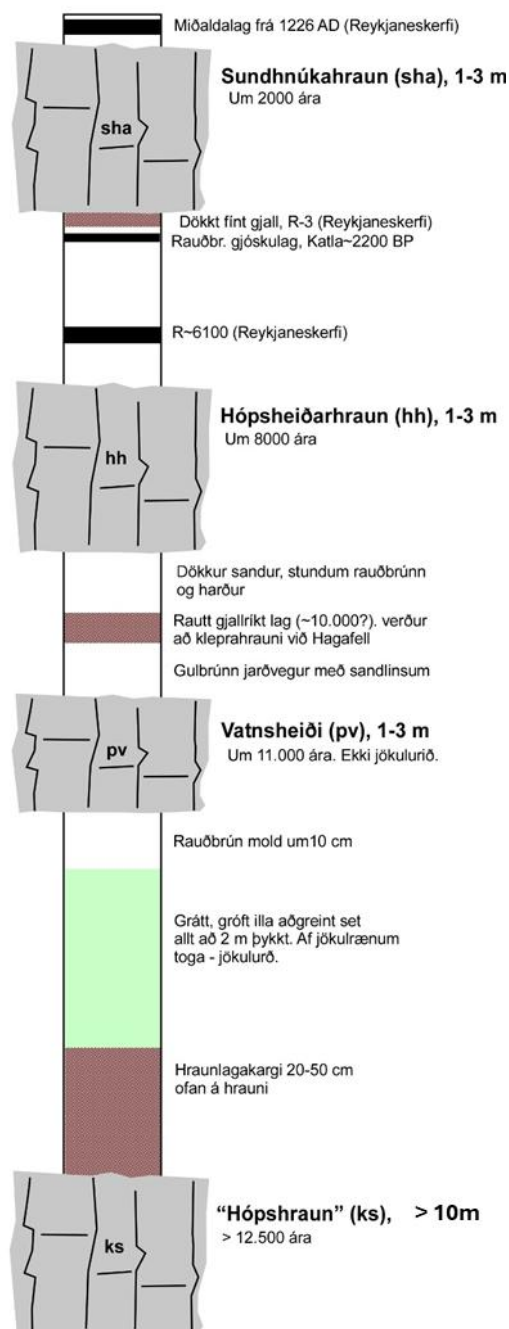
Svartsengisgosreininni (Sundhnúkssprungunni). Hraunin hafa ógnað byggðinni í Grindavík en hefur verið bægt frá henni með leiðigörðum eins og glögglega má sjá á mynd 8.

Gjár og sprungur hafa verið þekktar í Grindavík frá því búseta hófst þar, enda eru þær nokkur þúsund ára gamlar samkvæmt rannsóknum. Mest er um þær vestantil í bænum og suðvestast. Þekktust er líklega Stamphólsgrjáin og gjárnar Silfra, Magnúsargjá og Nautagjá.



Mynd 8. Jarðfræðikort af Grindavík og nágrenni. Bætt hefur verið inn upplýsingum um útbreiðslu hraunanna frá 2023-2024 og sprungum sem hreyfst hafa síðan 10. nóvember 2023. Sundhnúkahraun (sha), um 2000 ára gamalt. Hópsheiðar- og Hópsnesshraun (hh), um 8000 ára gamalt. Vatnsheiðardyngjan (pv), um 11.000 ára. Hraun í Klifhólum og Selhálsl (ks), um 13-15 þúsund ára. Hraun á Lágafelli (lf), >8000 ára.

Samsett snið úr gryfjum



Mynd 9. Samsett snið af berggrunni Grindavíkur byggt á mörgum gryffjusniðum (ath. mælikvarði gefur ekki rétta mynd af þykktum hraunlaga eða setlaga).

Kortlagning á sprungum í Grindavík

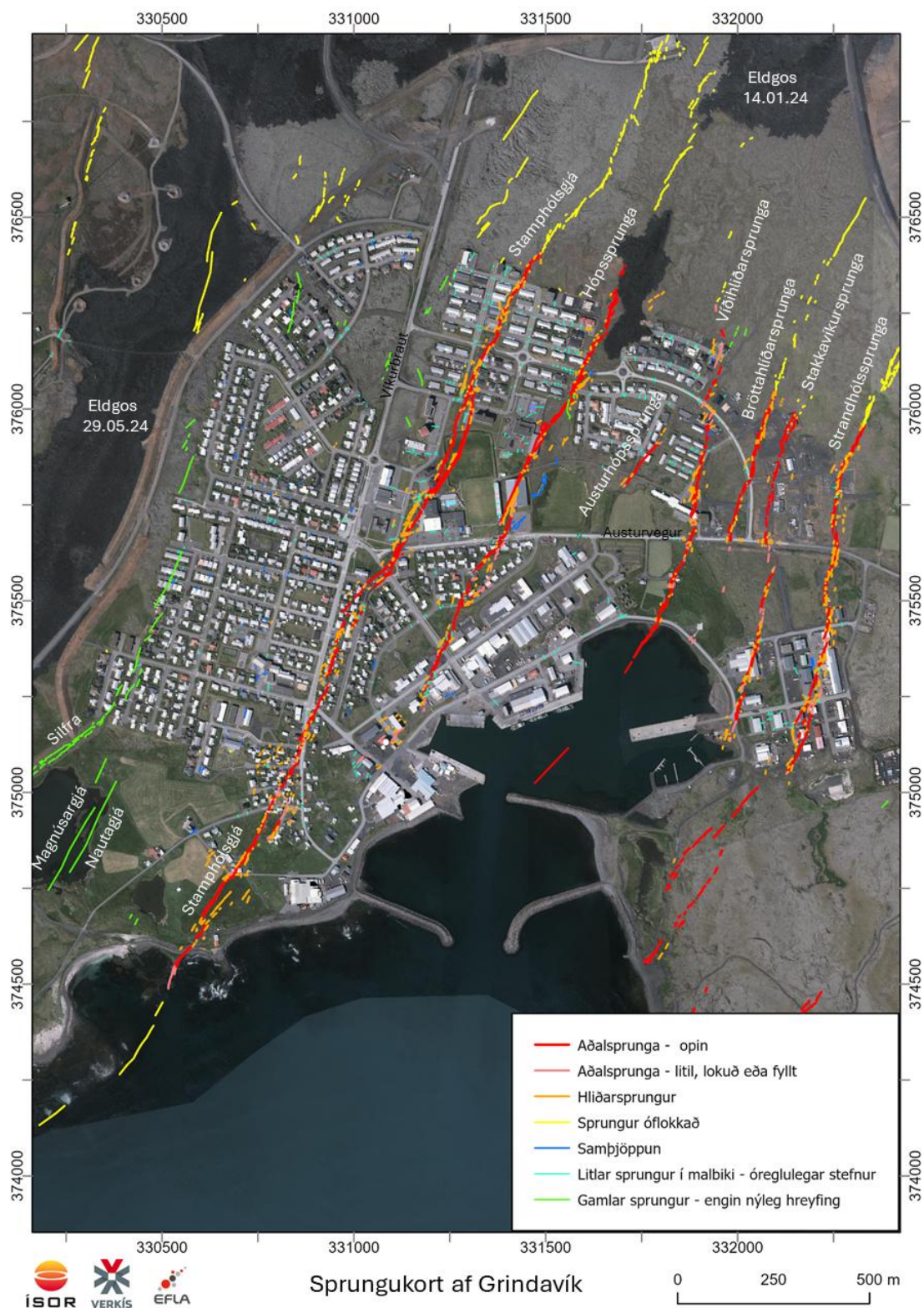
Loftmyndir voru notaðar til að greina sprungur og er lega þeirra sýnd á korti. Þessi aðferð er góð til að fá yfirsýn yfir staðsetningar og stefnur sprungna og gefur hugmynd um vídd þeirra. Auk

