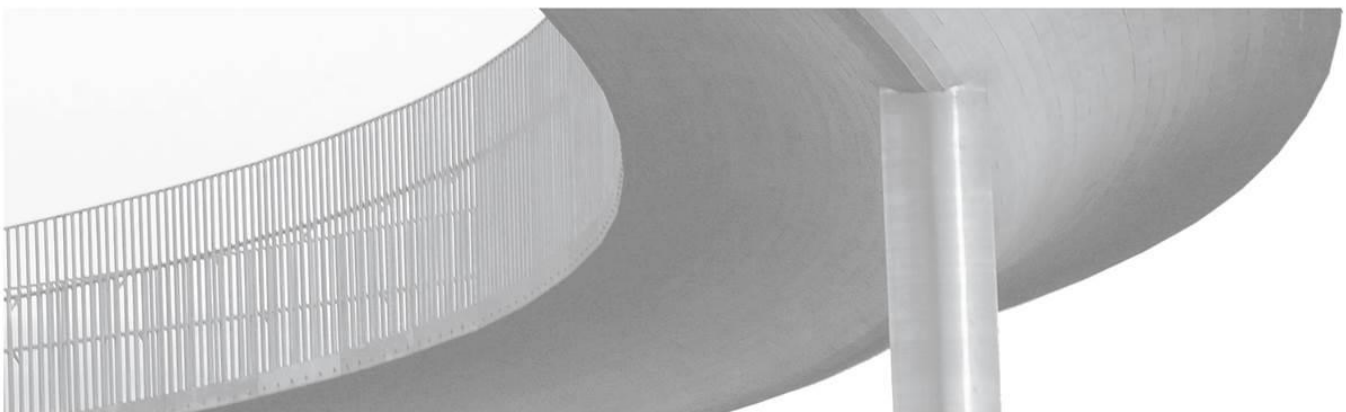




HÆGTRYÐGANDI STÁL

Áfangaskýrsla 2

31.03.2019



SKÝRSLA – UPPLÝSINGABLAÐ

SKJALALYKILL

2970-247-SKY-002-V01

SKÝRSLUNÚMÉR / SÍÐUFJÖLDI

XX

VERKEFNISSTJÓRI / FULLTRÚI VERKKAUPA

Þórir Ingason

VERKEFNISSTJÓRI EFLA

Baldvin Einarsson

LYKILORÐ

Hægtryðgandi stál, Corten stál

STAÐA SKÝRSLU

- Drög
- Drög til yfirlestrar
- Lokið

DREIFING

- Opin
- Dreifing með leyfi verkkaupa
- Trúnaðarmál

TITILL SKÝRSLU

Hægtryðgandi stál, áfangaskýrsla 2

VERKHEITI

Hægtryðgandi stál

VERKKAUPI

Vegagerðin, rannsóknarsjóður

HÖFUNDUR

Baldvin Einarsson

ÚTDRÁTTUR

Verkefnið er framhald rannsóknar um tæringu á hægtryðgandi stáli sem hófst árið 2017.

Gerð er grein fyrir uppsetningu á tæringarsýnum á 5 stöðum á landinu til viðbótar við þá 6 staði sem lýst er í fyrri skýrslu. Einnig er lýst uppsetningu á sérstökum sýnum sem ætlað er að finna mismunatæringu á hliðum sýna.

Niðurstöður tæringar á 6 stöðum eftir tæringu í eitt ár eru birtar.

ÚTGÁFUSAGA

NR.	HÖFUNDUR	DAGS.	RÝNT	DAGS.	SAMÞYKKT	DAGS.
01	Baldvin Einarsson	26.3.19	Vigdís Bjarnadóttir	30.3.19	Baldvin Einarsson	31.3.19
	Lýsing					
02	Höfundur útgáfu	29.12.16	Nafn rýnis	30.12.16	Nafn samþykktaraðlila	31.12.16
	Lýsing					
03	Höfundur útgáfu	29.12.16	Nafn rýnis	30.12.16	Nafn samþykktaraðlila	31.12.16
	Lýsing					
04	Höfundur útgáfu	29.12.16	Nafn rýnis	30.12.16	Nafn samþykktaraðlila	31.12.16
	Lýsing					

SAMANTEKT

Í þessari áfangaskýrslu er framvindu verkefnisins lýst, en ætlunin er að mæla tæringu á hægtryðgandi stáli við íslenskar aðstæður með sérstöku tilliti til notkunar í brúargerð. Skýrslan er framhald áfangaskýrslu 1 sem gefin var út í nóvember 2017.

