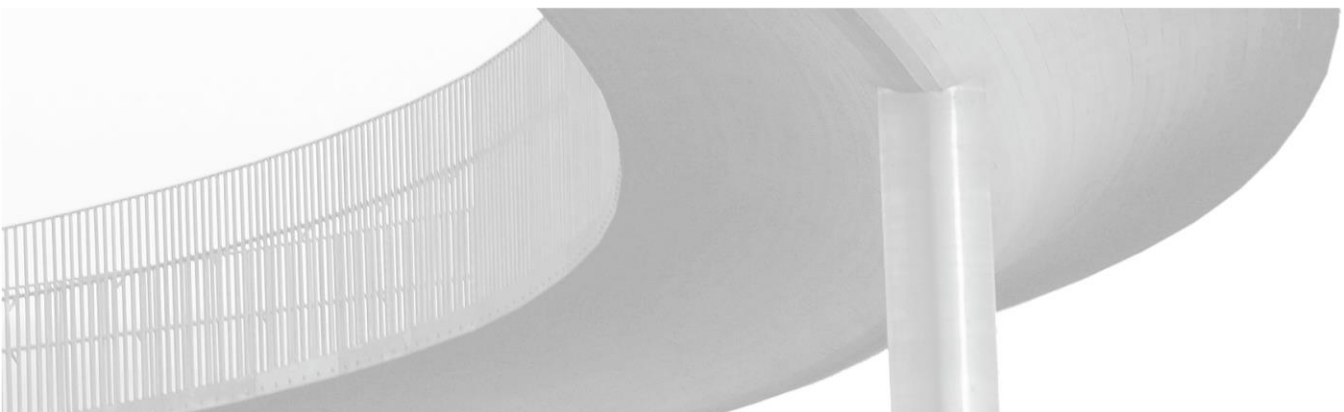


TÆRING STÁLÞILSBRYGGJA Á ÍSLANDI

Yfirlit um tæringu á íslenskum stálþilsbryggjum, fyrri hluti

30.09.2019



SKÝRSLA – UPPLÝSINGABLAÐ

SKJALALYKILL

2970-273-SKY-001-V01

SKÝRSLUNÚMÉR / SÍÐUFJÖLDI

01 / 26

VERKEFNISSTJÓRI – FULLTRÚI VERKKAUPA

Fannar Gíslason

Rob Kamsma

VERKEFNISSTJÓRI – EFLA

Rob Kamsma

LYKILORÐ

Stálþil, tæring, ástandsmat, hafnir, hönnun.

STAÐA SKÝRSLU

- Í vinnslu
- Drög til yfirlustrar
- Lokið

DREIFING

- Opin
- Dreifing með leyfi verkkaupa
- Trúnaðarmál

TITILL SKÝRSLU

Tæring stálþilsbryggja á Íslandi

VERKHEITI

Yfirlit um tæringu á íslenskum stálþilsbryggjum, fyrri hluti

VERKKAUPI

Vegagerðin

EFLA

HÖFUNDAR

Rob Kamsma

Bjarki Ómarsson

ÚTDRÁTTUR

Tæring stálþilsbryggja er alþjóðlegt og þar með íslenskt vandamál. Talsvert tjón getur orðið vegna tæringar ef þeim er ekki viðhaldið og/eða endurnýjaðar reglulega. Markmiðið í þessari skýrslu er að rannsaka hvað orsakar tæringu og hvaða lausnir eru í boði til varnar henni. Auk þess er farið yfir hvaða mælingar og upplýsingar eru fyrir hendi um íslenskar stálþilsbryggjur og hvað skal hafa í huga við hönnun og ástandsmat stálþilsbryggja vegna tæringar.

Höfundar skýrslunnar bera ábyrgð á innihaldi hennar. Niðurstöður skýrslna ber ekki að túlka sem yfirlýsta stefnu Vegagerðarinnar eða álit þeirra stofnana eða fyrirtækja sem höfundar starfa hjá.

ÚTGÁFUSAGA

<u>NR.</u>	<u>HÖFUNDAR</u>	<u>DAGS.</u>	<u>RÝNT</u>	<u>DAGS.</u>	<u>SAMÞYKKT</u>	<u>DAGS.</u>
01	Rob Kamsma Bjarki Ómarsson	12.09.19	Rob Kamsma Þorbjörg Sævarsdóttir	13.09.19 17.09.19	Rob Kamsma	30.09.19

EFNISYFIRLIT

ORÐSKÝRINGAR	5
1 INNGANGUR	6
1.1 Markmið	6
1.2 Bakgrunnur	6
2 ORSAKIR TÆRINGAR OG LAUSNIR	9
2.1 Orsök tæringar í sjávarumhverfi	9
2.2 Ástandsmat	11
2.3 Viðgerðir, forvarnir og kostnaður	13
2.4 Endurbætur eða endurbygging	16
3 HÖNNUN, MÆLINGAR OG ÁSTAND	17
3.1 Hönnunarforsendur	17
3.2 Stálþilsmælingar og skoðun	18
3.2.1 Kafari og tæki	18
3.2.2 Mælingar á Íslandi	19
3.2.3 Samræmdar kröfur til stálþilsmælinga	20
3.3 Ástandsyfirlit	20
3.3.1 Viðgerðarlausnir og kostnaður	20
3.3.2 Forgangsröðun	20
4 LOKAORÐ	22
5 HEIMILDIR	23
VIÐAUKI A – EYÐUBLÖÐ FYRIR ÚTTEKT Á STÁLÞILI	25
VIÐAUKI B – BRYGGJUSKRÁ STÁLÞIL	26

