



Notkun á yfirborðsbylgjum við mat á stífnieiginleikum jarðvegs og jarðvegsfyllinga

Elín Ásta Ólafsdóttir, Bjarni Bessason, Sigurður Erlingsson





Bakgrunnur

- Á Íslandi eru víða þykk laus setlög sem myndast hafa við framburð, eldgos og fok.
- Jarðvegsfyllingar eru einnig mikið notaðar í mannvirkjagerð.
- Þekking á eiginleikum setlaga/fyllinga er nauðsynleg við hönnun mannvirkja.
 - Stífni, styrkur, þjöppunarstig, lagskipting, heildarþykkt (dýpi niður á fast), jarðvatnsstaða, hegðun í jarðskjálftum ($V_{S,30}$, sveiflumögnun, ysjun), o.fl.





Ákvörðun á stífnieiginleikum jarðvegs

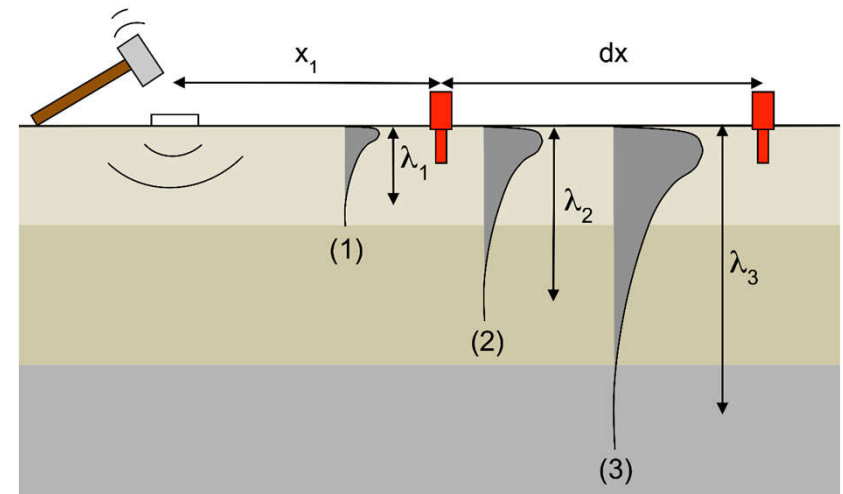
- Borholuaðferðir (*down-hole/cross-hole seismic surveys*).
- SPT/CPT (*standard/cone penetration tests*).
- **Yfirborðsbylgjuaðferðir** (*surface wave analysis methods*).
 - **Aktífar** (*active-source*) og **passífar** (*passive-source*) mælingar.
 - Helstu kostir:
 - Ódýrar í framkvæmd og krefjast einungis léttis tækjabúnaðar.
 - Valda ekki skemmdum á yfirborði prófunarstaðar (*non-invasive testing*).
 - Henta fyrir fjölbreyttar jarðvegsgerðir.





Yfirborðsbylgjur

- Rayleigh-bylgjur tvístrast í lagskiptum jarðvegi (*dispersive waves*).
 - Bylgjur með mismunandi bylgjulengd (og mismunandi tíðni) ferðast með mismunandi hraða.
 - Útbreiðsluhraði háður stífni og eðlismassa jarðlaganna sem bylgjurnar berast um.
- Könnunardýpi ræðst af bylgjulengd (tíðni) greindra Rayleigh-bylgna.