Í þessari skýrslu er fjallað um lokaátak við uppsetningu tæringarsýna og birtar fyrstu niðurstöður mælinga á tæringu eftir eitt ár.

Það vekur athygli að tæring á hægtryðgandi stáli mælist meiri en á venjulegu stáli á sumum stöðum á landinu. Óvarlegt er þó að lesa of mikið í takmarkaðar mælingar.

Höfundar skýrslunnar bera ábyrgð á innihaldi hennar.

Niðurstöður hennar ber ekki að túlka sem yfirlýsta stefnu Vegagerðarinnar eða álit þeirra stofnana eða fyrirtækja sem höfundar starfa hjá.

EFNISYFIRLIT

SAMANTEKT	5
1 INNGANGUR	9
2 UPPSETNING Á SÝNUM	10
2.1 Uppsetning haustið 2017	10
2.2 Uppsetning sýna á Egilsstöðum og við Írafoss árið 2018	11
2.3 Uppsetning á máluðum sýnum	12
2.4 Uppsetning sýna, yfirlit	14
3 NIÐURSTÖÐUR EFTIR EITT ÁR	16
4 HEIMILDASKRÁ	19

MYNDASKRÁ

MYND 1	Uppsett sýni í tæringarrekjum á Akureyri (til vinstri) og Þórshöfn (til hægri).	10
MYND 2	Uppsett sýni í tæringarrekka á Búrfelli við Þjórsá.	11
MYND 3	Tæringarrekki með 12 sýnum á Rarik lóðinni á Egilsstöðum.	11
MYND 4	Tæringarrekki á gafli lokuhúss Írafossvirkjunar.	12
MYND 5	Tæringarrekkin með sýnum.	12
MYND 6	Málningin sem var notuð, máluð sýni og Kristín að mála.	13
MYND 7	Máluð sýni komin upp í tæringarrekka. Árgömul sýni má sjá vinstra megin í rekknum.	13

TÖFLUSKRÁ

TAFLA 1	Niðurstöður mælinga á málningarþykktum málaðra sýna.	14
TAFLA 2	Uppsetning veðrunarsýna úr hægtryðgandi stáli frá árunum 2017-18.	14
TAFLA 3	Yfirlit yfir niðurtekt sýna haustið 2018.	16
TAFLA 4	Tæring og tæringarhraði í Bolungarvík eftir 1 ár.	17
TAFLA 5	Tæring og tæringarhraði í Reykjavík eftir 1 ár.	17
TAFLA 6	Tæring og tæringarhraði á Búrfelli eftir 1 ár.	17
TAFLA 7	Tæring og tæringarhraði á Akureyri eftir 1 ár.	17
TAFLA 8	Tæring og tæringarhraði á Þórshöfn eftir 1 ár.	18
TAFLA 9	Tæring og tæringarhraði í Vík í Mýrdal eftir 1 ár.	18
TAFLA 10	Samanburður á tæringu hægtryðgandi stáls og venjulegs stáls eftir 1 ár.	18

1 INNGANGUR

Í þessari áfangaskýrslu er framvindu verkefnisins lýst, en ætlunin er að mæla tæringu á hægtryðgandi stáli við íslenskar aðstæður, með sérstöku tilliti til notkunar í brúargerð. Skýrslan er framhald áfangaskýrslu 1 sem gefin var út í nóvember 2017 [1].

Í þeirri skýrslu var fjallað stuttlega almennt um hægtryðgandi stál. Því næst var fjallað um erlendar rannsóknir, ávinning á notkun þess í brúargerð og stiklað á stóru um notkun þess í mannvirki, bæði héraðs og erlendis. Síðan var fjallað um aðferðarfræði rannsóknarinnar og hvernig framkvæmdinni var háttað. Að lokum var svo áætlun næstu ára dregin saman á einfaldan hátt.

Í þessari skýrslu er fjallað um lokaátak við uppsetningu tæringarsýna og birtar fyrstu niðurstöður mælinga á tæringu eftir eitt ár.