ORÐSKÝRINGAR

Stálpil	Plata úr stáli sem er notuð í uppbyggingu á bryggjuköntum ofl. Stálpil geta haft mismunandi prófíla; Z-laga, U-laga o.s.frv.
Tæring	Hér er átt við tæringu á stáli/ stálpili á bryggjukanti
Bryggjukantur	Viðlegukantur skipa í höfnum, oft stálpilskantur. Mörg mismunandi orð notuð um sama hlutinn, t.d. hafnarkantur, stálpilskantur o.s.frv.
Bryggja	Nokkrir bryggjukantar geta verið við sömu bryggju.
Stálpilsbryggja	Bryggja úr stálpili.
Stagbiti	Biti búinn til úr tveimur UPE/UPN bitum fest við stálpil til þess að festa akkerisstög við.
Akkerisstag	Festistöng úr stáli sem tengist í stagbita og akkerisplötu til þess að varna skriðið í jarvegi.
Akkerisplata	Steypt járnþent plata sem festis við akkerisstag.
Þekja	Steypt járnþent 20 cm þekja við bryggjukant. Við eldri bryggju er hún um 15 cm þykk.
Kanttré	Trébiti settur á bryggju sem akstursvörn. Úr harðvið (Azobé) með endurskinsmerkingum. Stærð og gerð þeirra þarf að uppfylla kröfur í hafnarreglugerð.
Bakfylling	Jarðvegur sem er settur innan við stálpil eftir það hefur verið sett upp. Oft er það í nokkrum lögum með mismunandi grjótaskærð og eiginleikum.
Núll-staða sjávar	Kortanúll í hæðarkóta hafnarkerfis. Oft er miðað við hæðarkóta stórstraums fjöru.
Tæring við núll-stöðu (LWC)	Tæring á stálpili við núll-stöðu sjávar.
Örverutæring (MIC)	Tæring af völdum örvera.
Hröðuð tæring (ALWC)	Aukin tæring við núll-stöðu vegna örverutæringar.
Þybbur	Dekk sem hengd eru á bryggjukant til þess að verja bæði kant og skip. Þybbur eru einnig kallaðar fríholt. Í stað þybba er stundum notaðir sérhannaðir fenderar.
Sjávarföll	Flóð og fjara.
U-laga stálpil	Stálpil með U-laga prófíl.
Z-laga stálpil	Stálpil með Z-laga prófíl.
Fórnskaut	Kubbar úr zinki eða zink-ál blöndu sem eru festir á stálpil og eru notaðir sem tæringarvörn. Fórnskautin tærast í stað stálpils.
Húðun	Málun á stálpili til að varna tæringu.

1 INNGANGUR

1.1 Markmið

Tilgangur þessa rannsóknarverkefnis er að lýsa tæringar vandamáli íslenskra stálþilsbryggja og vera leiðbeinandi uppfléttirit fyrir ástandsmat bryggja, til að hjálpa íslenskum höfnum og Vegagerðinni að ástandsgreina stálþilsbryggjur þannig að öryggi notenda sé tryggt. Markmið verkefnisins er að svara eftirfarandi spurningum:

- Hver er orsök tæringar á stálþilsbryggjum og hvernig fer tæringin fram?
- Hvernig má meta núverandi ástand stálþilsbryggja og líftíma sem þær eiga eftir?
- Hvernig má koma í veg fyrir tæringu eða hægja á henni? Hvað kosta slíkar lausnir?
- Hvenær borgar sig að ráðast í endurbætur og hvenær borgar sig að endurbyggja stálþilsbryggjur?
- Yfirlit um hvaða hönnunarforsendur skal nota vegna tæringar fyrir mismunandi hönnunarlíftíma.

Ákveðið var í samráði við Vegagerðina að halda þessu verkefni áfram árið 2019/2020 þar sem aðaláherslan verði lögð á næstu þrjú punkta hér að neðan. Í þessari skýrslu verður einungis lítillega farið yfir þessa þætti og þær mælingar sem eru fyrir hendi.

- *Hvert er núverandi ástand (0-staða) stálþilsbryggja á Íslandi? Yfirlit yfir stálþilsbryggjur með upplýsingum um til dæmis aldur, efnistegund stáls, snið, lengd og dýpi.*
- *Yfirlit yfir ástand, viðgerðarlausnir og kostnað við endurbætur á íslenskum stálþilsbryggjum*
- *Tillaga að forgangsröðun fyrir viðgerðir, endurbætur og endurnýjun á íslenskum stálþilsbryggjum.*

1.2 Bakgrunnur

Tæring á stálmannvirkjum í sjó er umfangsmikið vandamál alls staðar í heiminum og er líka vel þekkt í höfnum á Íslandi. En erfitt hefur reynst að hægja á tæringunni, meta hraða hennar og áætla eftirstandandi líftíma.

Við tæringu stálþils minnkar efnisþykkt stálþilsplötunnar og ef ekki er brugðist við myndast tæringargöt þar sem bakfyllingarefni skolast út. Við útskolun bakfyllingarinnar myndast holrými undir þekjunni, yfirleitt nokkrir metrar meðfram bryggjukantinum sem skapar hættu fyrir umferð (frá land og sjó) og öryggi bryggjunnar og notenda hennar er í hættu.

Oft eru engar sýnilegar viðvaranir frá landi, þar sem mesta tæringin er yfirleitt neðansjávar og við lægstu fjöru eða í kringum -0,5 til +0,5m sjávarstöðu. Til viðbótar er oft mikill gróður á stálþilum þannig að erfitt er að meta umfang tæringarinnar með sjónmati. Vegna þessa getur verið erfitt fyrir hafnir að meta nákvæmt ástand bryggjanna og hversu mikill líftíma er eftir.

Á Íslandi eru yfir 70 hafnir af mismunandi stærðum og gerðum, en flestar íslenskar hafnir eru með stálþilsbryggjur sem aðal hafnarkant, sem er um það bil 35 km af stálþiljum í íslenskum höfnum og um 230 viðlegukantar. Þessar stálþilsbryggjur eru flestar byggðar á árunum 1960 til 1990, eða fyrir 30-60

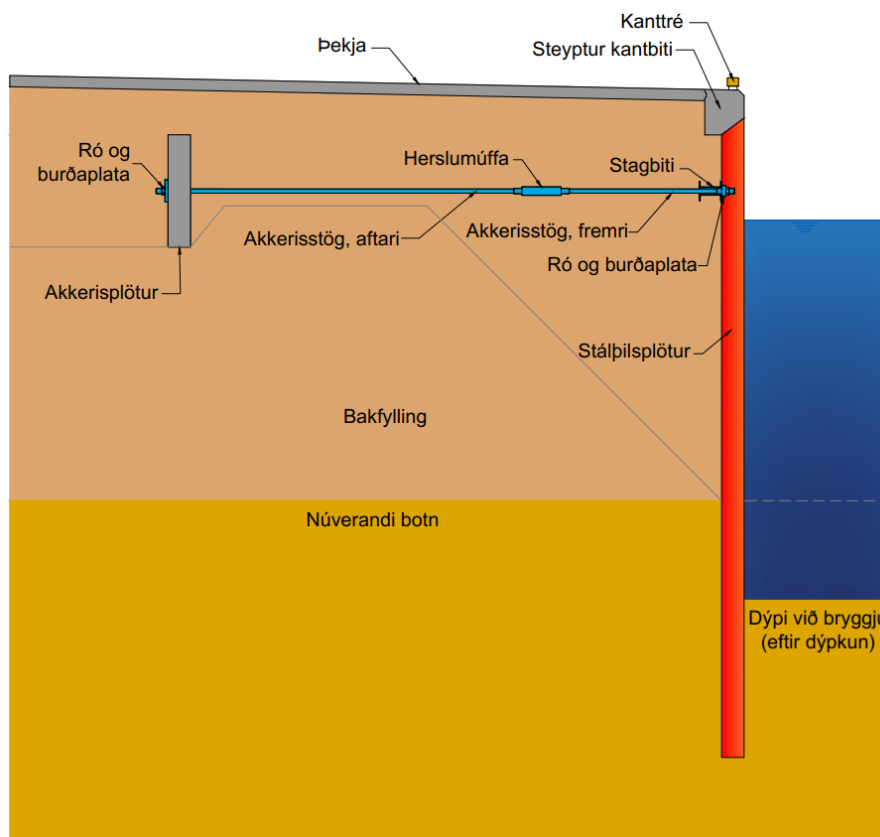
árum síðan og eru þess vegna komnar að eða yfir hönnunarlíftíma sinn. Mikilvægt er því að reglulega kanna ástand bryggjana til að tryggja öryggi hafnanna.