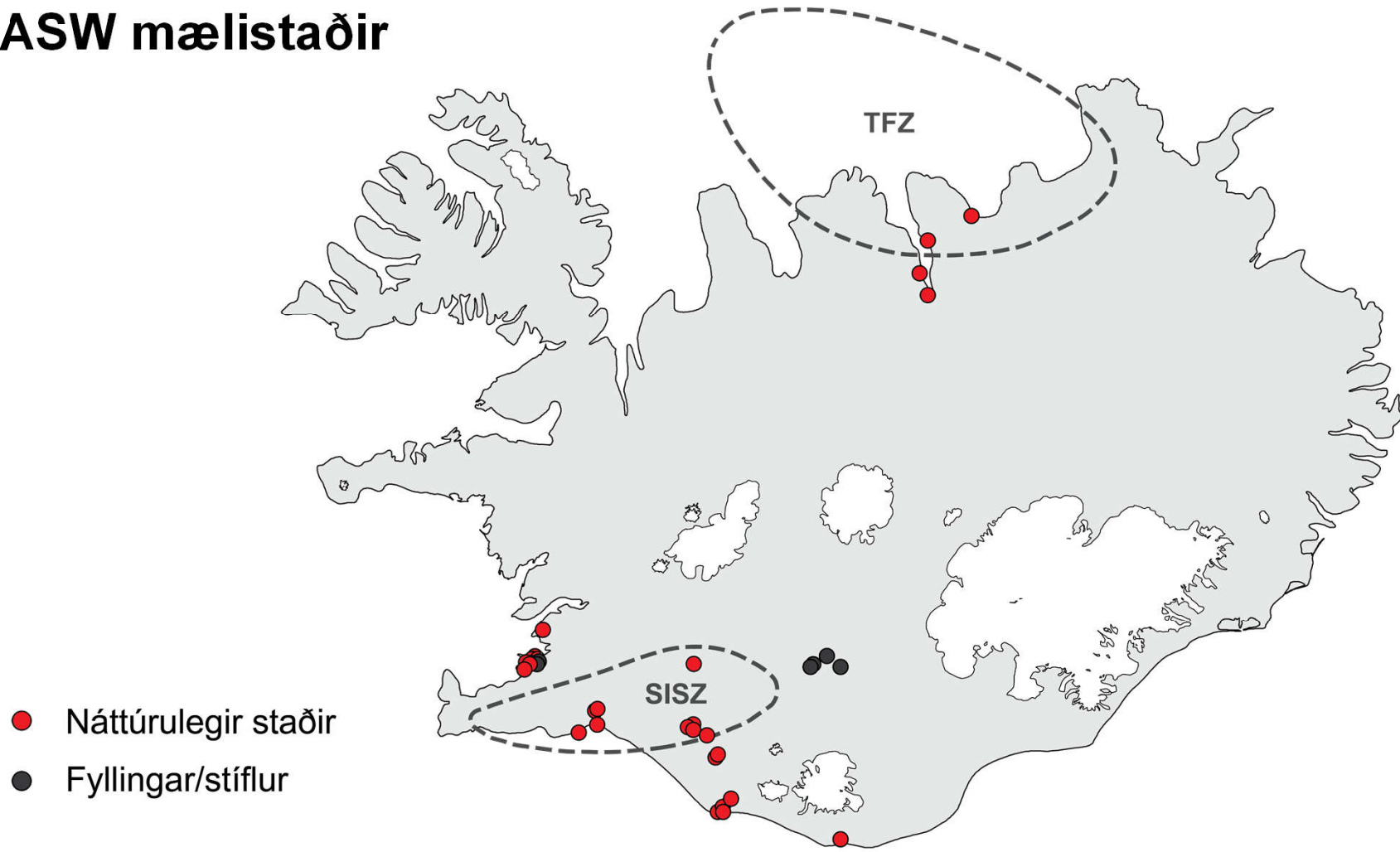


Aktífar yfirborðsbylgjuaðferðir

- **SASW** (Spectral Analysis of Surface Waves)
 - 2-10 hraðanemar. Gögn frá tveimur nemum í senn notuð við úrvinnslu.
- **MASW** (Multichannel Analysis of Surface Waves)
 - Byrjað að próa/nota hérlendis árið 2013.
 - 24+ hraðanemar. Gögn frá öllum nemum greind samtímis.
 - Aukinn áreiðanleiki niðurstaðna (hærra „signal/noise“ hlutfall) og aukið könnunardýpi miðað við SASW.