loftmynda var stuðst við hæðargögn sem byggja á LiDAR tækni (Light Detection And Ranging). Sjónskoðun fór auk þess fram á öllum sprungubeltunum í Grindavík. Gengið var meðfram öllum stærri sprungum, teknar myndir og aðstæðum lýst, s.s. hreyfingum, dýpi á klöpp og í vatnsborð, hrúni í sprungur og fleira. Að auki voru opnar sprungur mældar, bæði opnun (breidd) og dýpi. Auk skoðunar á stærstu sprungunum var minni sprungna (hliðarsprungna) leitað og lýst. Oft var vandkvæðum bundið að meta breidd og dýpi á sprungum vegna hrúns á fyllingarefni úr köntunum ofan í sprungurnar. Sprungur innan bæjarmarka Grindavíkur hafa verið flokkaðar í 7 flokka. Sem eru : Aðalsprunga opin, Aðalsprunga – lítil, lokuð eða fyllt, Hliðarsprungur, Samþjöppun Litlar sprungur í malbiki – óreglulegar stefnur, Gamlar sprungur, engin nýleg hreyfing, Sprungur óflokkað.

Niðurstaða sprungukortlagningar í Grindavík er að sjö aðskilin sprungubelti hafa hreyfst í yfirstandandi umbrotum, þ.e. Stamphólsgjá, Hópssprunga, Austurhópssprunga, Víðihlíðarsprunga, Bröttuhlíðarsprunga, Stakkavíkursprunga og Strandhólssprunga (mynd 7). Stamphólsgjá er dýpsta og breiðasta sprungan, allt að 3 m á breidd og yfir 30 m djúp. Enn stærri holrými hafa þó fundist sem rekja má til útvöskunar á seti milli hraunlaga. Auk þess mælist meira en 20 m dýpi á sprungum innan sprungubelta Hópssprungu og Bröttuhlíðarsprungu. Mikilvægt er að hafa í huga að Stamphólsgjá og Hópssprunga eru nokkur þúsund ára gamlar sprungur og þessi mikla gliðnun á þeim er ekki nema að litlum hluta tilkomin í núverandi atburðum. Á gömlum loftmyndum sést að Stamphólsgjá var talsvert opin áður en bærinn byggðist upp. Engin ummerki eru um Austurhópssprungu, Víðihlíðarsprungu, Bröttuhlíðarsprungu og Stakkavíkursprungu á eldri loftmyndum og eru þær því taldar hafa myndast í yfirstandandi atburðum. Við Strandarhól mælist mjög mikil gliðnun á Strandhólssprungu, um 2,4 m. Þar má greina væg merki um sprunguna á eldri loftmyndum en engu að síður hefur þarna átt sér stað ein mesta gliðnunin sem hefur verið mæld í Grindavík í núverandi atburðum. Í töflu 1 má sjá tölfræði yfir mældar stærðir á sprungum. Algengast er að sprungur séu um 20-60 cm breiðar og 1-5 m djúpar. Hlutfallslega fáir staðir eru með >80 cm breiðar og >8 m djúpar sprungur. Mikilvægt er að hafa í huga að víða er mikið efnishrun ofan í sprungur og oft sjást aðeins dældir og sig á yfirborði sem gefa vísbendingu um opna sprungu undir yfirborðinu.

Tafla 1: Mælingar á breidd og dýpi sprungna í Grindavík, helstu niðurstöður.

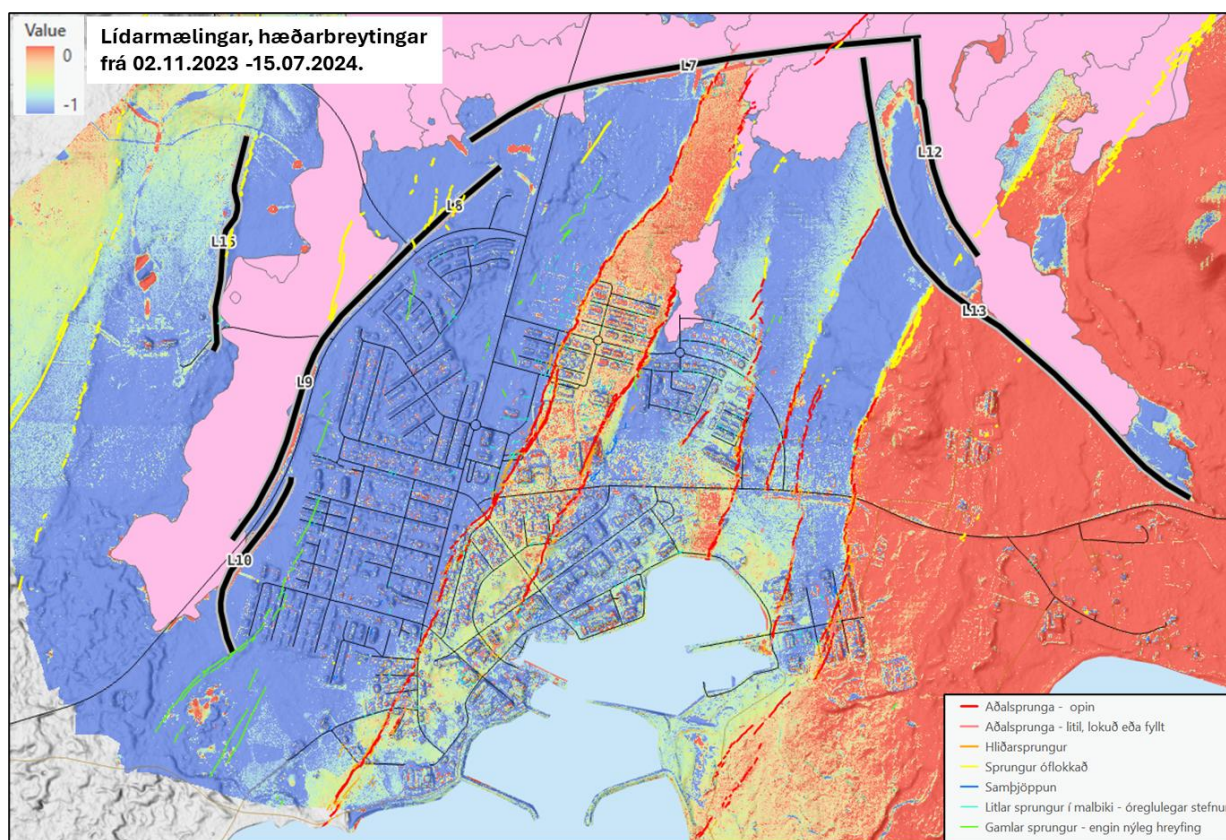
Sprungubelti	Mesta breidd (m)	Meðal breidd (m)	Mesta dýpi (m)	Meðaldýpi (m)	Fjöldi mælipunkta
Stamphólsgjá	3	0,5	30,0	3,2	301
Hópssprunga	0,9	0,3	23,6	3,2	148
Austurhópssprunga	0,5	0,3	4,0	2,3	11
Víðihlíðarsprunga	0,8	0,2	9,5	1,4	76
Bröttuhlíðarsprunga	1,0	0,4	20,1	2,7	39
Stakkavíkursprunga	0,8	0,3	8,0	3,4	66
Strandhólssprunga	2,4	0,5	8,0	2,1	78



