

29.10.2021

# Stauraundirstöður fyrir brýr

---

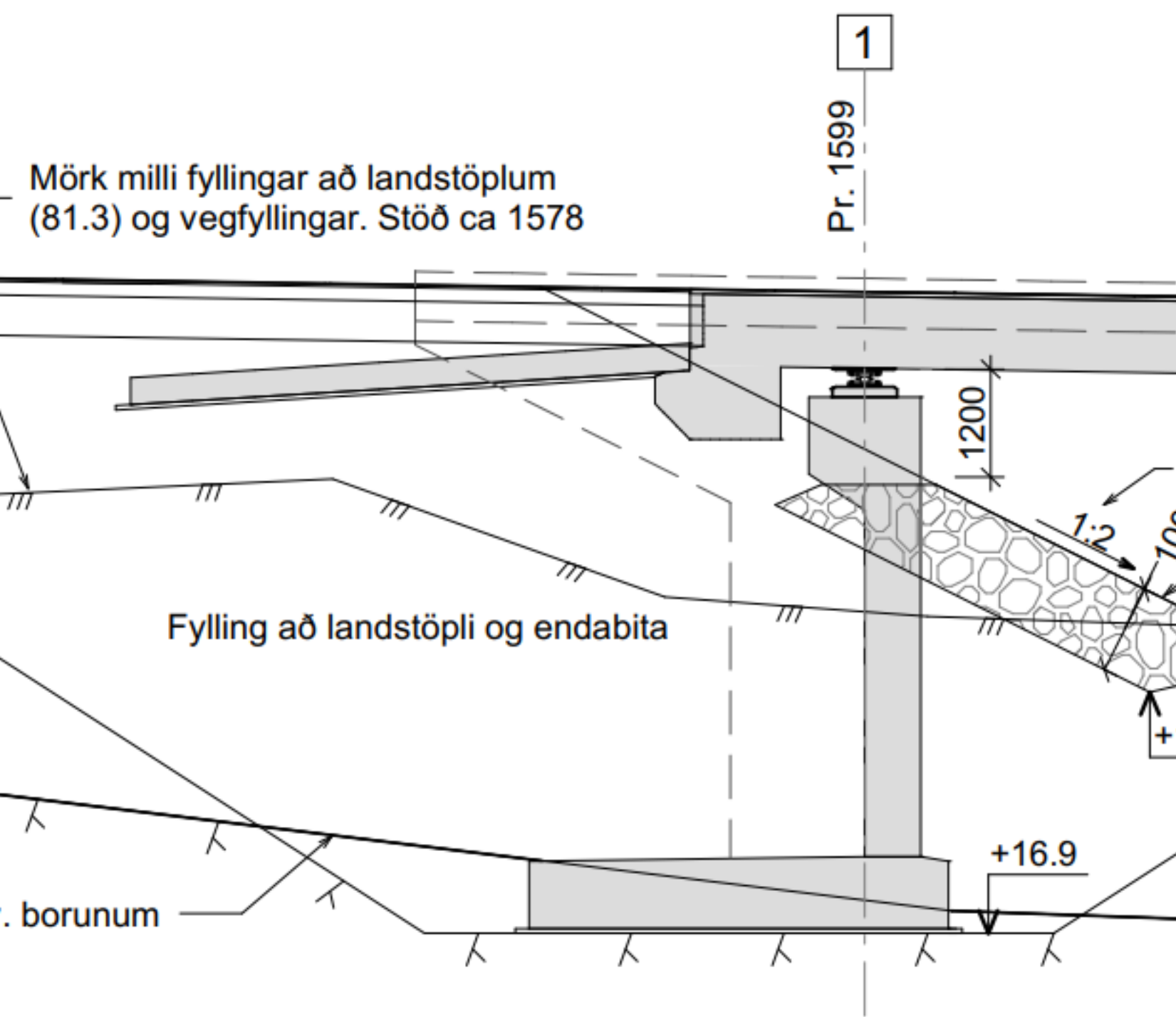
**Andri Gunnarsson**  
Brúarverkfræðingur