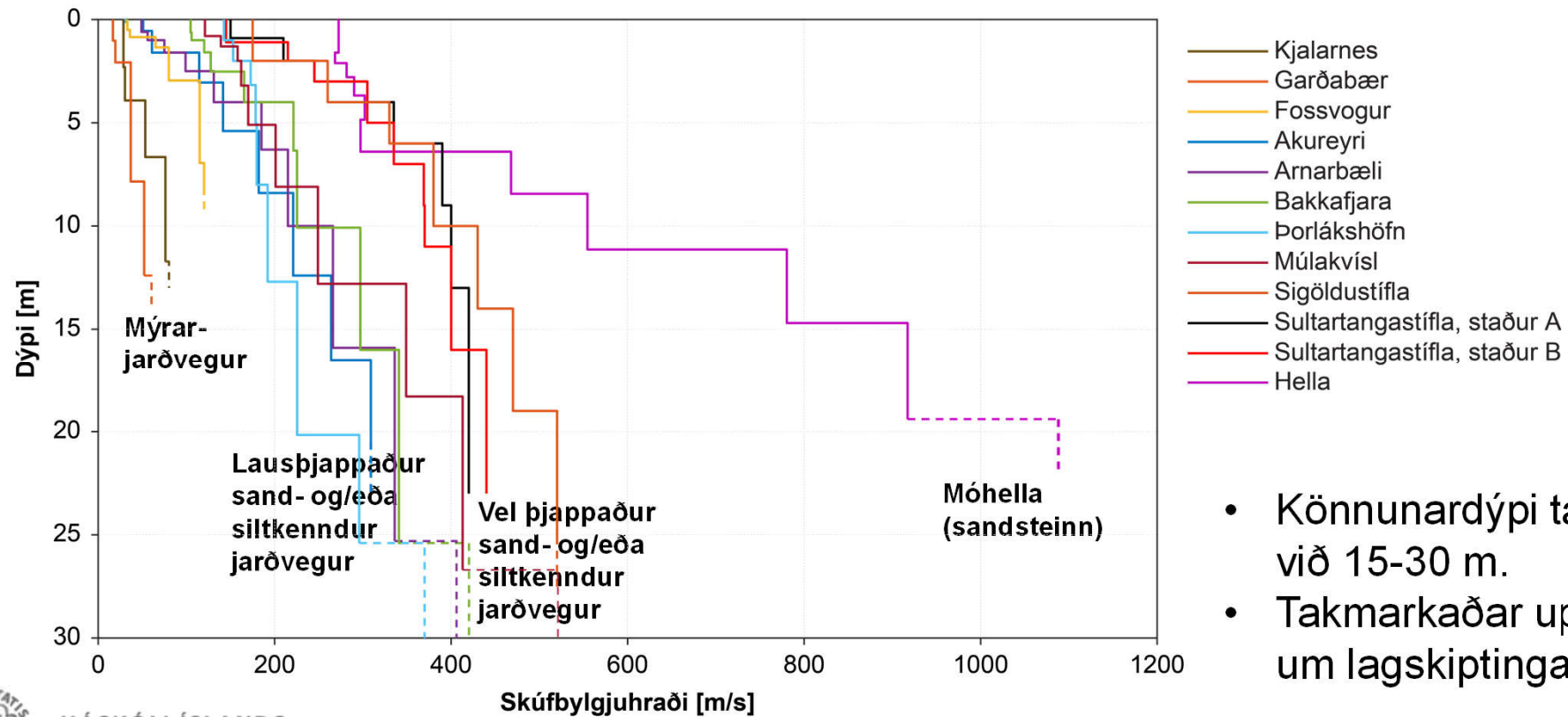


MASW mælistaðir





Samanburður á skúfbylgjuhraðaferlum (MASW) fyrir ólíkan jarðveg



- Könnunardýpi takmarkast við 15-30 m.
- Takmarkaðar upplýsingar um lagskiptingar/dýpi á fast.



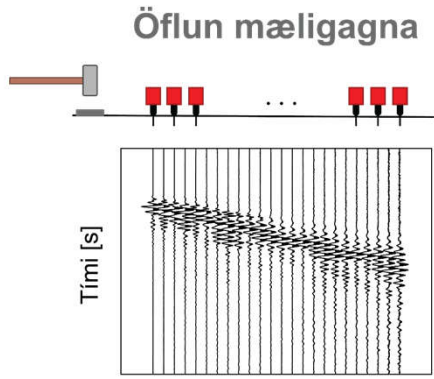


Sambætting aktífra og passífra mælinga

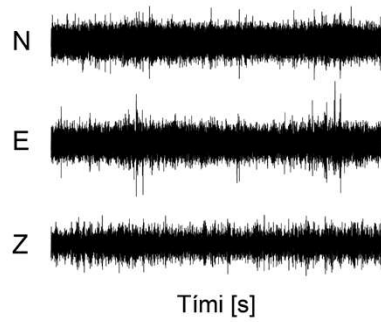
- Bæta við mælingum frá frístandandi jarðskjálftamælum sem nema umhverfistitring.
 - Verulega aukið könnunardýpi við mat á V_S .
 - Mat á grunntíðni jarðlagastaflans.
 - Auknar upplýsingar um lagskiptingu og „gerð“ prófunarstaðar (setlög yfir föstu bergi, stíft lag milli setlaga, fast berg, o.s.frv.).
 - Möguleikar á að meta dýpi niður á fast og/eða dýpi niður á stíf jarðlög?



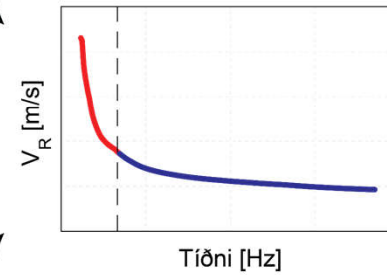
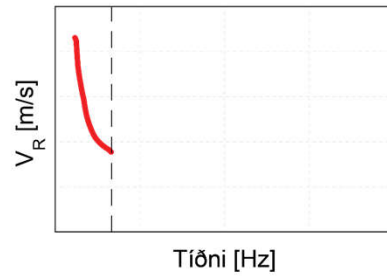
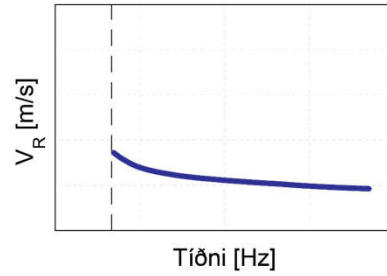
Aktífar mælingar



Passífar mælingar

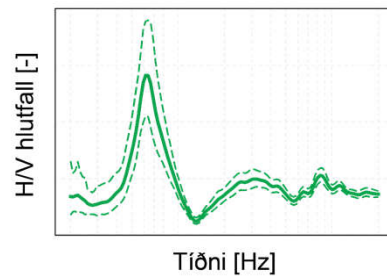


Greining mæligagna



Tvístrunarferlar frá aktívum og passívum mælingum sameinaðir.

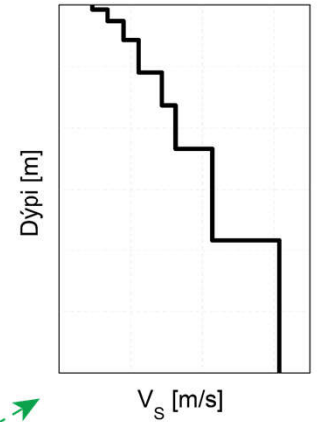
- Aukið könnunardýpi.



Hlutfallsgreining tíðnirófa (HVSR aðferð)

- Mat á einsleitni prófunarstaðar.
- Auknar upplýsingar um lagskiptingu.
- Mat á grunntíðni/sveiflutíma jarðlagastafla.