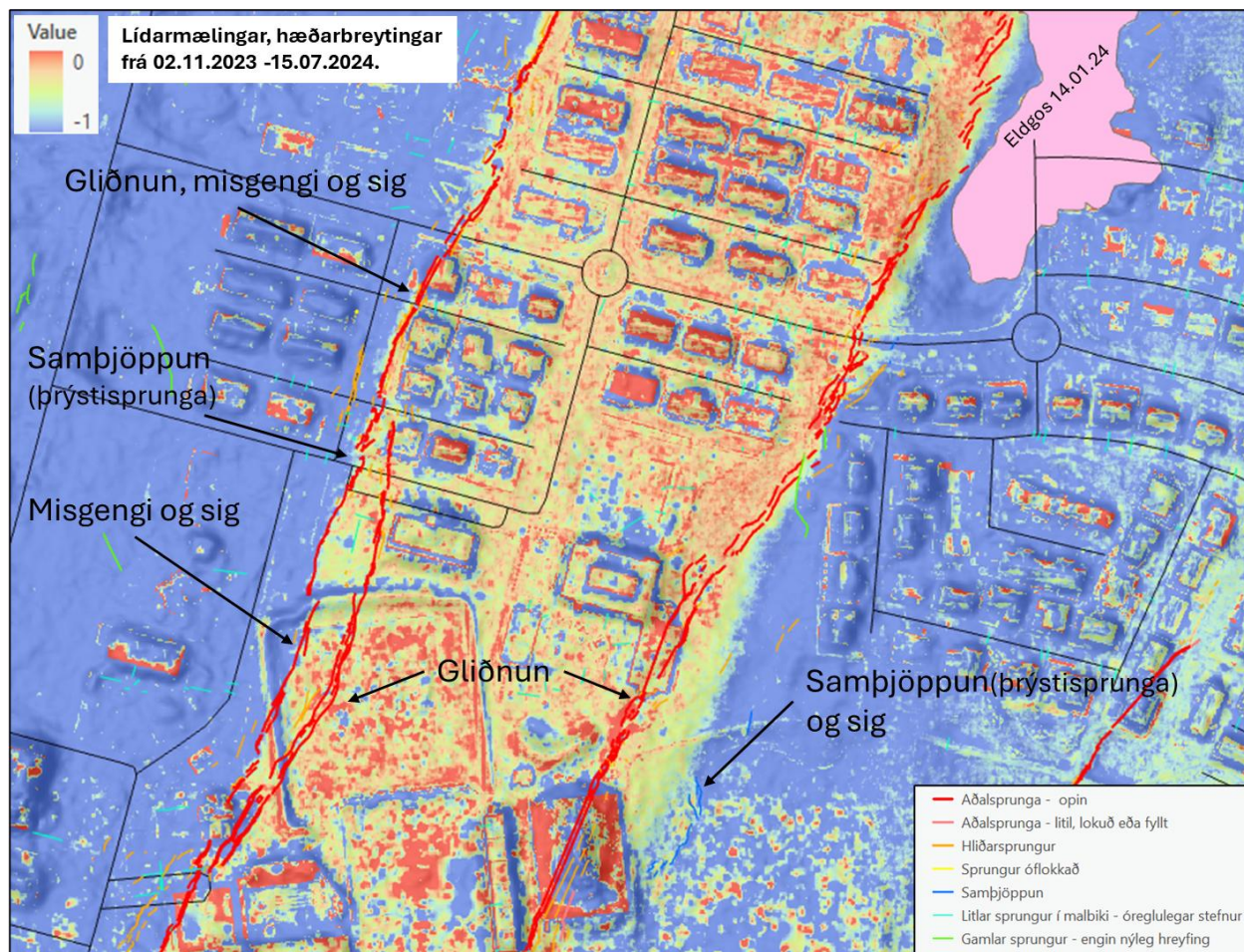
Mynd 10. Kortið sýnir allar sprungur sem kortlagðar hafa verið í Grindavík. Sjó sprungubelti þvera bæinn. Sprungukortlagningin byggir aðallega á túlkun loftmynda, LiDAR mælinga og sjónskoðunar.

Áhrifasvæði og umfang sprungna

Áhrifasvæði og umfang sprungna er mjög breytilegt eftir sprungubeltum og jarðlagaskipan. Myndir 11 og 12 sýna heildar hæðabreytingar frá 2.11.2023-15.07.2024. Myndir sem þessar eru hjálplegar við að greina hvar raunverulega hreyfingar hafa orðið á sprungum í bænum og hvers eðlis þær sprungur eru. Víða um bæinn eru litlar sprungur sem tengjast fremur jarðskjálftum heldur en að þar hafi orðið varanleg aflögun á berggrunni svæðisins. Annað atriði er að aflögunin getur verið misjafnlega afgerandi, á sumum stöðum verður mikil lóðrétt aflögun yfir fáa metra í lárétu plani en á öðrum stöðum dreifist lóðrétt aflögunin yfir svæði sem getur verið tugir metra á breidd í lárétu plani. Þá er einnig áberandi að syðst í bænum er lóðrétt aflögun minni, dreifist yfir stærra svæði og fylgir þar með sýnilegum eldri sprungum á yfirborði ekki eins vel. Á öðrum svæðum norðar í bænum eru dæmi um mikla gliðnun í lárétu plani nokkrum tugum metra til hliðar við mælanlega lóðrétt aflögun.



Mynd 11: Niðurstöður LIDAR mælinga sem sýna heildar hæðabreytingar frá 02.11.2023-15.07.2024. Blá svæði sýna landsig.