Almennt eru stálþilsbryggjur endurbyggðar þannig að nýtt stálþil er rekið niður fyrir framan gamla mannvirkið sem er skilið eftir óhreyft. Í sumum tilfellum er þó hagkvæmt að gera við bryggjurnar og lengja þannig líftíma mannvirkisins.

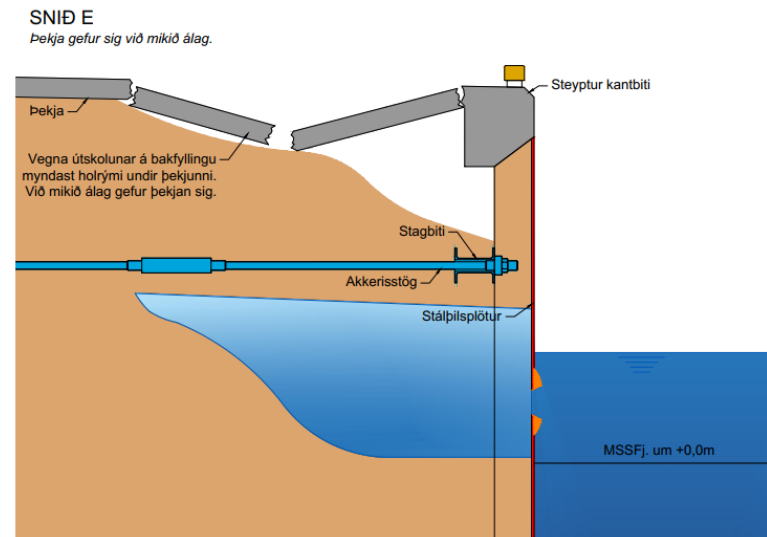
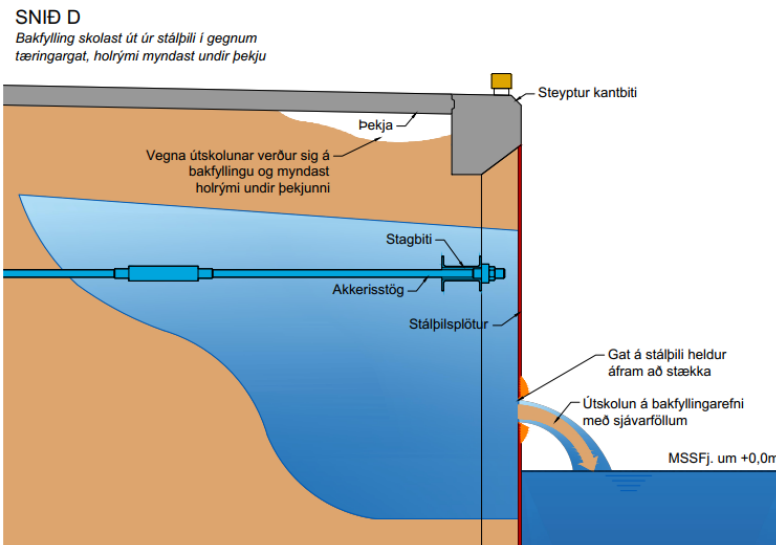
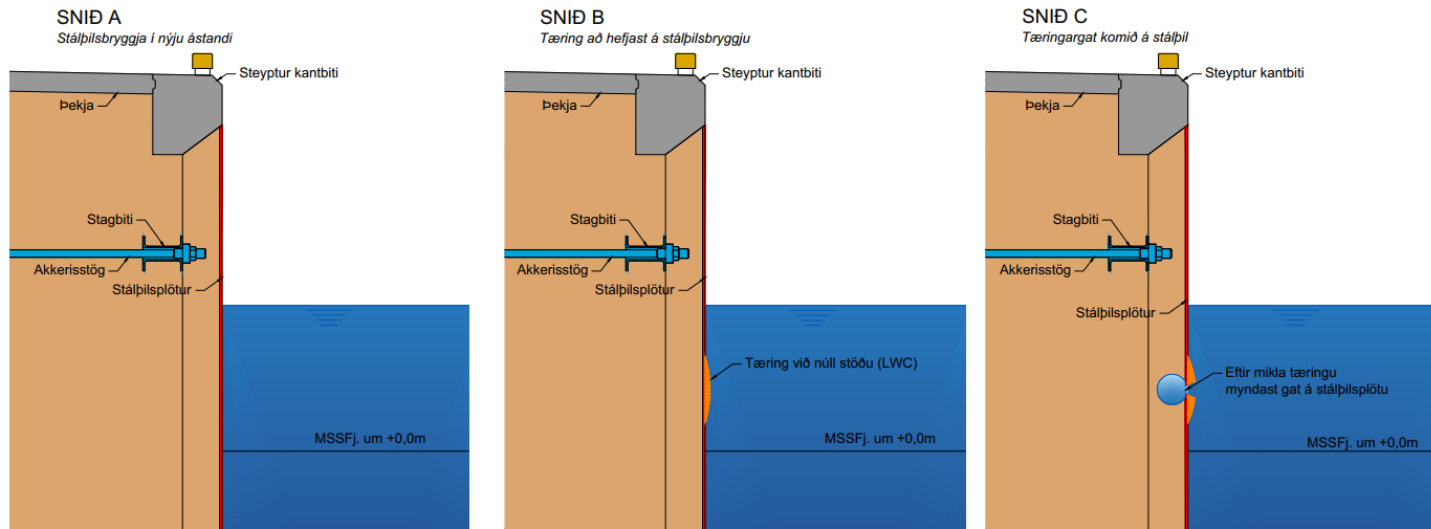
Til viðbótar þarf að skoða betur hvaða hönnunarforsendur eru notaðar hérlandis vegna tæringar á stálþiljum, hvaða forsendur hafa áhrif á ákvörðun um frágang og hönnunarlíftíma mannvirkja.