Bakreikningar

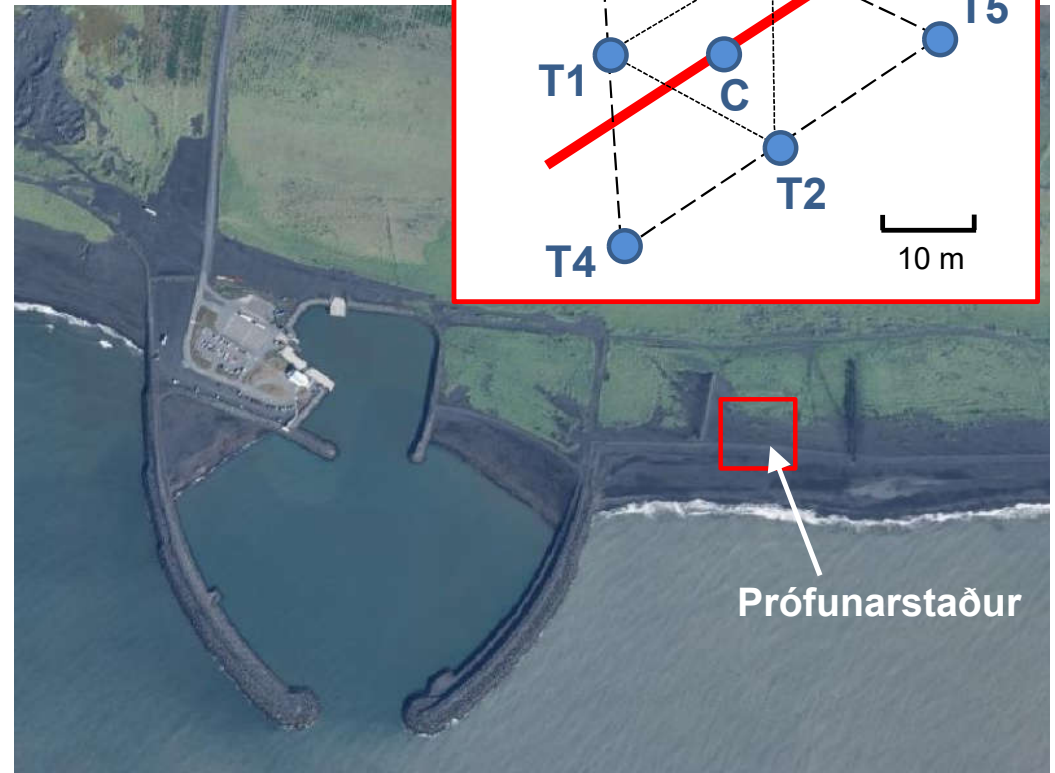




Sambætting aktífra og passífra mælinga

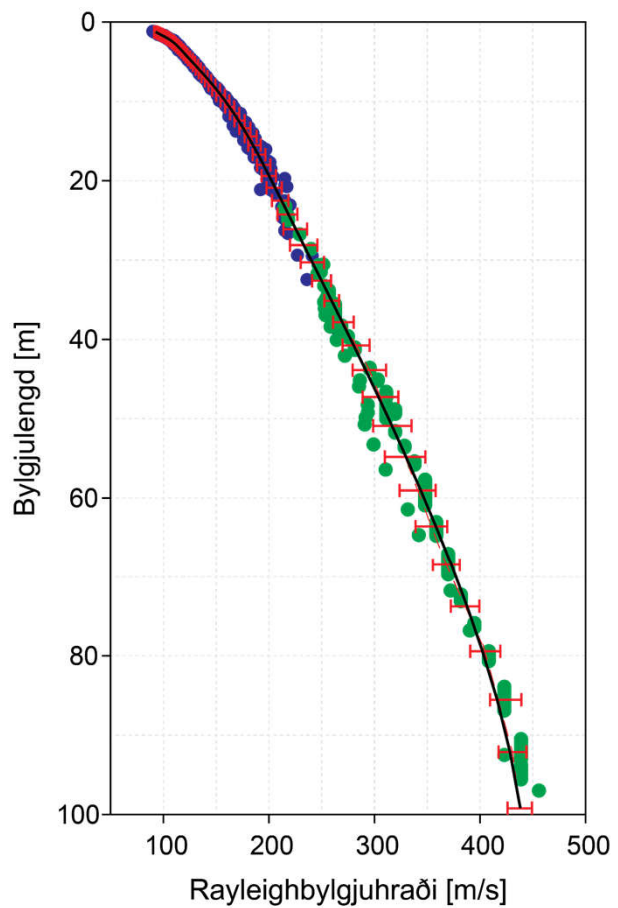
Bakkafjara (við Landeyjahöfn)

- Aktífar mælingar:
 - 24 hraðanemar (4,5 Hz).
 - Þrjú mæliferlar (11,5-46,0 m) með sameiginlegan miðpunkt.
- Passífar mælingar:
 - Fjórir jarðskjálftamælur (0,2 Hz).
 - Nenum stillt upp í tvo sammiðja þríhyrninga.