Hreinsun og vigtun á sýnum var gerð á Rannsóknarstofu EFLU. Páll Höskuldsson, yfirmaður efnarannsókna, sá um blöndun á hreinsivökva en Kristín Helgadóttir og Nanna Óttarsdóttir, verkfræðinemar, og Vigdís Bjarnadóttir, mannvirkjajarðfræðingur, sáu um meðhöndlun, hreinsun og vigtun á sýnunum.

Verkefnið og helstu niðurstöður þess eftir eitt ár voru kynntar á rannsóknarráðstefnu Vegagerðarinnar í nóvember 2018.

2 UPPSETNING Á SÝNUM

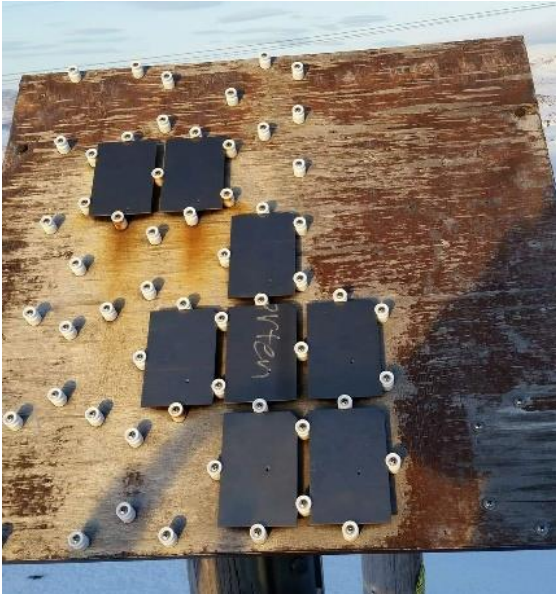
Þegar áfangaskýrsla 1 var gefin út í október 2017 höfðu tæringarsýni verið sett upp á 6 stöðum á landinu: Bolungarvík, Ólafsvík, Reykjavík, Höfn í Hornafirði, Vík í Mýrdal og á Hveravöllum. Ráðgert var hins vegar að setja upp sýni á 11 stöðum. Í þessum kafla er fjallað um uppsetningu á sýnum á þeim stöðum sem ráðgert var að setja upp sýni en ekki hafði tekist fyrir útgáfu fyrri skýrslu.

2.1 Uppsetning haustið 2017

Seinna á árinu 2017 tókst að setja upp sýni á Akureyri, Þórshöfn og á Búrfelli. Þá var einnig útséð um að tæringarrekkinn á Siglufirði var horfinn.



MYND 1 Uppsett sýni í tæringarrekkum á Akureyri (til vinstri) og Þórshöfn (til hægri).



MYND 2 Uppsett sýni í tæringarreka á Búrfelli við Þjórsá.

2.2 Uppsetning sýna á Egilsstöðum og við Írafoss árið 2018

Mikill áhugi var á að setja upp tæringarsýni á Egilsstöðum því veðurfar er þar með nokkuð sérstökum hætti og fáir kaupstaðir á Íslandi svo langt frá sjó. Tæringarrekkar frá árinu 1999 sem þar voru á lóð Rarik voru horfnir fyrir margt löngu en samið var við þá um að setja upp nýjan rekka. Sá kom ofan úr Kverkfjöllum. Hann var settur upp í ágúst 2018.



MYND 3 Tæringarreki með 12 sýnum á Rarik lóðinni á Egilsstöðum.

Eins og sést á myndinni er spjaldið sett lóðrétt á stálstaur og því öðruvísi en önnur spjöld sem sett hafa verið upp, sem halla 45°. Sýni snúa núna lárétt.