Tæringarvandamál stálþilsbryggja er orðið umtalsvert og hefur verið mikið í deiglu á undanförunum 10-15 árum á Íslandi. Mikil þörf er fyrir gott yfirlit yfir vandamálið, leiðbeiningar til að skipuleggja ástandsskoðun og meta núverandi ástand og samantekt á þeim valmöguleikum sem hægt er að grípa til við viðgerðir og endurbætur bryggjana. Mikilvægt er að fyrirbyggja að ástand þeirra ógni öryggi hafnanna til að forðast slyss og/eða tjón.

Á mynd 1 má sjá hefðbundna uppsetningu á stálþilsbryggju með akkerisfestingu. Ef göt myndast á stálþili fer af stað ferli sem getur valdið frekari skemmdum á þekju og hafnarkanti, mynd 2.



MYND 1 Sníð af hefðbundinni uppsetningu stálþilsbryggju með akkerisfestingu.



MYND 2 Ferli skemmda á hafnarkanti og þekju vegna tæringar stálpils.

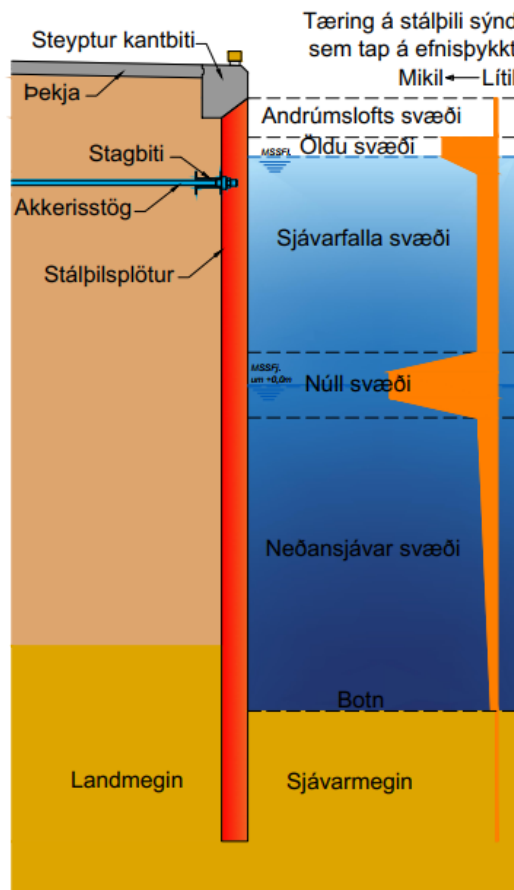
2 ORSAKIR TÆRINGAR OG LAUSNIR

2.1 Orsök tæringar í sjávarumhverfi

Tæringarskemmdir eru algengastar við núll stöðu sjávar. Við núll stöðu (e. Low Water Corrosion, LWC), er verulegt niðurbrot eða tæring í stálplötunni sem orsakast af mismunandi loftunnar á svæði þar sem gætir sjávarfalla. Tæringarskemmdir geta verið víðar á þilinu á minni svæðum þar sem gætir hraðaðri tæringar (Köfunarþjónustan, 2012).

Hröðuð tæring við núll stöðu (e. Accelerated Low Water Corrosion, ALWC) er í lang flestum tilfellum vegna áhrifa örvera eða svokallaðrar örverutæringar (e. Microbially Influenced Corrosion, MIC). En aðrir hefðbundnir þættir sem orsaka tæringu geta verið mengandi efni og rafefnafræðilegar orsakir. Einnig má nefna að rof vegna skipa, fríholta/þybba sem nuddast við þil, vatnstraum frá bógskrúfum og sjávarföll sem valda hraðaðri tæringu með því að fjarlægja gamalt tæringarefni og búa þannig til hreinan flöt fyrir örverurnar.

Eins og mynd 3 sýnir þá er mikil tæring í núlli og skemmdin er margföld á við önnur svæði bryggjuþilsins.



MYND 3 Tæring á stálþili sýnd sem tap á efnisþykkt.

Örverutæring (MIC) er ferli þar sem örverur orsaka skilyrði sem setja af stað niðurbrot á stálþili. Um 10% af öllum tæringar tilfellum eru vegna örvera. Skipta má örverum upp í tvo flokka eftir því hvers konar tæringu þær valda, loftfirrðri eða loftháðri tæringu.

Súlfat-minnkandi örverur (e. Sulphate-Reducing Bacteria, SRB) eru loftfirrtar og framleiða ætandi súlfíð með því að minnka súlfat í umhverfinu. SRB nýtir vetni og afskautar (e. depolarise) stálþilið sem hraðar tæringunni. Flest tilfelli örverutæringar er hröðuð tæring við núll stöðu (e. ALWC) vegna SRB.

Brennisteins-oxandi örverur (e. Sulphur Oxidizing Bacteria, SOB) eru loftháðar og geta breytt umhverfi sínu þannig það innihaldi allt að 10% af brennisteinssýru og orsaka með því hraðaða tæringu. (A&E Group, 2019)

Hraði tæringaferlisins stjórnast af því hversu mikið súrefni kemst í snertingu við yfirborð stálsins. Örverur hafa þann eiginleika að auka eða minnka súrefnisflæðið og þar með að auka eða minnka almenna tæringu á stálþili.

Örverutæring er staðbundin og sest á stálið í þyrpingum en ekki í samfelldu lagi. Þyrpingin framleiðir fjölliður (e. polymers) sem laðar að sér fleiri ólíkar tegundir örvera. Þar sem flestar örverur eru staðbundnar, þá valda þær svokallaðri holutæringu (e. pitting) og hún á sér stað í um 90% af öllum MIC tilvikum (sjá mynd 4).



MYND 4 Holutæring í stáli (PileMedic, 2019).