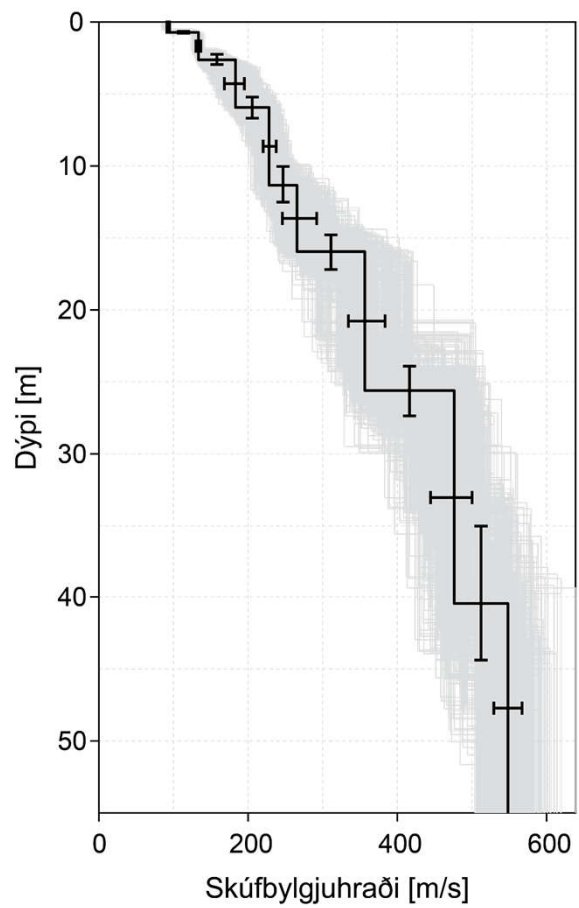




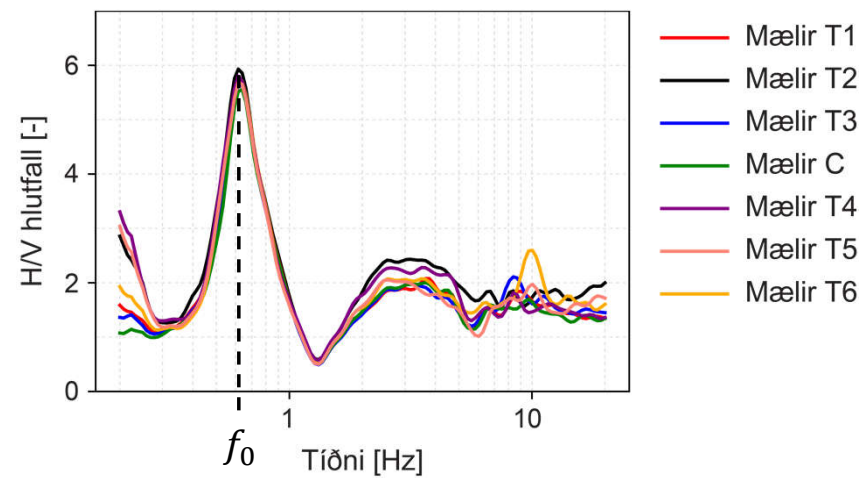
**Uppstilling
mælistöðva**



- Mæligildi, aktífar mælingar (MASW)
- Mæligildi, passífar mælingar
- |- Mældur ferill (meðaltal ± staðalfrávik)
- Fræðilegur tvístrunarferill (miðgildi V_S)

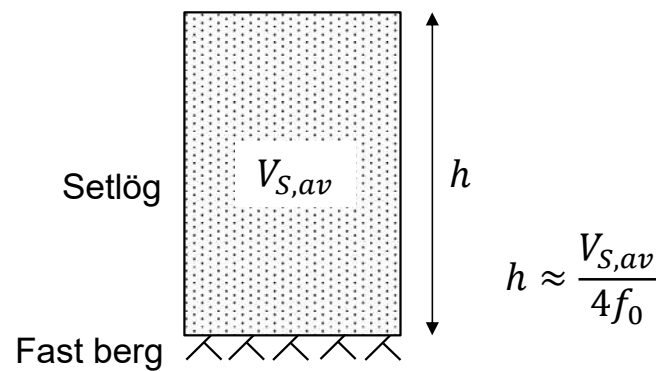


- Bakreiknaðir skúfbylgjuhraðaferlar
- Miðgildi skúfbylgjuhraðaferla
- ± 20%/80% mörk skúfbylgjuhraða/dýpis