## Um verkefnið

---

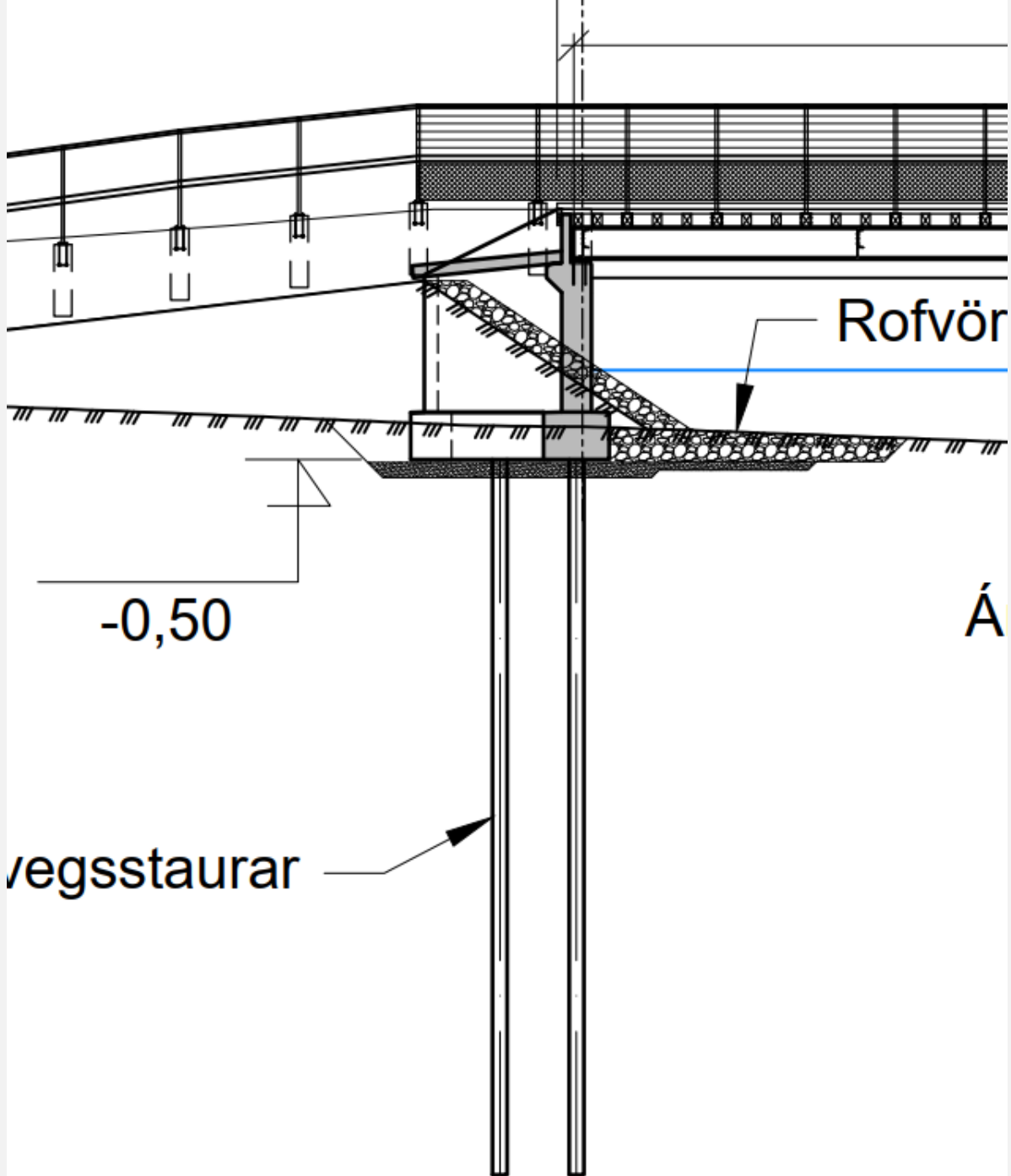
- Sótt var um styrk úr rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar í febrúar 2021 og fékk verkefnið úthlutað styrk
- Verkefnið snýst um að skoða aðferðir við hönnun stauraundirstaðna fyrir brýr á viðnámsstaurum
- Verkefninu er skipt í eftirfarandi hluta:
  - Skoða hönnunaraðferðir
  - Taka saman mælingar á burðarþoli sem gerðar hafa verið á Íslandi
  - Framkvæma dýnamískt álagspróf („PDA álagspróf“)
  - Gera tillögu að verklýsingu fyrir „PDA álagspróf“
  - Gera tillögu að jarðkönnunum sem æskilegt væri að gera fyrir hönnun á stauraundirstöðum