Tæring er misjöfn milli hafna á Íslandi og því er athyglisvert að skoða hvaða þættir vega mest hér við land. Aðkoma súrefnis að tæringu vegur þungt og leysni súrefnis í sjó fer eftir hitastigi og seltu sjávar. Auk þess er vert að skoða við hvaða aðstæður (selta, hitastig, súrefni, næringarefni) örverumyndun á sér helst stað hér við land.

Seltan í sjónum er nokkuð jöfn milli hafna á Íslandi og er yfirleitt á bilinu 33 til 35 seltustig (S) en helsti munurinn er við mynni stærstu áa. Inni í fjörðum hefur ferskvatn þau áhrif að eðlisléttara yfirborðslag myndast á sjónum sem eykur vöxt svifþörungna.

Hitastig sjávar við Ísland er frekar hátt miðað við að landið er við heimskautsbaug en mikill munur er á hitastiginu eftir landshlutum. Við Suðurland er hitinn um 5°C í kaldasta mánuði ársins á móti 10°C í heitasta mánuði ársins. Kaldastur er sjórinn á austanverðu landinu, um 2°C að vetri en 7°C á sumrin. Inni á fjörðum vestanlands og norðan er hitinn oft undir -1°C á veturna en um 12°C á sumrin. Þessi munur inni í fjörðum skýrist af lagskiptingu sjávar vegna ferkvatnsrennslis (Hafrannsóknastofnun, 2019).

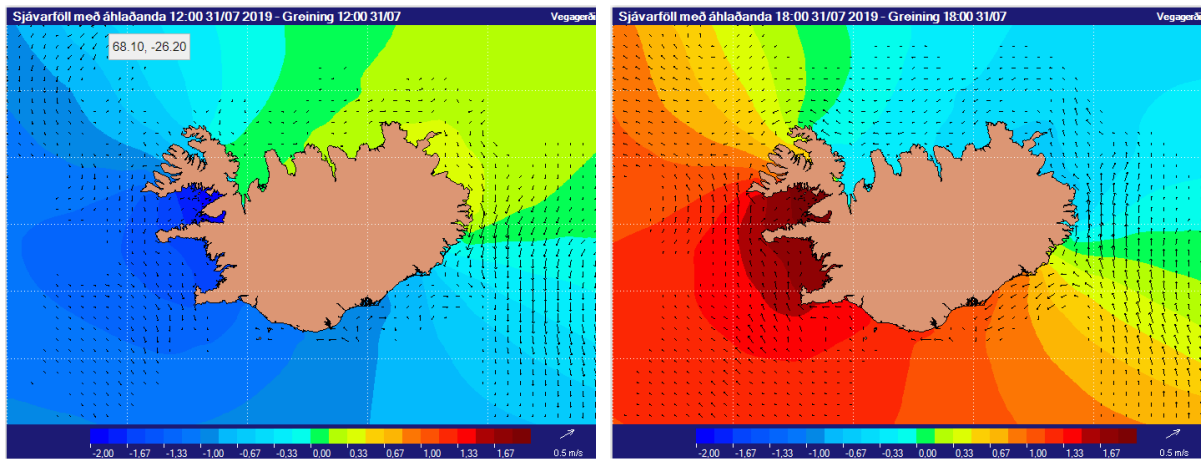
Þau svæði á landinu sem meiri tæring stálþilja á sér stað eru Faxaflói og Breiðafjörður. Einnig verður töluverðar tæringar vart á Austfjörðum og í Vestmannaeyjahöfn.

Í Faxaflóa og Breiðafirði er mikill munur á sjávarföllum (hæðarmunur flóðs og fjöru). Á mynd 5 er sjávarfallaspá fyrir Ísland kl. 12:00 og kl. 18:00 31. júlí 2019 sem sýnir nokkuð vel muninn á sjávarföllum eftir landshlutum. Þar má sjá að það er allt að 4 m munur milli flóðs og fjöru á vestari hluta landsins (Vegagerðin, Sjávarfallaspá, 2019).

Á Austfjörðum og í Vestmannaeyjahöfn eru sér aðstæður og ekki augljóst hvaða þættir eru að valda þessari miklu tæringu en eflaust eru það samverkandi þættir.

Á Austfjörðum er ekki mikill munur á sjávarföllum og sjórinn kaldari og því er líklegasta skýringin á mikilli tæringu þar áhrif ferskvatns á sjávarumhverfið. En vel þekkt er að ferskvatn inni í fjörðum eykur vöxt svifþörungna og því ekki ólíklegt að það auki vöxt örvera sem í kjölfarið valda hraðaðri tæringu (ALWC).

Mikla tæringu í Vestmannaeyjahöfn er erfiðara að útskýra. Munur sjávarfalla er um 2,5m og því töluvert minni en í Faxaflóa og Breiðafirði, og það eitt og sér er því ekki líkleg skýring. Höfnin er mjög aflokuð og löng með fiskvinnslu við Friðarbryggju og því eitthvað af úrgangi frá henni sem hefur farið í höfnina í gegnum tíðina. Þessi úrgangur getur mögulega verið að valda auknum vexti örvera en líklegri skýring er hins vegar sú að hærri sjávarhiti, sem er við Suðurland, valdi aukinni losun súrefnis í sjónum og þar af leiðandi meiri tæringu.



MYND 5 Sjávarfallaspá með áhlaðanda kl. 12:00 og 18:00 31. júlí 2019. Munur milli flóðs og fjöru (Vegagerðin, Sjávarfallaspá, 2019).