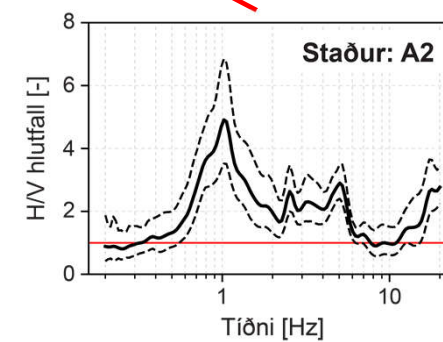
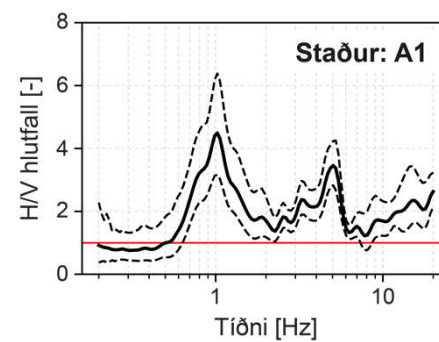
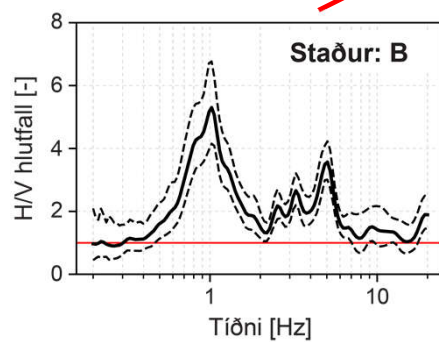
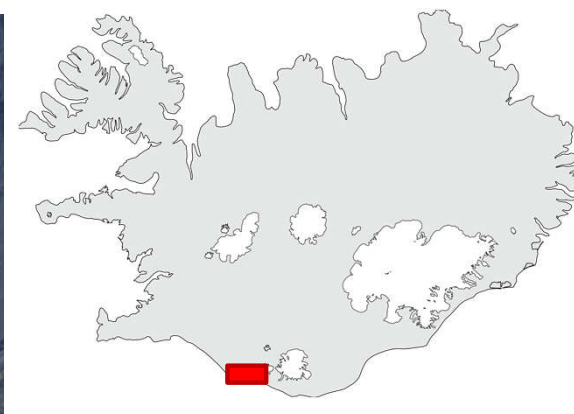
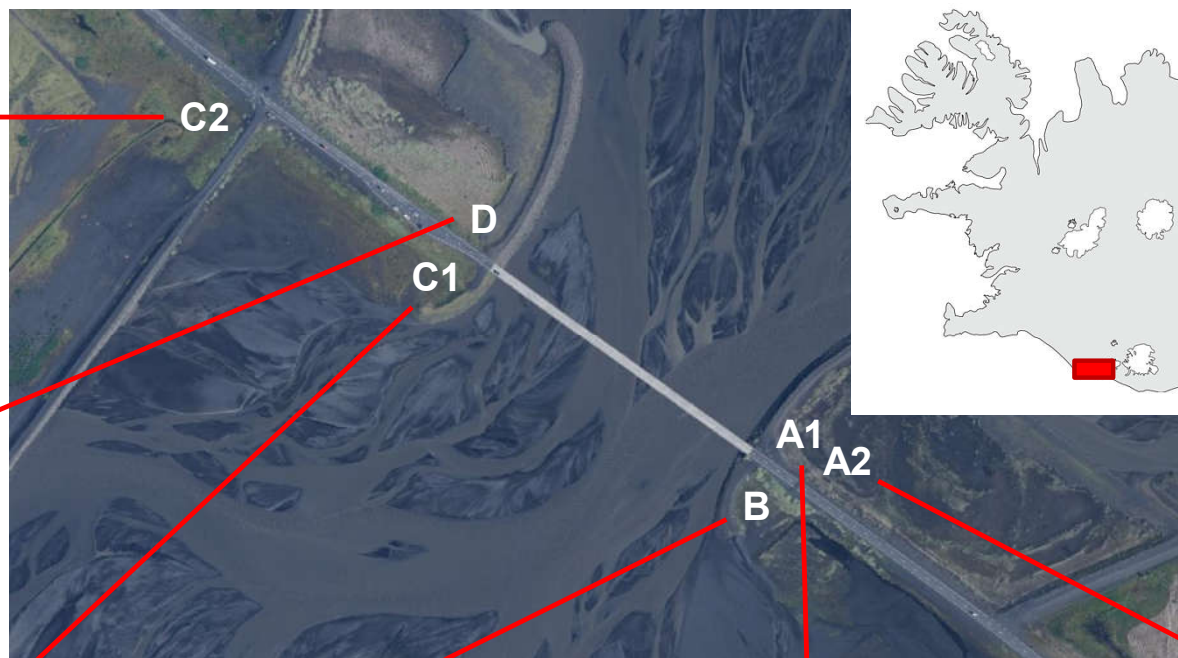
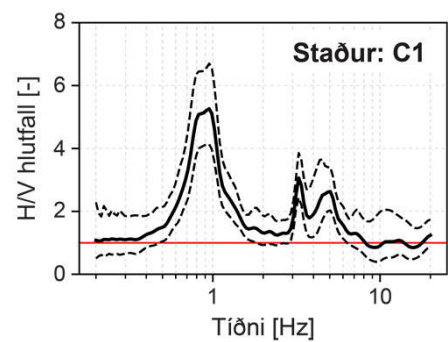
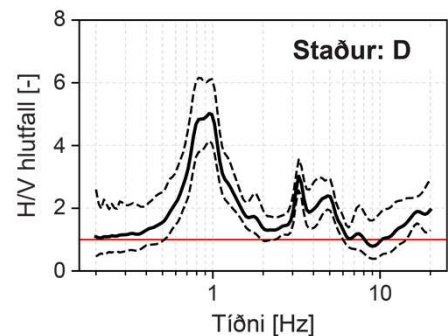
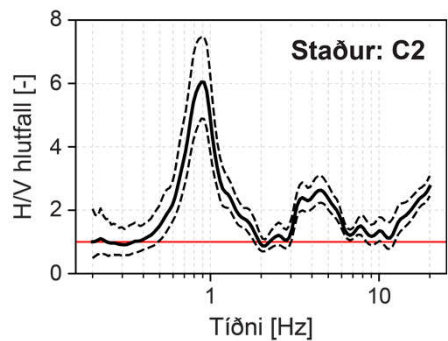