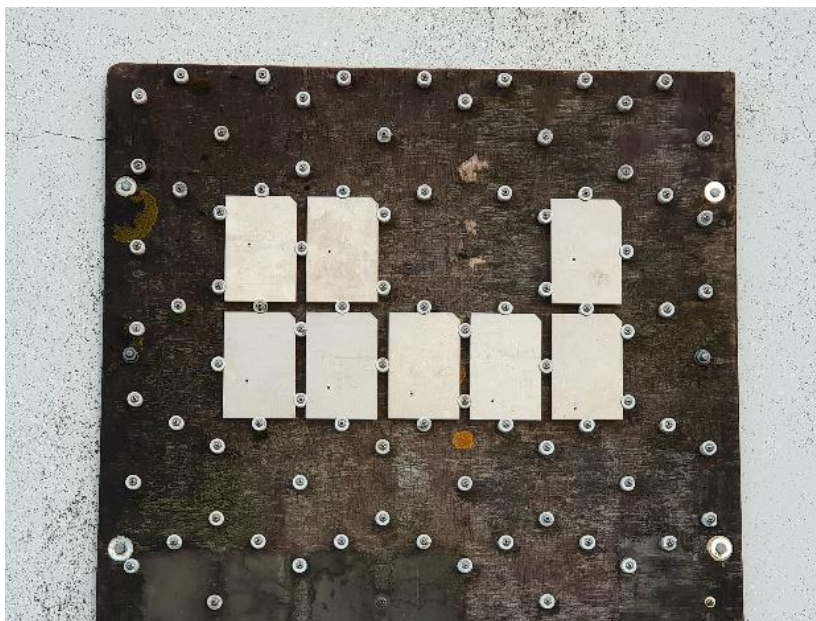
Að lokum tókst að setja upp tæringarreka við Írafoss. Sá staður er áhugaverður fyrir það að vera á láglandi á Suðurlandsundirlendinu. Þar hefur Veðurstofan einnig stundað saltmælingar um árabíl og

einnig hefur Landsvirkjun staðið þar fyrir saltmælingu á einangrunarskálar. Þar sem rannsóknir benda til að tæring á hægtryðgandi stáli sé mjög háð saltmagni í lofti er áhugavert að geta tengt saman mælingar á tæringu og salti í lofti.

Tæringarrekkinn var settur upp í nóvember 2018 á gafl lokuhúss virkjunarinnar.



MYND 4 Tæringarrekki á gafl lokuhúss Írafossvirkjunar.



MYND 5 Tæringarrekkinn með sýnum.

2.3 Uppsetning á máluðum sýnum

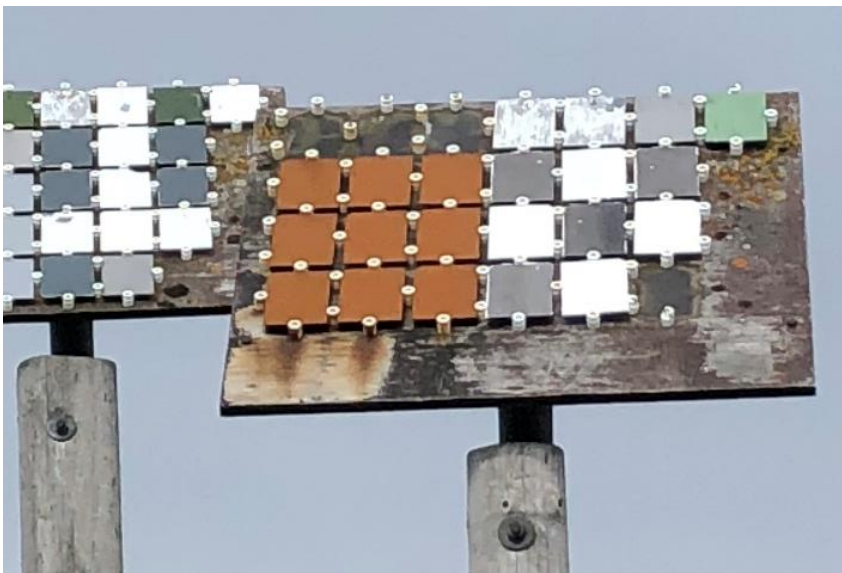
Eins og fjallað var um í áfangaskýrslu 1 þá eru efasemdir um að sú uppsetning á sýnum sem notuð er við þessa rannsókn gefi áreiðanlegar niðurstöður vegna þess að tæringarsýnin snúa eðlilega ekki báðum hliðum að sömu veðurfarslegu aðstæðum. Framhlið sýnanna snýr upp í ríkjandi vindátt frá sjó en bakhliðin er í skjóli. Það eru því miklar líkur á að tæring verði mismunandi eftir því hvor hliðin snýr upp í veðrið eða snýr niður að spjaldinu. Með þessari uppsetningu og aðferð við vigtun sýna fæst í raun meðaltæring á þessum tveimur hliðum. Þetta er sérlega bagalegt fyrir hægtryðgandi stál þar sem tæringin er mjög háð því hvort þétt patína myndast eða ekki.