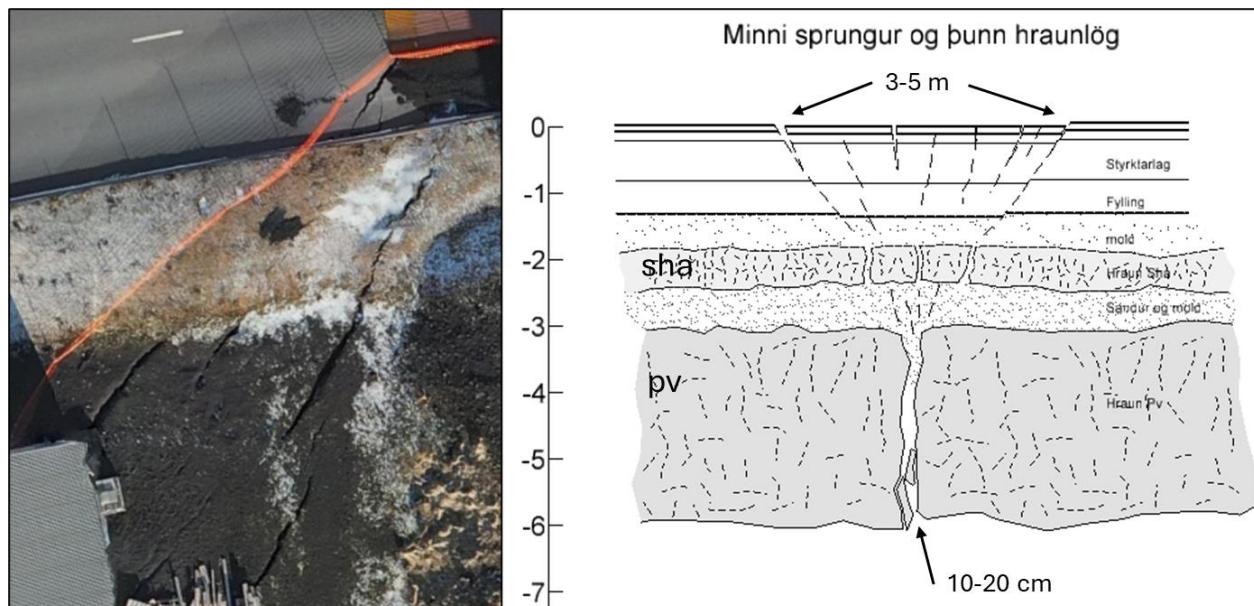
Mynd 12: Nærmynd af Lídarmælingum sem sýna hæðarbreytingar sem orðið hafa í Grindavík. Blá svæði sýna mesta landsigið, meira en 1 meter. Á kortinu sést að aðalsprungurnar fylgja ekki alltaf megin misgengishreyfingunum.

Breytileg ásýnd sprungna – helstu orsakir

Samhliða vinnu við viðgerðir á sprungum og jarðkönnun fyrir NTÍ í Grindavík hefur komið í ljós að ásýnd sprungukerfanna er mjög háð þykkt og gerð þeirra hraunlaga sem eru næst yfirborði. Þar sem hraunlög eru þykk og stórstuðluð þá eru sprungurnar jafnan vel opnar (tugir cm milli veggja) og í verstu tilfellum er nærtækara að tala um gjár þar sem bil milli sprunguveggja getur verið yfir 3 m, samanber Stamphólsgjá.

Víða í bænum hefur komið í ljós að efsti hluti jarðlagastaflans, er samsettur úr nokkrum hraunlögum, yfirleitt þunnum, sem eru aðgreind af setlögum eða jarðvegi (mynd 9). Þunn hraunlög eru gjarnan smástuðluð og kargakenndari en hin þykkari. Við slíkar aðstæður verður ásýnd sprungna töluvert önnur þar sem hreyfingin dreifist yfir stærra svæði sem aflagast og landið sígur yfir miðlínu sprungukerfisins sem þá teiknast upp á yfirborð sem margar smærri sprungur (mynd 13). Opin holrými eru jafnan fátíð og lítil að umfangi á þeim stöðum. Það skýrist af því að

smábrotið hraun og jarðvegur sígur eða hrynur niður í og inn að miðlínu sprungukerfisins, með þeim afleiðingum að aflögunin dreifist yfir víðara svæði með minni hreyfingu á hverjum fleti. Ásýndin er því líkari sigi á fyllingum heldur en opnum gjám.



Mynd 13. Þunn hraunlög eru gjarnan smástuðluð og kargakennd. Við slíkar aðstæður dreifist sprunguhreyfingin yfir stærra svæði. Sem dæmi náði aflögun á yfirborði yfir um 5-6 m breitt svæði við Eyjasund. Þegar viðgerðir fóru fram á sprungunni kom í ljós að sprungan sýndi aðeins um 20 cm gliðnun í neðsta hraunlaginu.

Hreyfingar um misgengisfleti eða sprungur geta í meginatriðum verið af þrennum toga:

- Gliðnun (opnar togsprungur á yfirborði, lárétt færsla þvert á sprungustefnu)
- Siggengi (lóðrétt aflögun)
- Sniðgengi (lárétt færsla samsíða sprungustefnu)

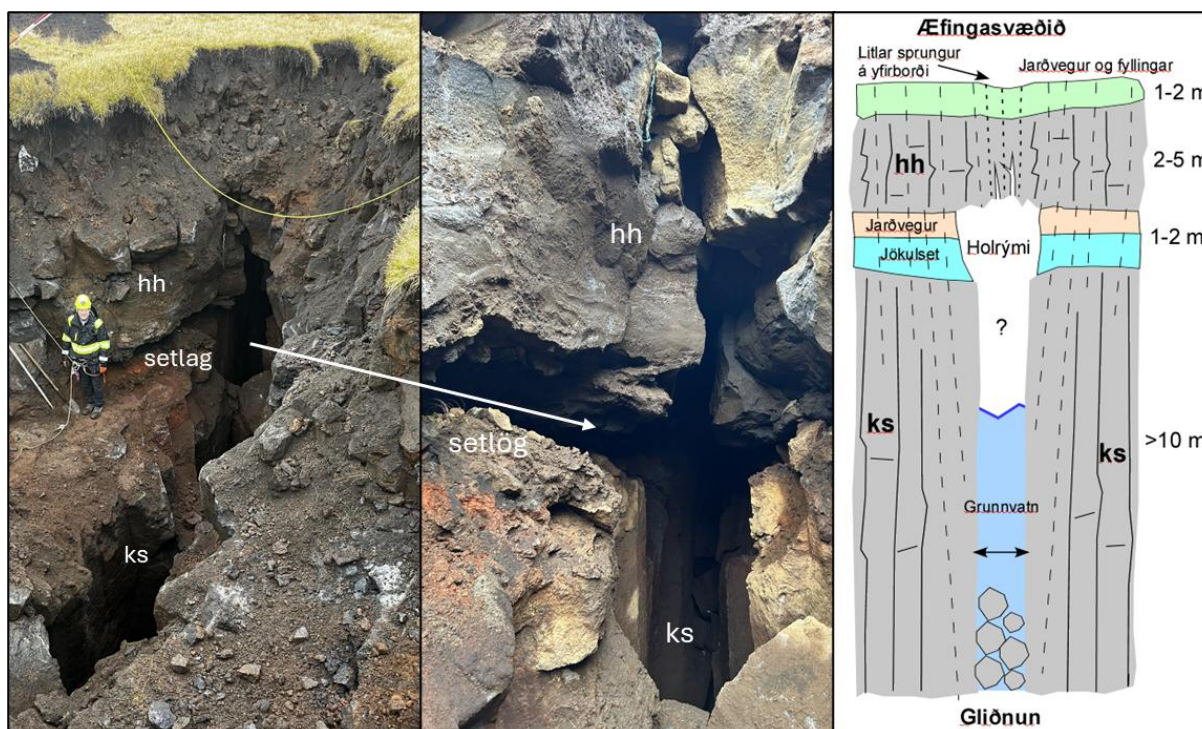
Hver sprunga getur verið eitthvað af þessu þrennu, eða nánast allt samtímis. Þessu til viðbótar má nefna að á nokkrum stöðum má sjá nokkurs konar þrýstisprungur í bænum. Þær myndast þar sem gliðnun og sig á sér stað yfir tvo eða fleiri sprungufleti og stórar flísar úr berggrunninum þrýstast saman, slík fyrirbæri sjást vestan við Stamphólgjá og austan við Hópssprungu (mynd 12). Einnig eru slík ummerki í vestari hluta bæjarins á línu milli Silfru og Magnúsargjár og gjárinnar sem myndar Gaujahelli vestan við Stamphólgjá.