- Mælir T1
- Mælir T2
- Mælir T3
- Mælir C
- Mælir T4
- Mælir T5
- Mælir T6

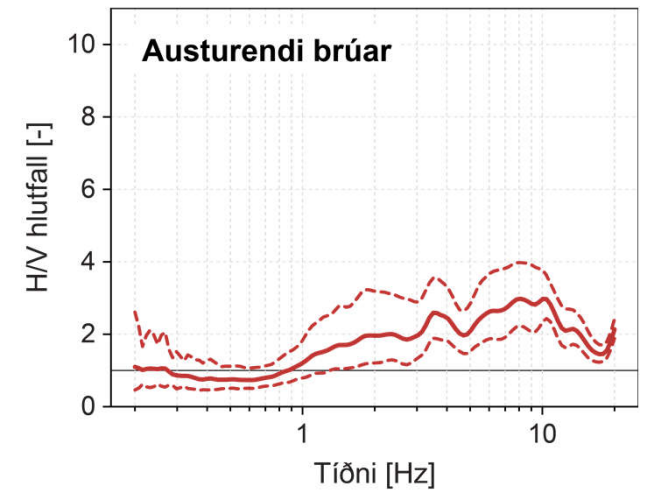
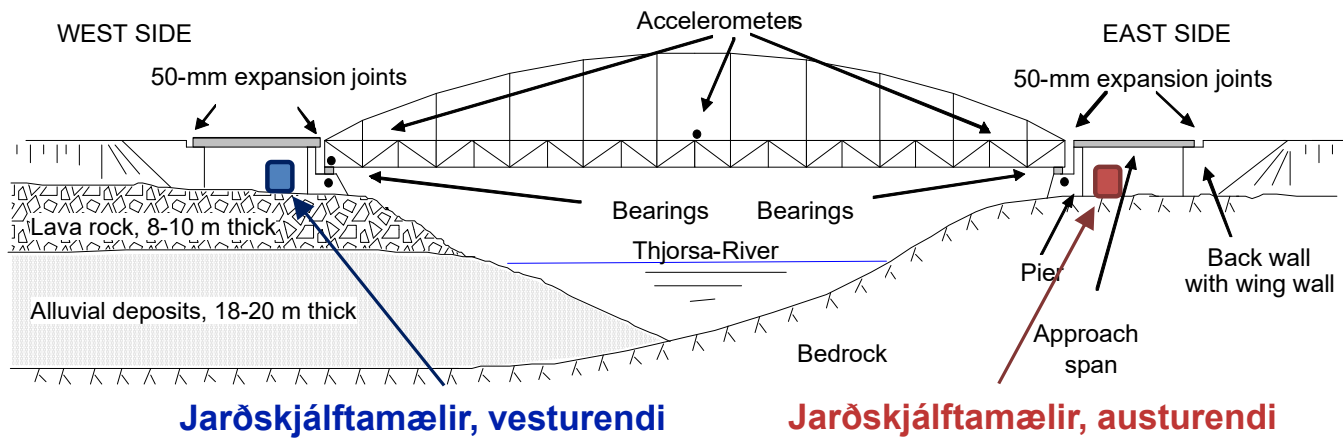
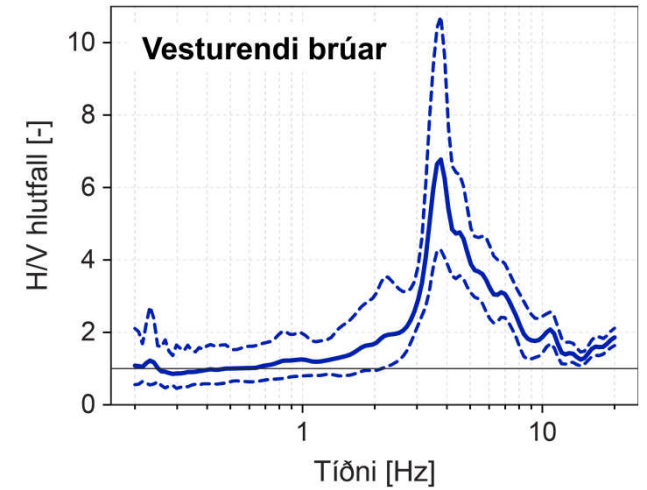
Náttúruleg tíðni jarðlagastafla: $f_0 \approx 0,62$ Hz
 Sveiflutími: $T_0 = 1/f_0 \approx 1,6$ s