Mörk milli fyllingar að landstöplum  
(81.3) og vegfyllingar. Stöð ca 1578

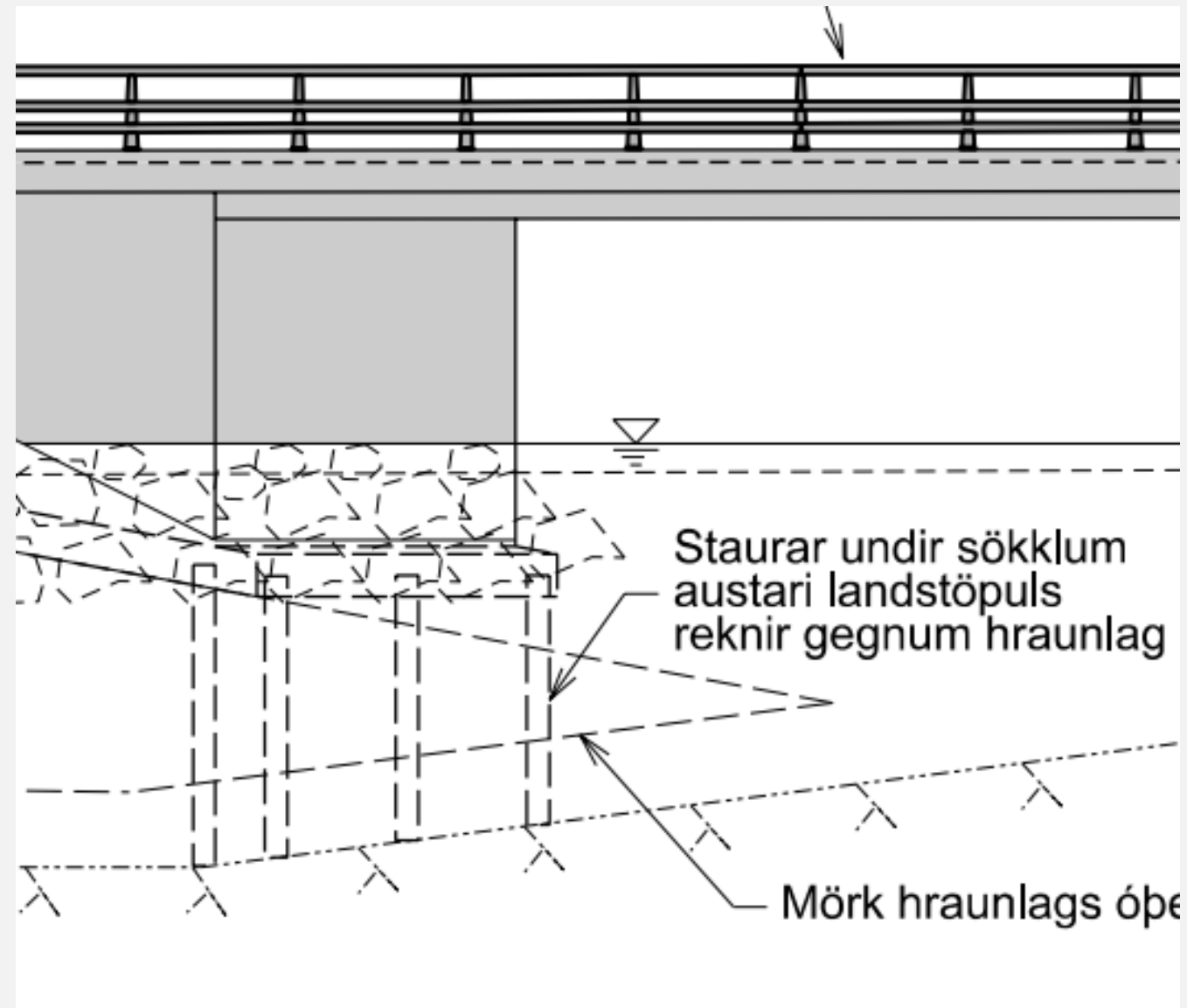


## Stauraundirstöður

- Það er algengast á Íslandi að grunda mannvirki beint á föstum botni/klöpp
- Þegar það er langt frá undirstöðu niður á fastan botn þá eru hins vegar oft notaðar stauraundirstöður til að grunda mannvirki
- Það er hægt að nota endaberandi staura sem eru reknir niður á fastan botn eða viðnámsstaura sem eru bornir af núningsmótstöðu jarðvegs



Á



## Hönnunaraðferðir staura

---

- Reikniaðferðir skv. Eurocode 7 og/eða öðrum hönnunarleiðbeiningum. Þær byggjast á að þykkt og eiginleikar jarðlaga sé þekkt
- Núningsburður í hverju jarðlagi er reiknaður og síðan lagður saman eftir lengd staur. Að auki leggst við endaburður
- Hefur sýnt sig að vera nokkuð íhaldssöm aðferð við Íslenskar aðstæður
- Framkvæma höggborun og meta burðarþol skv. viðmiðunargildum fyrir burðarþol
- Það er algengasta aðferðin við hönnun staura undir brýr í dag
- Hægt er að nota gögn frá niðurrekstri (þ.e. orku við að reka niður staur) til að meta burðarþol og þar með staðfesta áætlað burðarþol við hönnun
- Aðferðin er nokkuð íhaldssöm en getur staðfest öryggi hönnunar