Stór holrými hafa nær eingöngu fundist í tengslum við þykk stórstuðluð hraun. Það sem einkennir þær sprungur er að þar er mikil gliðnun, en ekki endilega alltaf greinilegt sig, þó vissulega séu dæmi um það (mynd 14). Lóðrétt aflögunin á slíkum sprungum getur þá komið fram á aðliggjandi sprungum, þá jafnvel sem þrýstiummerki. Til að stórar gjár og holrými neðanjarðar nái að viðhalda sér þurfa sérstakar aðstæður að vera fyrir hendi. Þar sem gliðnunarprungur eru í þykkum

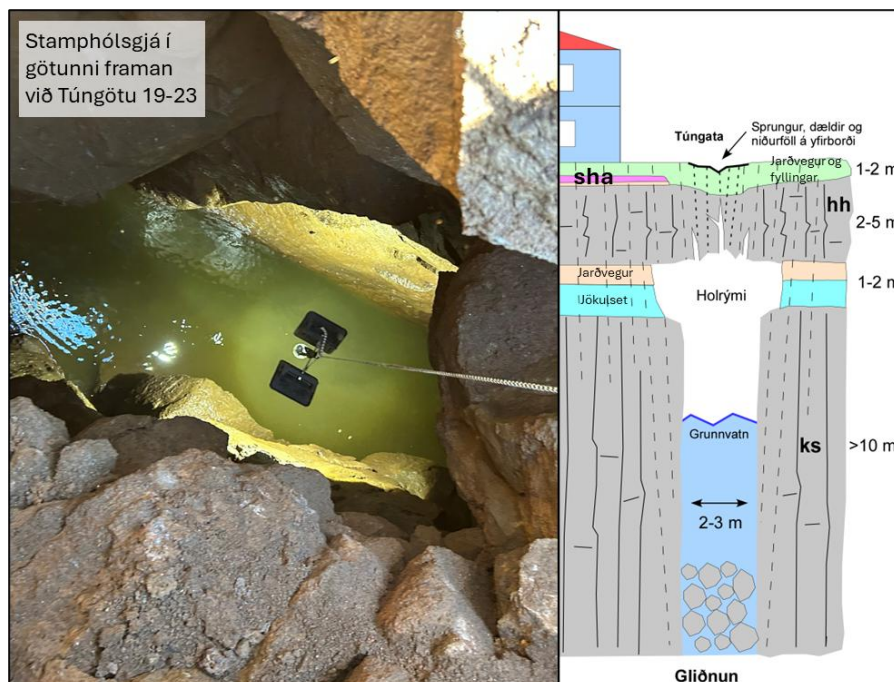
stórstuðluðum hraunlögum eru mestar líkur á því að gjár eða stór holrými neðanjarðar geti myndast. Það orsakast af;

1. aflögunin er hrein gliðnun, sem sagt sprunguveggirnir togast í sundur og
2. stuðlarnir í bökkunum sitt hvoru megin eru nógu stórir til að falla ekki jafnóðum niður í og fylla þar með í sprunguna.

Oft má sjá slíkar aðstæður við Stamphólsgjá þar sem hún víkkar nokkuð neðan yfirborðs og myndar þar stór og mikil holrými. Nærtæk dæmi um það er að finna á æfingasvæðinu og við Túngötu (mynd 14 og 15). Stamphólsgjá hefur verið að gliðna og myndast í mörg þúsund ár. Undir yfirborðshraunum á svæðinu er að finna þykkt (>10 m) og stórstuðla ks-hraun sem er um 12,5-15 þús. ára gamalt. Þykktin og stóru stuðlarnir í ks-hrauninu gera það að verkum að endurteknir gliðnunatburðir síðustu árþúsundin eiga sér stað um sömu sprungufletina og er nú dæmi um að gjárnar séu allt að 3 m á breidd. Auk þess hefur ísaldarjökullinn skilið eftir sig setlög, 1-2 m á þykkt, ofan á ks-hrauninu. Holrými hafa myndast þar sem þessi setlög hafa vaskast út á milli hraunlaga. Þessi mikla gliðnun á Stamphólsgjá í ks-hrauninu og útvöskun á setlögum eru víðast hvar hulin af yngri hraunum, hh-hraun (um 8000 ára gamalt) og sha-hraun (um 2000 ára gamalt). Yngri hraunin eru þunn, oftast um 1-4 m á þykkt, þau hafa brotnað upp samfara gliðnun á svæðinu en samt náð að brúa gjána að langmestu leyti. Í núverandi atburðum mynduðust niðurföll þar sem sjá má niður í stærri holrými og opna gjá (1-3 m á breidd). Grunnvatn sést víða í gjánni á um 10-15 m dýpi.