2.2 Ástandsmat

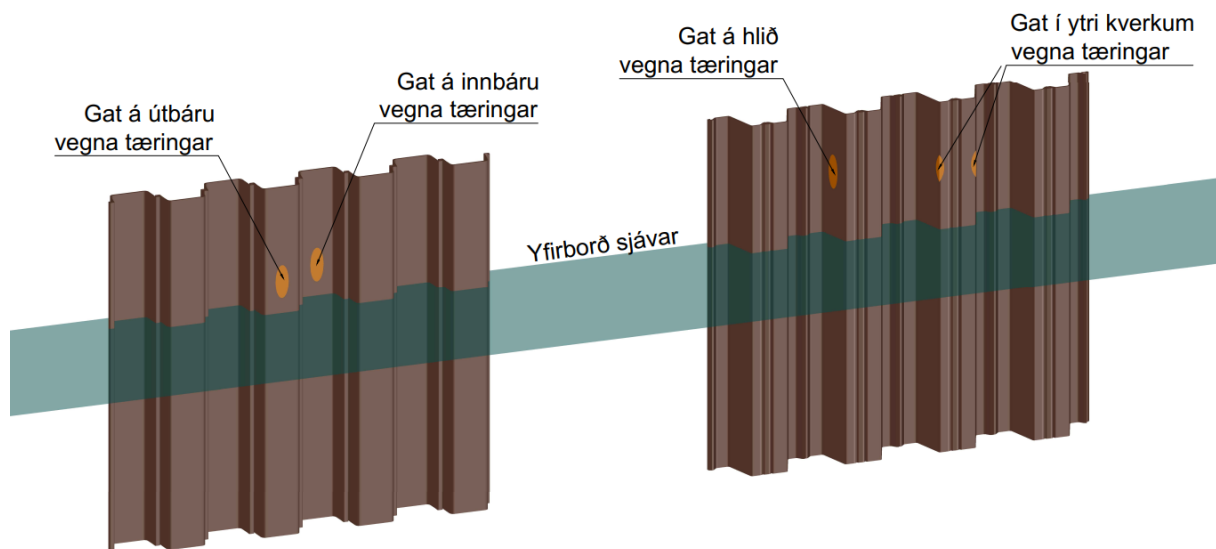
Til að ná áætluðum líftíma stálþilsbryggju, þá eru oft valdar stálþilplötur sem eru með meiri efnisþykkt en hönnunarforsendur segja til um. Frá árinu 1980-1990 hafa verið notaðar Z-plötur með amk. 10 mm efnisþykkt eða meira í flestar nýjar stálþilsbryggjur.

Þekking um tæringarhraða er afar mikilvæg þegar áætla þarf burðargetu núverandi stálþilsbryggja og hver eftirstandandi líftími mannvirkisins er, miðað við þá burðargetu.

Þegar stálþilsbryggjur eru hannaðar er gert ráð fyrir ákveðnu tæringahlutfalli (mm/ár) eins og talað er um í kafla 3.1. Í flestum hönnunartilvikum er þessi tæring áætluð jafnt yfir tíma og er ekki gert ráð fyrir staðbundinni tæringu. Rannsóknir í Evrópu hafa hins vegar sýnt fram á að tæringarhraði verður minni með tímanum og mesta tæring á sér stað fyrstu 3 til 5 árin eftir að stálþil er sett upp (Wall & Wadsö, 2011; Wall & Wadsö, 2013; Melchers).

Ástand stálþilsbryggja er best að meta með aðstoð kafara sem hreinsar stálþilið, skoðar og mælir þykkt stálþils á nokkrum stöðum, t.d. með ómmæli (e. Ultrasonic Thickness Gauge). Mælingar eru yfirleitt gerðar á mismunandi stöðum á þilinu með um 1-2 m millibili frá bryggjukanti og niður á sjávarbotn á 10-12 m millibili meðfram öllum bryggjukantinum. Mikilvægt er að skrá allar skemmdir á þilinu eins og tæringargöt, sem oft sjást ekki ofan frá bryggjukanti vegna gróðurs eða þau eru fyrir neðan núll stöðu. Svona mælingar og ástandsskoðanir ásamt upplýsingum um stálþilsteind, efnisþykkt og framkvæmdaár gerir það kleift að áætla meðal tæringarhraða fyrir tiltekna stálþilsbryggju.

Hraðaðar tæringar þarf helst að skoða á mannvirkjum sem hafa áætlaðan líftíma yfir 30 ár og eru í reglulegri þjónustu og notkun. Tæringin er mest í miðhluta U-laga báru, í flötum þiljum og í kverkum Z-laga þilja eins og mynd 6 sýnir. Það er mikilvægt að skoða stálþilsbryggjur reglulega þar sem mannvirkid getur orðið óstöðugt, vegna skemmda af völdum örvera, vel áður en áætluðum líftíma lýkur.



MYND 6 Staðsetning algengustu tæringargata í bæði U-laga og Z-laga stálþilsplötum. U-laga plötur vinstra megin en Z-laga plötur hægra megin.

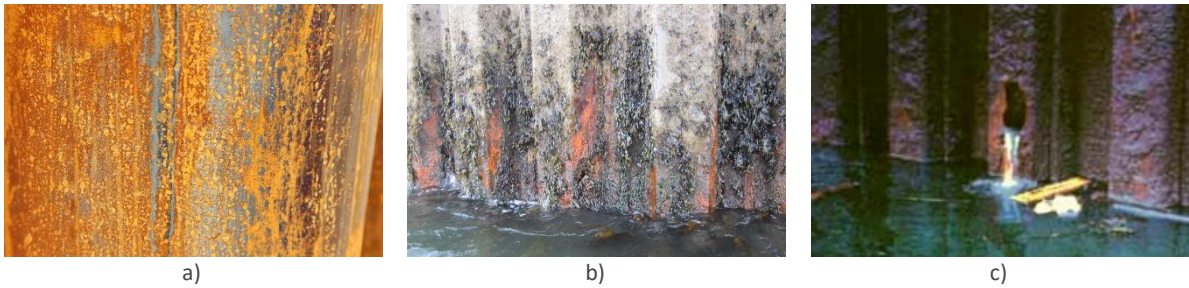
Flokka má ásýnd hraðaðrar tæringar (ALWC) í þrjá flokka sem er gott að hafa í huga við ástandsskoðun stálþils. Þeim er lýst á eftirfarandi hátt:

Frumstig (F): Þekkist á björtu appelsínugulu lituðu svæði sem myndast á yfirborði stálþils. Þegar skrpað er í það leynist svört/grá seyra (e. sludge) á bakvið sem liggur á glansandi og oft hrjúfu stályfirborði. Þetta getur birst eftir 5 ár á stálþilsplötum sem eru fyrirfram málaðar/húðaðar (mynd 7a).

Miðstig (M): Þekkist á uppsöfnun sjávargróðurs á yfirborði stálþils. Þegar skrpað er í yfirborð þilsins myndast oft brennisteinslykt og sjá má rýrnaða þykkt stálþilsins á vissum svæðum (mynd 7b).

Þróað stig (P): Það má sjá göt á stálþili og þá oft göt sem eru í stærri kantinum. En eins og fyrir miðstigið þá eru þau yfirleitt ekki sjáanleg vegna sjávargróðurs. Jafnvel þótt engin göt sjáist á þili eftir að sjávargróður er fjarlægður og þil hreinsað þá getur stálið gatast við hamarshögg á

þeim svæðum sem tæring hefur átt stað. Það er þó ekki mælt með því að nota hamarinn of mikið því minnstu göt geta flækt viðgerðarferlið seinna meir (mynd 7c). (A&E Group, 2019)



MYND 7 Sýnidæmi um ásýnd ALWC á mismunandi stigum, a) frumstig (F) (Pixabay, 2015); b) miðstig (M) (Vegagerðin, 2014) & c) þróað stig (B) (A&E Group, 2019).