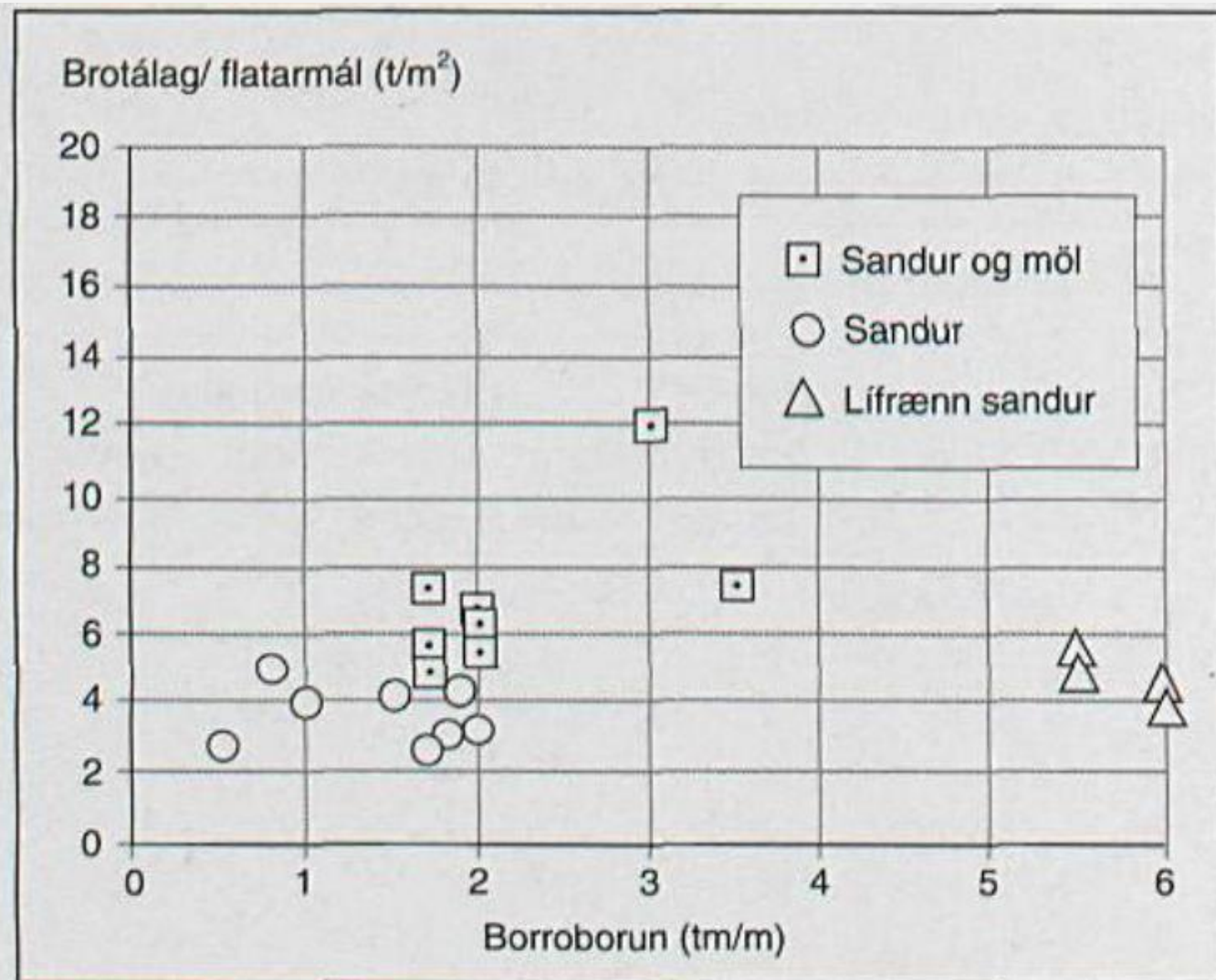
## Prófanir á staurum

Jarðlög	Pökkun	Borro borun tm/m	Brotálag/flatarmál (t/m <sup>2</sup> )		
			Steyptur	Tré	Stál
Sandur og möl	Lítill	1,5	5	11	
	Mikil	4	10	14	
Sandur	Lítill	1,5	3	8	2,5
	Mikil	4	6	11	3
Lífrænt silt	Lítill	1,5		2,5	
	Mikil	4		3	

**Tafla 8** Viðmiðunargildi fyrir 8 til 16 metra langa staka staura.

- Jón Skúlason safnaði saman niðurstöðum úr 53 álagsprófum 1993 og birti viðmiðunargildi fyrir burðarþol staura í Árbók VFÍ
- Í niðurstöðunum eru álagspróf tengd saman við höggborun og þannig gefin möguleiki á að meta burðarþol skv. höggborun
- Þessi viðmiðunargildi eru almennt notuð við staurhönnun undir brýr í dag

Staður	Jarðlög	Gerð	Lengd (m)	Fjöldi
Skeiðará	Sandur og mól	Steyptur	11	3
		Tré	10	3
Sandgígju- kvísl	Grófur sandur	Steyptur	11	3
		Tré	10	3
Núpsvötn og Súla	Sandur og mól	Steyptur	11	4
		Tré	10	1
Múlakvísl	Sandur og mól	Steyptur	16	4
Markarfljót	Sandur og mól	Steyptur	16	2
Búrfellslína	Fínn sandur	Tré	12,5	1
Hvalfjörður	Siltr. lífrænn sandur	Steyptur	20,5	1
		Tré	23,5	1
		Stál	25 og 38	2
Borgarfjörður	Fínn sandur	Steyptur	11	2
		Tré	10	2
		Stál	13	3
Hnausakvísl	Lífrænt silt	Tré	10	3
Héraðsvötn	Sandur og mól	Steyptur	12	2
Svarfaðar- dalsá	Grófur sandur	Steyptur	14	1
		Tré	13,5	1
Akureyrarhöfn	Fínn sandur	Steyptur	9-15	5
Eyjafjarðará	Siltr. lífrænn sandur	Steyptur	16	4
Lagarfljótsbrú	Lífrænt silt	Tré	13,7	2