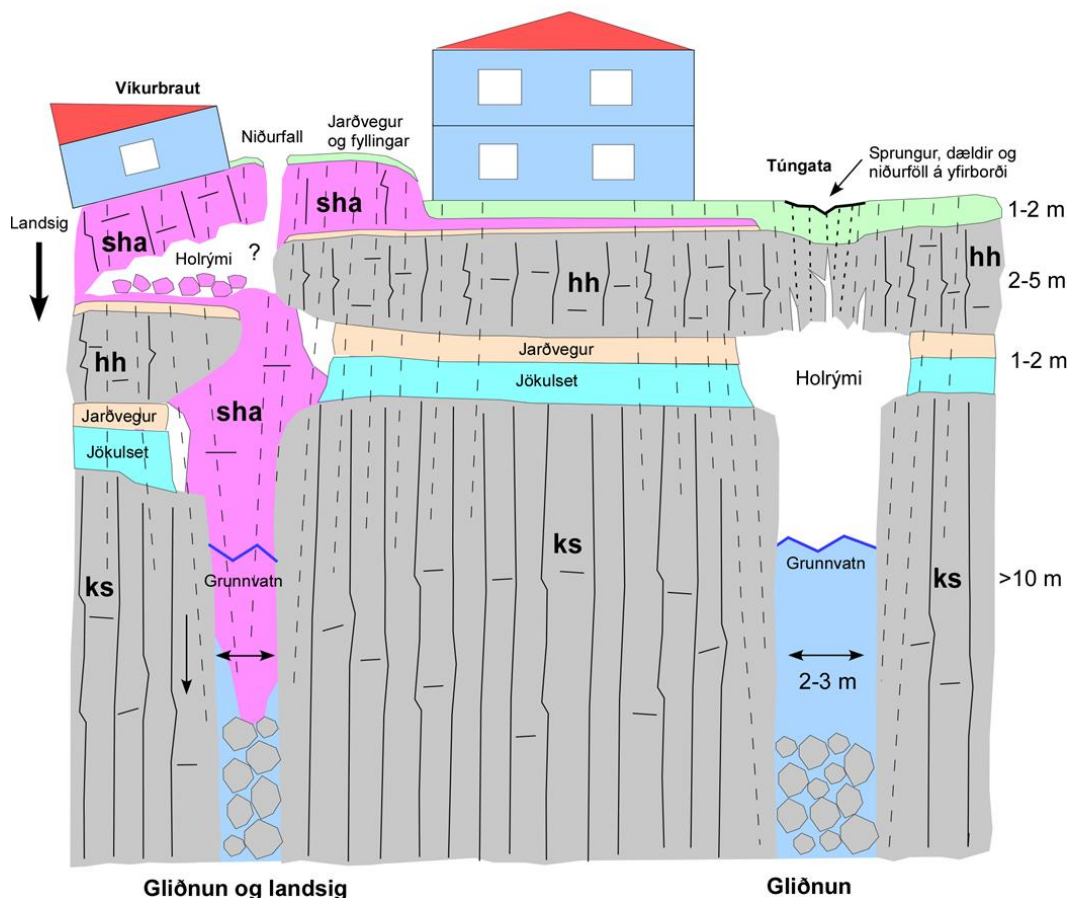
Mynd 14. Stamphólsgjá við norðurjaðar æfingasvæðisins. Grafið hefur verið ofan af gjánni en þarna var niðurfall áður. Hópheiðarhraun (hh, 8000 ára) er um 4 m á þykkt. Ks-hraun (12.5-15 þús ára) meira en 10 m þykkt. Mælt dýpi sprungunnar um 21 m og grunnvatn liggur á um 16 m dýpi.



Mynd 15. Við Túngötu má sjá 2-3 m opnun á Stamphólsgjá. Til hliðar mátti sjá stærri holrými sem líklegast höfðu myndast vegna útvöskunar á setlagi á milli hraunlaga. Gamlar loftmyndir frá 1954 sýna að gjáin var opin á þessum stað fyrir uppbyggingu svæðisins.

Við Víkurbraut er niðurfall sem opnast niður í stórt holrými undir húsi og bílskúr þess, holrýmið er a.m.k. 20-30 m á lengd, 5-10 m breitt og allt að 2-3 m á hæð. Þar sést vel hvernig Sundhnúkahreunið (sha) hefur runnið ofan í og fyllt upp í Stamphólsgjá þar sem hraunlagaskil við eystri stall Hópsheiðarhrauns (hh) sjást í hellinum (mynd 16). Hellirinn hefur að öllum líkindum myndast vegna landsigs og misgengishreyfinga um Stamphólsgjá þar sem aflögunin hefur ekki náð öll til yfirborðs. Heldur hafa myndast holrými við kargalag í hraunlagasyrpu í Sundhnúkahreuni og á yfirborði sést aflögunin sem hallandi yfirborð en ekki sem sigstallar við Stamphólsgjá eins og myndaðist við ípróttahúsið. Sundhnúkahreunlagið sem brúar sigstall Stamphólsgjár er um 2-4 m á þykkt. Á Landsbankatúninu við Ránargötu hefur komið í ljós sambærilegur hellir við vestari sprungurein Stamphólsgjár. Gera má ráð fyrir því að þessar aðstæður kunni að vera á fleiri stöðum við Stamphólsgjá þar sem hún liggur í Sundhnúkahreuni þar sem yfirborð hallar og enginn sigstallur er sjáanlegur á yfirborði.

Tvískipt Stamphólskjá við Víkurbraut og Túngötu

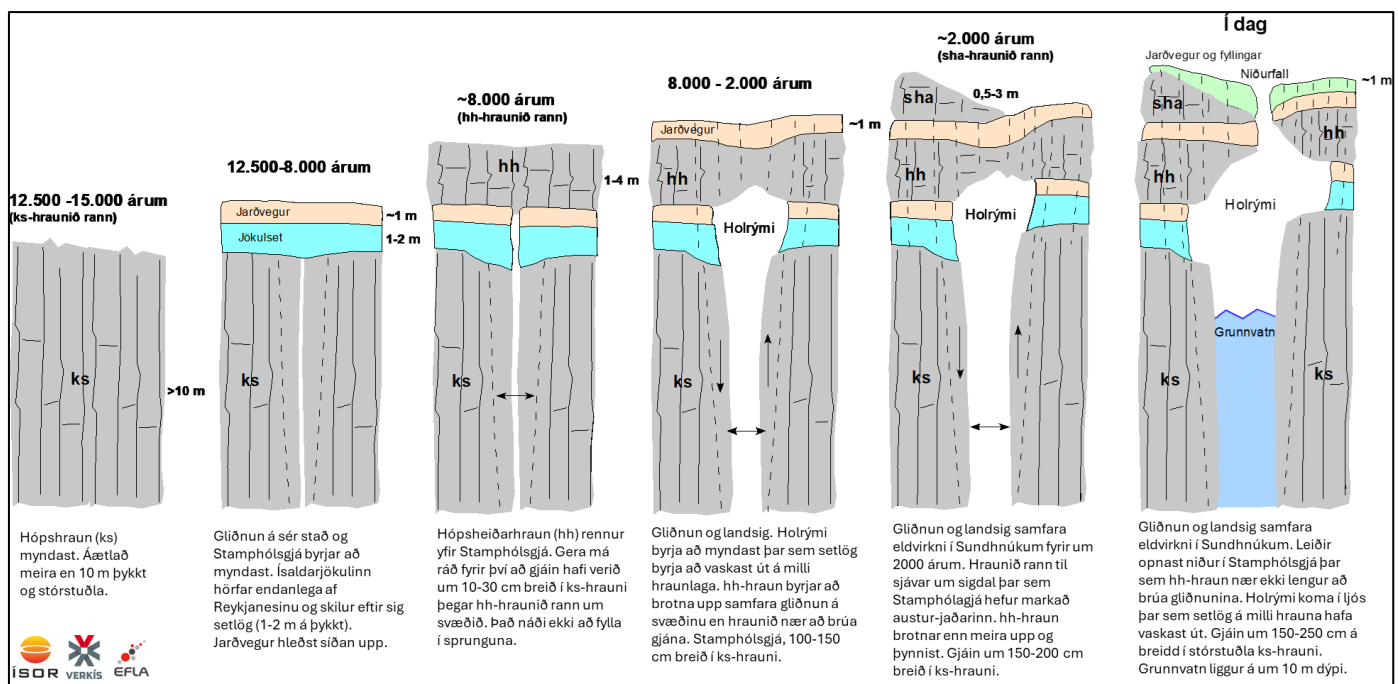


Mynd 16. Einfalt þversnið sýnir jarðfræðilegar aðstæður sem taldar eru vera við Stamphólskjá, þar sem hún liggur tvískipt um Víkurbraut og Túngötu. Við Víkurbraut hefur myndast hellir vegna mikils landsigs og misgengishreyfinga um Stamphólskjá þar sem aflögunin hefur ekki náð öll til yfirborðs, heldur hafa myndast holrými við kargalag í hraunlagasyrpu í Sundhnúkahrauni. Við Túngötu er stór gjá, um 2-3 m á breidd og yfir 25 m á dýpt, þar sem endurtekin gliðnun hefur átt sér stað í meira en 10.000 ár. Sundhnúkahraun (sha), um 2000 ára gamalt. Hópsheiðar- og Hópsnesshraun (hh), um 8000 ára gamalt. Hraun í Klifhólum og Selhálsi (ks), um 13-15 þúsund ára.