2.3 Viðgerðir, forvarnir og kostnaður

Þegar skoðað er hvernig best er hægt að koma í veg fyrir tæringu eða hægja á henni, þá er nauðsynlegt að skoða hvaða lausn er hagkvæmst fyrir mannvirkni. Það er mikilvægt að finna jafnvægi milli líftíma mannvirkis, áætlaðs efnistaps vegna tæringar og krafna fyrir áætlaðar tæringvarnir. Einnig þarf að hafa í huga hversu fýsilegar þessar lausnir eru til framtíðar með tilliti til viðhalds.

Tæringarvarnir, eða þættir, sem hafa áhrif á tæringu stálþils og er notast við í hönnun hafna á Íslandi í dag eru húðun, fórnarskaut, efnisþykkt, steypa bakvið stálþil, lokun tæringargata og stálgæði.

HÚÐUN (COATINGS)

Húðun er algengasta tæringavörn sem notuð er í dag. Í samanburði við aðrar aðferðir þá er húðun yfirleitt ódýrust og gefur auka líftíma upp að 15 til 20 árum. En það fer eftir tegund húðunnar og hversu opið þilið er fyrir tæringu, þ.e. áhrifaþættir eins og sjór og loftun. Húðun á stálþiljum er gerð eftir framleiðslu á þeim og áður en þau eru rekinn niður. Oftast er notuð epoxy málning og polyurethane vörn en einnig eru notaðir t.d. ólífrænir zink-kísil grunnar og zink ríkir epoxy grunnar. Munurinn á milli þeirra er eftirfarandi:

Epoxy húðun (e. Epoxy coatings): Þessi tegund málningar fyrir stálþil veitir meiri vörn gegn núningi og skaðlegum efnum heldur en hin venjulega grunnmálning. Gallinn við hana er sá að hún er lítil vörn gegn sólarljósi og kalki. Þegar málningin kemst í tæri við þessa þætti þá máist hún fljótt sem leiðir til eyðingar á málningunni og minni varnar gegn tæringu.

Polyurethane vörn (e. Polyurethane coating): Þessi tegund er í raun ekki tæringavörn en hún veitir bestu vörn gegn útfjólublárrí geislun (e. UV), skaðlegum efnum og er mjög meðfærileg. Húðunin viðheldur lit og geislun stálsins auk þess að veita mikilvæga vörn fyrir húðun.

Ólífrænir zink-kísil grunnar (e. Inorganic Zinc Silicates Primers): Þessi tegund er einstaklega hentug til þess að koma í veg fyrir ryðskrið (e. rust creep / undercutting) á skemmdum svæðum tæringavarna og kemur þannig í veg fyrir að tæringaskemmdin dreifi sér.

Zink ríkir epoxy grunnar (e. Zinc Rich Epoxy Primers): Þessi tegund er blanda zink-kísil grunns og hágæða epoxy málningar. Þetta er hágæðablanda sem þolir slæm veðurskilyrði, ver skemmd svæði og er vörn gegn niðurbroti á húðun (A&E Group, 2019; PileBuck, 2019).

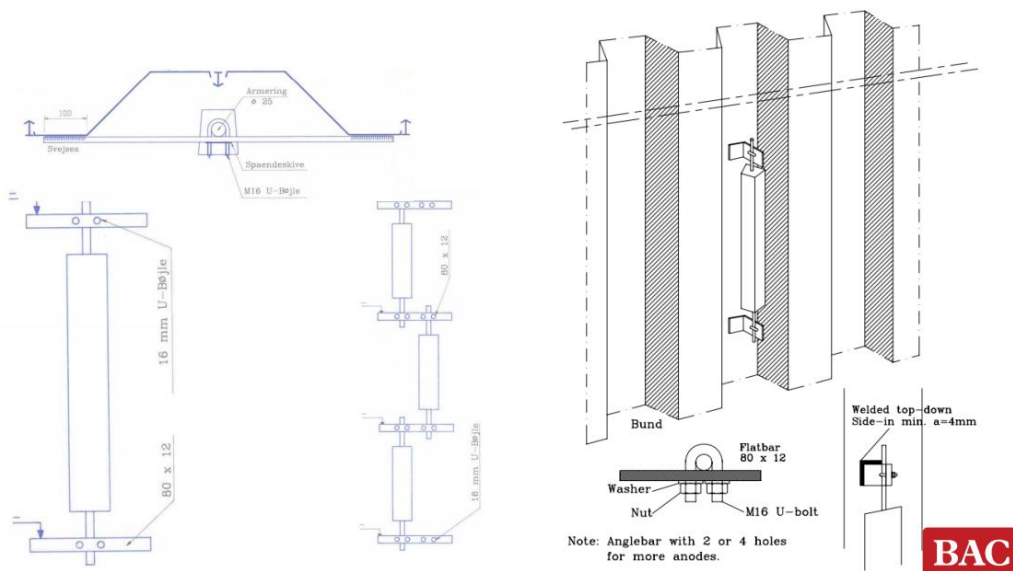
Kostnaður á húðun er breytilegur eftir hversu stóra fleti þarf að undirbúa og mála, en hann er áætlaður um 1.400 - 1.700 kr/tonn af stálþili.

FÓRNARSKAUT (ANODIC/CATHODIC PROTECTION)

Fórnarskaut eða anóður (e. sacrificial anodes) eru oft bún til úr zinki eða zink-ál blöndu. Þau eru sett á stálþil og skip í þeim tilgangi að verja aðra og verðmætari málma gegn tæringu. Mikilvægt er að fylgjast með ástandi fórnarskautanna en þau geta eyðst fyrir en áætlanir gera ráð fyrir af ýmsum ástæðum, t.d. vegna útleiðslu í rafkerfi skipa (NASSPA). En uppsetning fórnarskauta er frekar flókin, það er mikill byrjunarkostnaður og þau krefjast reglulegs viðhalds á líftíma mannvirkisins (Mynd 8).

Á nýjum stálþilsbryggjum sem eiga að vera með fórnarskaut þurfa stálþilsplötur að vera tengdar saman til að leyfa rafmagnsflæði á milli platna. Þetta er gert t.d. með því að rafsjóða plötur saman í lásum yfir nokkra metra eða tengja þær saman með ásoðnu flatjárnri eða kambstáli. Hafa þarf í huga að húðun á stálplötum gæti mögulega minnkað rafflæði sem fórnarskautin þurfa svo þau virki.