Til þess að reyna að meta þessi áhrif voru 8 sýni máluð á annarri hliðinni og sett upp í tæringarrekkann við Veðurstofuna í Reykjavík. Voru 4 sýni með ómáluðu hliðina upp en 4 með ómáluðu hliðina niður. Með þessu móti er gerð tilraun til þess að meta hvaða áhrif staðsetning sýna hefur á tæringu. Ljóst er að árangur þessarar tilraunar er háður því hversu vel málningin endist á annarri hliðinni og hvernig málningin þolir hreinsun sýnanna.

Sýnin voru máluð með þremur umferðum (29.6 – 4.7. 2018) af Jotamastic málningu sem er tvíþátta epoxy þykkmálning.



MYND 6 Málningin sem var notuð, máluð sýni og Kristín að mála.



MYND 7 Máluð sýni komin upp í tæringarreka. Árgömul sýni má sjá vinstra megin í rekkanum.

Áður en sýnin voru sett upp var málningarþykktin mæld með málningarþykkarmæli (Elcometer 345 Statistics). Mælt var í 10 mismunandi punktum á hverju sýni. Niðurstöðurnar má sjá í eftirfarandi töflu:

TAFLA 1 Niðurstöður mælinga á málningarþykktum málaðra sýna.

EFTIR TVÆR UMFERÐIR:			3.7.2018			
	nr sýnis	η	x [μm]	st.frv. [μm]	min [μm]	max [μm]
	36	10	214	33	176	269
	35	10	225	46	155	303
	34	10	219	14	197	243
	33	10	242	53	174	339
	105	10	241	27	200	298
	106	10	218	25	184	269
	107	10	226	40	169	276
	108	10	217	34	172	274
EFTIR ÞRJÁR UMFERÐIR:			4.7.2018			
	nr sýnis	η	x [μm]	st.frv. [μm]	min [μm]	max [μm]
	36	10	388	58	307	463
	35	10	410	61	292	485
	34	10	401	49	344	494
	33	10	413	59	303	509
	105	10	378	61	311	481
	106	10	365	48	291	424
	107	10	386	27	346	425
	108	10	382	40	320	447

Eins og sést í töflu 1 er heildarþykkt málningar um og yfir 300 μm, og standa vonir til að hún haldist óskemmd fyrstu árin svo hægt sé að leggja mat á mismunatæringu á sýnum í upphafi.

2.4 Uppsetning sýna, yfirlit

Heildartafla um uppsetningu sýna í tæringarrekkja má sjá í töflu 2.

TAFLA 2 Uppsetning veðrunarsýna úr hægtryðgandi stáli frá árunum 2017-18.

Nr.	Staðsetning	Sýni sett upp	Fjöldi sýna	Nr. sýna
1	Bolungarvík, lóð Orkubúsins	10.8.2017	12	85-96
2	Ólafsvík, lóð Rarik	23.8.2017	12	37-48
3	Reykjavík, við Veðurstofuna	16.8.2017	12	1-12
4	Egilsstaðir	31.8.2018	12	109-120
5	Írafoss	22.11.2018	8	97-104
6	Búrfell	29.11.2017	8	53-60
7	Reykjavík við Veðurstofuna*	15.8.2018	8	33-36, 105-108
8	Akureyri, lóð Rarik á Oddeyri	1.11.2017	12	13-24

9	Þórshöfn	30.10.2017	12	73-84
10	Höfn í Hornafirði, við kyndistöðina	6.10.2017	8	65-72
11	Vík í Mýrdal, við lóð Vegagerðarinnar	5.10.2017	8	49-52 og 61-64
12	Hveravellir, við veðurstöðina	28.9.2017	8	25-32

* Sýni máluð á annarri hliðinni

3 NIÐURSTÖÐUR EFTIR EITT ÁR

Haustið 2018 tókst að ná niður sýnum úr tæringarrekkum á eftirtöldum stöðum:

TAFLA 3 Yfirlit yfir niðurtekt sýna haustið 2018.