Til að útskýra betur á einfaldan hátt þróun Stamphólskjár innan Grindavíkur hefur verið teiknað upp hugmyndalíkan (mynd 17). Hugmyndalíkanið endurspeglar einnig þá þætti sem skilur Stamphólskjána frá öðrum sprungum í bænum. Fyrir um:

- **12.500-15.000 árum** - Hópshraun (ks) rann. Áætlað meira en 10 m þykkt og stórstuðla.
- **12.500-8.000 árum** - Gliðnun á sér stað og Stamphólskjá byrjar að myndast. Ísaldarjökullinn hörfar endanlega af Reykjanesinu og skilur eftir sig setlög (1-2 m á þykkt). Jarðvegur hleðst síðan upp.
- **~8.000 árum** - Hópsheiðarhraun (hh) rennur yfir Stamphólskjá. Gera má ráð fyrir því að gjáin hafi verið um 10-30 cm breið í ks-hrauni þegar hh-hraunið rann um svæðið. Það náði ekki að fylla í sprunguna.

- **8.000-2.000 árum** - Gliðnun og landsig. Holrými byrja að myndast þar sem setlög byrja að vaskast út á milli hraunlaga. hh-hraun byrjar að brotna upp samfara gliðnun á svæðinu en hraunið nær að brúa gjána. Stamphólsgjá, 100-150 cm breið í ks-hrauni.
- **~2.000 árum** - Gliðnun og landsig samfara eldvirkni í Sundhnúkum fyrir um 2000 árum. Hraunið rann til sjávar um sigdal þar sem Stamphólagjá hefur markað austur-jaðarinn. hh-hraun brotnar enn meira upp og þynnist. Gjáin um 150-200 cm breið í ks-hrauni.
- **Í dag** - Gliðnun og landsig samfara eldvirkni í Sundhnúkum. Leiðir opnast niður í Stamphólsgjá þar sem hh-hraun nær ekki lengur að brúa gliðnunina. Holrými koma í ljós þar sem setlög á milli hrauna hafa vaskast út. Gjáin um 150-250 cm á breidd í stórstuðla ks-hrauni. Grunnvatn liggur á um 10 m dýpi.



Mynd 17. Hugmyndalíkan að þróun Stamphólsgeirar.

Mikilvægt er að hafa í huga að mismunandi hraunlög og samsetning þeirra getur haft mikla þýðingu þegar kemur að umfangi sprungna undir yfirborðinu. Þessi þáttur kann að leiða til þess að aðstæður sem á yfirborði virðast sambærilegar með tilliti til ástands eigna eru metnar með ólíkum hætti.

Viðgerðaráætlanir, aðferðafræði og kostnaðarmat

Í þeim tilfellum þar sem grundun mannvirkja var röskuð vegna jarðhræringa, og talin var þörf á viðgerð á grundun, var útbúin viðgerðarlýsing og kostnaðaráætlun fyrir slíka framkvæmd.

Hlutverk matsmanna er að leggja fram aðferðafræði sem telst vera fullnægjandi til þess að gera hið skemmda jafn gott og það var fyrir tjónsatburð og kostnaðarmat á viðgerðinni í samræmi við fyrirliggjandi aðferðafræði. Tekur matið jafnframt mið af því að tjónþoli ráði sér hönnuð sem

útfærir endanlega lausn, en í kostnaðarmati er tiltekinn kostnaður vegna tæknilegrar umsjónar, sem felur í sér kostnað vegna framangreindrar verkfræðipjónustu.

Eftir atvikum var einnig metinn kostnaður við aðgerðir sem þörf er að fara í til þess að tryggja öryggi starfsmanna við viðgerðir. Slíkar aðgerðir fela meðal annars í sér afmörkun vinnusvæðis út frá húsi, fyllingu í sprungur og dúkun, ásamt rekstri öryggisráðstafana og aðstöðu.

Líkt og áður hefur verið vikið að geta aðstæður sem á yfirborði virst vera álíkar, í raun verið mjög ólíkar, þegar jarðfræðin er skoðuð meðal annars með tilliti til hraunlaga og sprungna. Endurspeglast þetta í ólíkum viðgerðaráætlunum og kostnaði, til að mynda hvað varðar magn efnis og vinnu. Ber því að fara varfærnislega í að bera kostnað vegna viðgerða á ólíkum stöðum saman, án þess að líta til jarðfræðilegra áhrifaþátta. Þær aðgerðir, sem lýst er hér að neðan og í matsgerðum, eru vel þekktar og hefur fengist góð reynsla af sambærilegum aðgerðum, bæði hérlandis og erlendis.

Til þess að gæta samræmis, milli matsgerða þar sem þörf er á grautun eða jarðtæknilegri styrkingu á undirstöðum, var gerður grunnur að einingaverðum sem byggir á tilboðum og verðum birgja en miðað er við notkun á efnum frá Webac. Miðað var við notkun tvenns konar efna frá Webac

- Webac SILfill (eða sambærilegt). Um er að ræða efni með mjög mikla þenslueiginleika og er það fyrst og fremst ætlað í stór holrými þar sem þörf er á að styðja við fyllinguna.
- Webac PURseal (eða sambærilegt). Ætlað er að þetta efni sé notað í kontaktgrautun undir plötu eða sökklá, ýmist notað eitt og sér eða á eftir SILfill til að tryggja ásetu. Efnið er með litla þenslueiginleika en myndar fullnægjandi burðargetu.

Sumarið og haustið 2025 stóð Grindavíkurbær fyrir grautunaraðgerðum undir íþróttahúsi bæjarins og við suðurálmú Hópsskóla. Þær framkvæmdir hafa gengið vel og náð tilætluðum árangri. Mat og aðgerðaráætlun byggir meðal annars á þeirri reynslu.

Framkvæmd grautunar var eftir aðstæðum sett fram í allt að þremur skrefum. Ólíkar aðstæður gera það að verkum að ekki er þörf á að framkvæma öll skrefin fyrir hverja og eina eign. Umfang skrefa var jafnframt háð aðstæðum á hverjum stað. Til að mynda var áætlaður fjöldi tenginga og aðgerða, þar með talið uppsetning og frágangur, metinn sérstaklega fyrir hvert tilfelli. Hér verður þessum þrepum gerð frekari skil. Á mynd 18, hér að neðan er skýringarmynd frá Webac og mynd 19 sýnir notkun SILfil efnisins við Hópskóla.