**Mynd 5** Brotálag steyptra staura.

**Tafla 1** Yfirlit yfir aðstaður og gerð og fjölda prófaðra staura.

## Áframhaldandi prófanir á staurum

- Lítið hefur gerst undanfarin 30 ár. Það er komin tími á að uppfæra hönnunarforsendur fyrir staura
- Búa til fleiri punkta á grafið frá Jóni Skúlasyni og bæta þar með forsendur fyrir hönnun staura
- Tengja betur saman gerð og eiginleika jarðvegs við burðarþol staura
- Öryggi mannvirkis
  - Áætla raunverulegt burðarþol staura og staðfesta þannig hönnun
- Hagkvæmni hönnunar
  - Með auknum gögnum er hægt að taka betri og upplýstari ákvarðanir





## Statísk álagspróf

- Tímefrekt og kostnaðarsamt
- Stálbitakerfi er tengt í 4 akkerisstaura
- Vökvatjakkur er notaður til að þrýsta staur niður þangað til brot verður í jarðvegi
- Eitt álagspróf tekur að jafnaði einn dag

## Dýnamískt álagspróf

„PDA álagspróf“

- Einfalt og fljótlegt
- Tveir hröðunarnemar og tveir streitunemar eru festir við toppinn á staurnum
- Nemar eru tengdir við tölvu sem notar sérsniðin hugbúnað til að vinna úr gögnum frá nemunum
- Tvær til þrjár höggseríur keyrðar á staurinn með hamri
- Hvert álagspróf tekur 30-60 mín



## PDA álagspróf við Núpsvötn

---



- Það voru gerð 10 dýnamísk álagspróf á staurum undir nýja brú yfir Núpsvötn í lok ágúst
- Álagsprófið var framkvæmd af dönsku fyrirtæki, CP test, sem sérhæfir sig m.a. í slíkum mælingum
- Staurarnir undir gömlu brúnna voru prófaðir þegar hún var byggð og þá var einnig framkvæmd höggborun og jarðkönnun í brúarstæði nýju brúarinnar.

$$R_{c;k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c;m})_{\text{mean}}}{\xi_1}, \frac{(R_{c;m})_{\text{min}}}{\xi_2} \right\} \quad (7.2)$$

where  $\xi_1$  and  $\xi_2$  are correlation factors related to the number of piles tested and are applied to the mean  $(R_{c;m})_{\text{mean}}$  and the lowest  $(R_{c;m})_{\text{min}}$  of  $R_{c;m}$  respectively.

## Niðurstöður álagsprófs

		Statískt álagspróf	PDA álagspróf	Skv. niðurrekstrar gögnum	Höggborun	Eurocode 7
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
Mælt/reiknað burðarþol	$R_{s,cal}$	<b>1090</b>	1125	1170	1020	925
Leiðréttingarstuðull	$\xi$	<b>1</b>	1,15	1,595	1,45	1,45
<b>Kennigildi hönnunar</b>	<b><math>R_{s,k}</math></b>	<b>1090</b>	<b>980</b>	<b>734</b>	<b>703</b>	<b>638</b>
<hr/>						
Hlutfall af statísku álagsprófi		100%	90%	67%	65%	59%

- „Rétt“ burðarþol staura er skilgreint út frá statísku álagsprófi á fjórum staurum undir gömlu brúnna yfir Núpsvötn og Súlu sem gert var árið 1974.
- Mismunandi reikniaðferðir og PDA álagspróf eru borin saman við statískt álagspróf
  - Burðarþol skv. Eurocode 7 og Peleveledningen 2019
  - Burðarþol skv. niðurrekstrargögnum
  - Burðarþol skv. PDA álagsprófi

## Framhald verkefnis

---

- Leggja fram tillögur að rannsóknum á undirbúningsstigi hönnunar (forhönnun/frumdrög)
- Frá 1993 hefur Vegagerðin bara gert 3 álagspróf á staurum
- Einkaaðilar hafa líka gert álagspróf en það er ekki auðvelt að nálgast þær upplýsingar og líklega ekki um margar prófanir að ræða
- Hönnunarforsendur fyrir staura undir brýr byggja á 53 mælingum á burðarþoli yfir 30-40 ára tímabil
- Síðastliðin tvö ár hefur EFLA komið að PDA mælingum í þremur verkefnum
  - Frystiklefi á Eskifirði: 13 mælingar
  - Bryggja á Eskifirði: 10 mælingar
  - Brú yfir Núpsvötn: 10 mælingar

Takk fyrir