Nr.	Staðsetning	Sýni sett upp	Fjöldi sýna	Nr. sýna	Tekin niður	Nr. sýna
1	Bolungarvík	10.8.2017	12	85-96	31.8.2018	87, 90, 92
2	Ólafsvík	23.8.2017	12	37-48		
3	Reykjavík	16.8.2017	12	1-12	15.8.2018	1,2,3
4	Egilsstaðir	31.8.2018	12	109-120		
5	Írafoss	22.11.2018	8	97-104		
6	Búrfell	29.11.2017	8	53-60	27.9.2018	59,60
7	Reykjavík*	15.8.2018	8	33-36,105-108		
8	Akureyri	1.11.2017	12	13-24	16.10.2018	13, 17, 21
9	Þórshöfn	30.10.2017	12	73-84	16.10.2018	76, 80, 84
10	Höfn	6.10.2017	8	65-72		
11	Vík í Mýrdal	5.10.2017	8	49-52, 61-64	11.10.2018	63,64
12	Hveravellir	28.9.2017	8	25-32		

Niðurstöður úr mælingum á tæringu á sýnum frá 6 stöðum er sýnd í eftirfarandi töflum 4 til 9. Í töflunum er fyrst númer sýnis og dagsetning á uppsetningu. Þá kemur dagsetning hvenær sýnið var tekið niður og þá hversu marga daga og ár það var uppi. Þá er birt upphafsþyngd sýnisins og þyngd við niðurtekt bæði fyrir og eftir hreinsun. Mismunur á lokþyngd og upphafsþyngd er tæring sýnisins sem umreiknað með flatarmáli og eðlisþyngd stáls gefur hversu mikil þykkt hefur tærst í burtu. Lokadálkarnir gefa síðan tæringuna umreiknaða á eitt ár.

TAFLA 4 Tæring og tæringarhraði í Bolungarvík eftir 1 ár.

Bolungarvík													
Sýni nr.	Sett upp	Tekið niður	Tími uppi [daga]	Tími uppi [ár]	Upphafsbýngd [g]	Býngd fyrir ryð meðhöndlun [g]	Lokabýngd [g]	Mismunur [g]	Yfirb.fl.m. sýnis [cm ²]	Tæring [µm]	Tæringarhraði [µm/ár]	Tæringarhraði meðaltal [µm/ár]	
87	10.8.2017	31.8.2018	386	1,06	234,992	236,300	230,0	4,992	309,08	20,57	19,46		
90	10.8.2017	31.8.2018	386	1,06	236,677	238,000	231,5	5,177	309,08	21,34	20,18	19,64	
92	10.8.2017	31.8.2018	386	1,06	235,652	236,900	230,7	4,952	309,08	20,41	19,30		

TAFLA 5 Tæring og tæringarhraði í Reykjavík eftir 1 ár.

Reykjavík													
Sýni nr.	Sett upp	Tekið niður	Tími uppi [daga]	Tími uppi [ár]	Upphafsbýngd [g]	Býngd fyrir ryð meðhöndlun [g]	Lokabýngd [g]	Mismunur [g]	Yfirb.fl.m. sýnis [cm ²]	Tæring [µm]	Tæringarhraði [µm/ár]	Tæringarhraði meðaltal [µm/ár]	
1	16.8.2017	15.8.2018	364	1,00	235,456	237,266	231,377	4,079	309,08	16,81	16,86		
2	16.8.2017	15.8.2018	364	1,00	235,695	237,550	231,615	4,080	309,08	16,82	16,86	16,85	
3	16.8.2017	15.8.2018	364	1,00	235,066	236,971	230,991	4,075	309,08	16,80	16,84		

TAFLA 6 Tæring og tæringarhraði á Búrfelli eftir 1 ár.

Búrfell													
Sýni nr.	Sett upp	Tekið niður	Tími uppi [daga]	Tími uppi [ár]	Upphafsbýngd [g]	Býngd fyrir ryð meðhöndlun [g]	Lokabýngd [g]	Mismunur [g]	Yfirb.fl.m. sýnis [cm ²]	Tæring [µm]	Tæringarhraði [µm/ár]	Tæringarhraði meðaltal [µm/ár]	
59	29.11.2017	27.9.2018	302	0,83	236,016	236,800	233,1	2,916	309,08	12,02	14,53	14,46	
60	29.11.2017	27.9.2018	302	0,83	234,890	235,600	232,0	2,890	309,08	11,91	14,40		

TAFLA 7 Tæring og tæringarhraði á Akureyri eftir 1 ár.