Þrep 1

Þrep 1 snýr að því að fylla/styrkja sprungu sem kann að hafa myndast eða stækkað undir húseign. Í þessu þrepi er gert ráð fyrir notkun Webac SILfill með mikla þenslueiginleika. Magnáætlun fyrir grautunarefni byggir á áætluðu hámarksrúmmáli sem þörf er að fylla og byggir því á upplýsingum um lengd, breidd og dýpi sprungunnar í samræmi við mælingar og rannsóknir á staðnum.

Framkvæmdin snýr að því að grautunarrörum (-spjótum) er komið fyrir í holrými undir húsi, en fjöldi, lengd og staðsetning röra geta verið ólík eftir aðstæðum og umfangi. Í sumum tilvikum er hægt að leggja rörin í mismunandi dýpt eða lengd inn í sprungu, en í öðrum tilfellum þarf að reka

slík rör niður í gegnum yfirborðsjarðlög, fyllingar eða reka niður í hraunkarga. Tilgangurinn með þessari djúpu grautun er að styðja við jarðveg, fyllingar og lausar blokkir í hrauninu, þannig að komið verði í veg fyrir frekara hrun og rýrnun fyllingarefna í undirstöðu mannvirkja.

Kostnaður vegna þreps 1 tekur mið af nokkrum verkþáttum. Voru þeir til að mynda að grafa frá sökklum, undirbúningur holu/spjóta, pökkun fyllingar í kring, tengingar, staðsetningar vöktunarnippla og efni til þéttingar. Ekki var þörf á öllum verkþáttum við hverja eign og réðst umfang hvers þáttar jafnframt af aðstæðum.

Þrep 2

Þrep 2 felur í sér kontaktgrautun á sökklum. Í þessu þrepi er gert ráð fyrir notkun Webac PURseal. Magnáætlun fyrir grautunarefni byggir á lengd og breidd sökkla sem þarfnast frekari styrkingar.

Framkvæmd snýr að því að endurheimta berandi jarðveg í undirstöðu sökkla. Víða á sprungusvæðum eru sökklar á lofti eða lítið tengdir við berg eða þjappaða fyllingu í undirstöðu. Verði ekki gert við slíka staði er óhjákvæmilegt að frekari aflögun verði á húsum eða byggingarhlutum. Efni til kontaktgrautunar er valið með litla þenslu og hefur burðargetu mjög sambærilega við vel þjappaða fyllingu. Í flestum tilfellum er grautunarspjótum komið fyrir utan með sökklum, með opnun í hæð við neðri brún sökkla. Grautað er í gegnum fyllingu þannig að efnið þrýstist inn í holrými undir sökklum fremur en að leita upp á yfirborð.

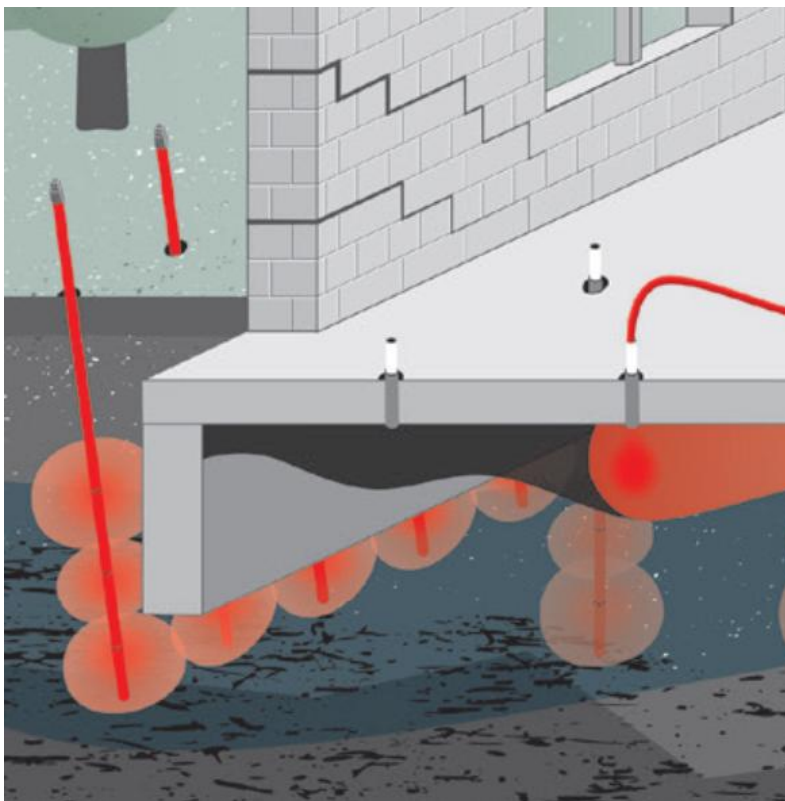
Kostnaðaráætlun fyrir þrep 2 tekur mið af nokkrum verkþáttum. Þeir eru til að mynda gröftur frá sökkli, fyllingar, staðsetningu grautunarspjóta og vöktunarnippla í sökkli og efnabéttingu. Ekki var þörf á öllum verkþáttum við hverja eign og réðst umfang hvers þáttar jafnframt af aðstæðum.

Þrep 3

Þrep þrjú felur í sér kontaktgrautun undir gólfplötu. Í þessu þrepi er gert ráð fyrir notkun Webac PURseal. Magnáætlun fyrir grautunarefni byggir á rúmmáli fyllingar undir botnplötu sem þarfnast frekari styrkingar og/eða holrými undir botnplötu sem þarf að fylla.

Framkvæmd snýr að því að borun í gegnum plötu fyrir spjót eða pakkara, einnig kemur til greina að bora lárétt rör utan frá, sem væru þá í hæð við neðri brún plötu. Ekki er gert ráð fyrir að þétting undir plötu þurfi að vera samfelld. Þar sem hlífa þarf gólfefnum er frekar unnið með þeim hætti og valin eru rými þar sem gólfefnum væri fórnað til að hlífa öðrum rýmum.

Kostnaðaráætlun fyrir þrep 3 tekur mið af nokkrum verkþáttum. Þeir eru til að mynda staðsetningu nippla og vöktunarnippla í sökkli og/eða botnplötu og efnabétting. Ekki var þörf á öllum verkþáttum við hverja eign og réðst umfang hvers þáttar jafnframt af aðstæðum.



Mynd 18. Dæmi um kontaktgrautun við sökkla og dælingu niður um plötu. Mynd frá Webac. Fyrir verkefni í Grindavík, væru notuð spjót með opnun aðeins í enda til að þrýsta efni undir sökkul fremur en í fyllingu. Grautun undir plötu er einnig hægt að framkvæma utan frá með láréttum rörum í gegnum sökkul.



Mynd 19. Dæmi um grautun á fyllingu undir Hópsskóla. Þar náðist að grauta niður á um 6 m dýpi með SILfíll.