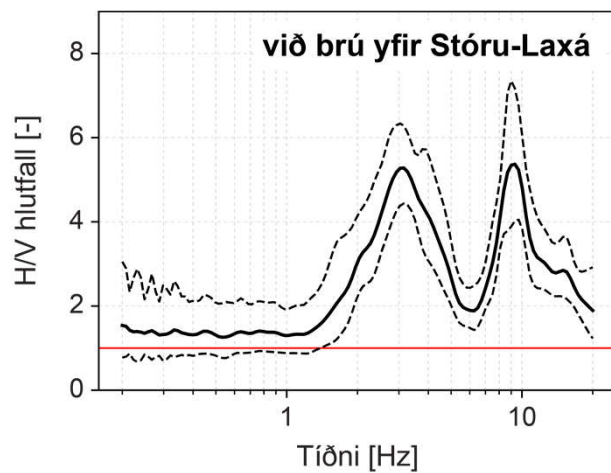
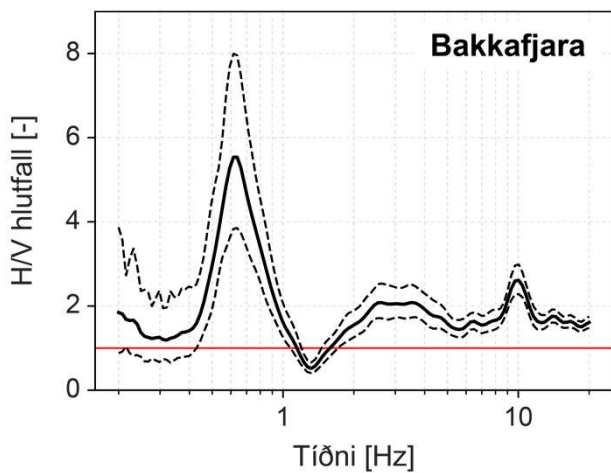
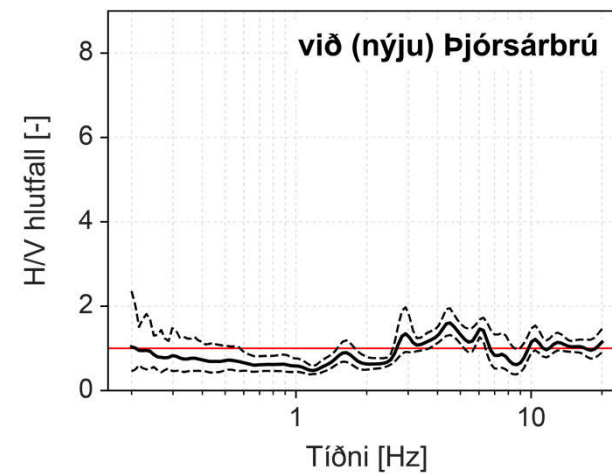
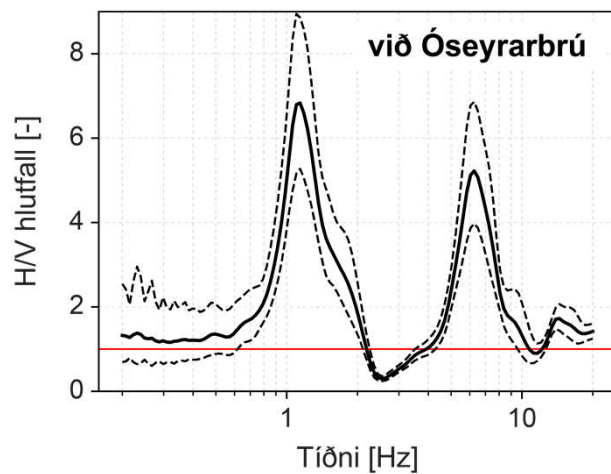
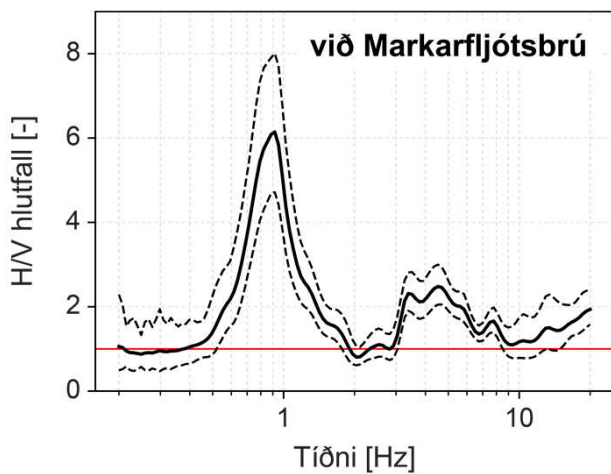
Markarfljótsbrú – passífar mælingar (HVSAR) við brúarenda



Gamla Þjórsárbrú – passífar mælingar (HVSR) við brúarenda



Samanburður HVSR ferla – mat á meginéinkennum prófunarstaða





Samantekt

- Auknir möguleikar á hagnýtingu yfirborðsbylgjuaðferða fást með samþættri notkun aktífra og passífra mælinga.
 - Aukið könnunardýpi og aukinn áreiðanleiki við mat á skúfbylgjuhraða (stífní).
 - Greining á náttúrulegri tíðni mælistaða.
 - Auknar upplýsingar um lagskiptingar og auknir möguleikar á að meta dýpi niður á fast (og/eða dýpi niður á stíf jarðlög).
- Frekari mælingar á stöðum með mismunandi jarðvegsgerð fyrirhugaðar.
 - Samanburður við aðrar mæliaðferðir og/eða reynslulíkingar.