Akureyri													
Sýni nr.	Sett upp	Tekið niður	Tími uppi [daga]	Tími uppi [ár]	Upphafsbýngd [g]	Býngd fyrir ryð meðhöndlun [g]	Lokabýngd [g]	Mismunur [g]	Yfirb.fl.m. sýnis [cm ²]	Tæring [µm]	Tæringarhraði [µm/ár]	Tæringarhraði meðaltal [µm/ár]	
13	1.11.2017	16.10.2018	349	0,96	233,840	234,700	232,3	1,540	309,08	6,35	6,64		
17	1.11.2017	16.10.2018	349	0,96	235,129	236,000	233,6	1,529	309,08	6,30	6,59	6,85	
21	1.11.2017	16.10.2018	349	0,96	234,496	235,400	232,8	1,696	309,08	6,99	7,31		

TAFLA 8 Tæring og tæringarhraði á Þórshöfn eftir 1 ár.

Þórshöfn												
Sýni nr.	Sett upp	Tekið niður	Tími uppi [daga]	Tími uppi [ár]	Upphafsbýngd [g]	Þyngd fyrir ryð meðhöndlun [g]	Lokaþyngd [g]	Mismunur [g]	Yfirb.fl.m. sýnis [cm ²]	Tæring [µm]	Tæringarhraði [µm/ár]	Tæringarhraði meðaltal [µm/ár]
76	30.10.2017	16.10.2018	351	0,96	236,386	236,300	230,7	5,686	309,08	23,43	24,37	
80	30.10.2017	16.10.2018	351	0,96	236,737	236,800	231,2	5,537	309,08	22,82	23,73	24,45
84	30.10.2017	16.10.2018	351	0,96	237,888	238,500	232,0	5,888	309,08	24,27	25,24	

TAFLA 9 Tæring og tæringarhraði í Vík í Mýrdal eftir 1 ár.

Vík												
Sýni nr.	Sett upp	Tekið niður	Tími uppi [daga]	Tími uppi [ár]	Upphafsbýngd [g]	Þyngd fyrir ryð meðhöndlun [g]	Lokaþyngd [g]	Mismunur [g]	Yfirb.fl.m. sýnis [cm ²]	Tæring [µm]	Tæringarhraði [µm/ár]	Tæringarhraði meðaltal [µm/ár]
63	5.10.2017	11.10.2018	371	1,02	235,366	238,800	229,6	5,766	309,08	23,76	23,38	23,56
64	5.10.2017	11.10.2018	371	1,02	235,754	239,200	229,9	5,854	309,08	24,13	23,74	

Fróðlegt er að bera saman tæringu á hægtryðgandi stáli eftir eitt ár og samsvarandi tæringu á venjulegu stáli sem sett var upp árið 1999. Samanburðinn má sjá í töflu 10.

TAFLA 10 Samanburður á tæringu hægtryðgandi stáls og venjulegs stáls eftir 1 ár.

Nr.	Staðsetning	Stál µm	Hægtryðgandi stál, µm
1	Bolungarvík	15,2	19,6
3	Reykjavík	20,6	16,8
6	Búrfell	22,3	14,5
8	Akureyri	8,6	6,8
9	Þórshöfn	18,8	24,4
11	Vík í Mýrdal	22,2	23,6

Varasamt er að lesa í niðurstöður eftir einungis eitt ár í tæringarrekkja, sérstaklega þar sem ekki er um sama árið að ræða. En það vekur athygli að tæring er meiri á hægtryðgandi stáli bæði í Bolungarvík og á Þórshöfn. Skýringuna gæti verið að finna í því að á báðum stöðum var tæringarrekkjanum snúið um 180° til þess að hann sneri í norður. En í eldri rannsókn sneru allir rekkar í hásuður.

4 HEIMILDASKRÁ

- [1] Kristín Helgadóttir og Baldvin Einarsson. Hægtryðgandi stál – Tæring við íslenskar aðstæður, Áfangaskýrsla 1. Efla, nóvember 2017.