Uppsetning fórnarskauta og viðhald lengir líftíma á nýjum stálþiljum um 20 til 30 ár. Áætlaður kostnaður við uppsetningu fórnarskauta er um 90 – 120 þús. kr/m stálþilskants og um 20 – 40 þús. kr/m viðhaldskostnaður á 5 ára fresti. Uppsetning á fórnarskautum er jafnan gerð nokkrum árum eftir rekstur nýs stálþils (3 – 5 ár). Þetta er góð lausn en samspil með fleirum varnar valmöguleikum gefur oft bestu raunina, t.d. ef stálþil er einnig húðað (Köfunarþjónustan, 2012; Elrum & Dohn, 2019; EN ISO 13174:2012, 2012).



MYND 8 Fórnarskaut frá BAC (Elrum & Dohn, 2019)

EFNISÞYKKT (E. STEEL THICKNESS)

Aðferð sem er mikið notuð er að auka efnisþykkt á stálþilsplötum umfram hönnunarþykkt. Með þessu móti er hægt að lengja líftíma stálþils með litlu eða engu viðhaldi. En aukning á efnisþykkt er jöfn yfir alla stálþilsplötuna og þar með á svæðum þar sem auka efni er óþarfi. Með þessari aðferð er ekkert reynt að verja stálþilið gegn tæringu, eins og með húðun, heldur er því leyft að tærast því burðargetan er tryggð. Það er einnig kostur að niðurrekstur í erfiðan/fastan botn verður auðveldari með þykkari stálþilsplötum en á móti kemur að þær eru þyngri.

Fyrir hefðbundnar stálplötur (t.d. Z-prófíl) þá gefur 1 mm aukning á efnisþykkt um 6 til 8% aukningu í heildarþyngd stálþils en gefur um 10 ára aukningu í líftíma (ArcelorMittal, 2008).

STEYPA BAKVIÐ STÁLÞIL

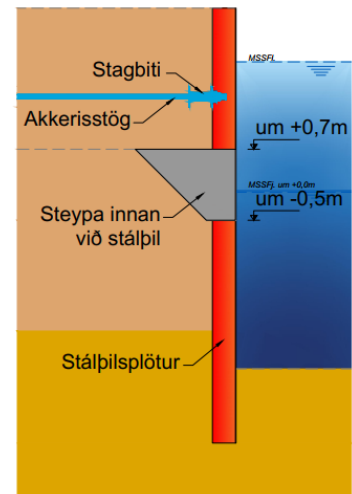
Að steypa bakvið stálþil er aðferð sem hefur verið notuð hjá Vegagerðinni, í samvinnu við íslenskar hafnir, við rekstur nýrra stálþilja frá árinu 2011/2012 og við viðgerð á nokkrum eldri bryggjum. Steypt er innan við stálþil í kóta um það bil 0,5 m fyrir neðan núll stöðu og um 0,7 m fyrir ofan núll stöðu (-0,5 til +0,7 m í hafnarkerfi) eins og sýnt er á Mynd 9. Það er á þessu svæði sem mesta tæring á sér stað og þar sem líklegast að tæringargöt myndist. Notuð er C25 steypa, án járnbindingar. Tilgangurinn með þessari aðferð er fyrst og fremst að koma í veg fyrir að bakfylling skolist út úr stálþili þegar tæringargöt myndast og þar með koma í veg fyrir að það myndist holrými undir þekju.

Rétt er að taka fram að þessi aðferð hægir ekki á tæringu sjávarmegin og gefur engan auka styrk við stálþilið. Kostnaður við þessa aðferð er um 25 – 35 þús. kr/m þegar steyp er á bakvið nýtt stálþil.

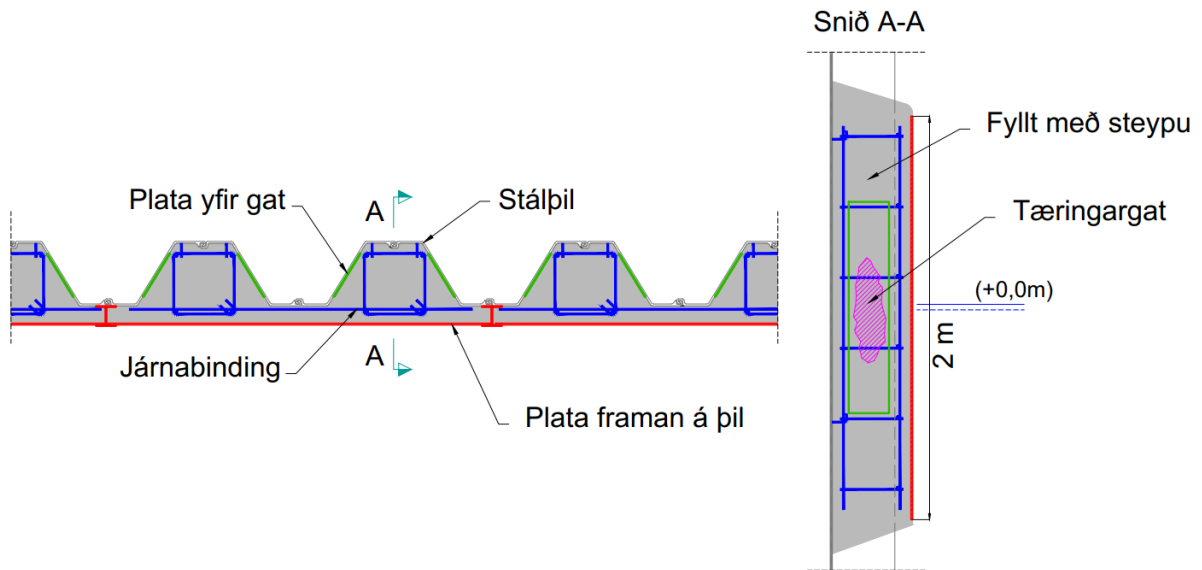
Á nokkrum stöðum hefur þessi aðferð verið notuð sem viðgerð þar sem tæringargöt hafa myndast í stálþilsbryggjum. Þá þarf að brjóta þekju meðfram bryggjukanti, grafa niður fyrir neðan núll stöðu, meðfram og á milli polla, staga, stagbita og lagna. Þetta er umfangsmikið og kostnaðarsamt.

LOKUN TÆRINGARGATA

Þegar ekkert viðhald hefur átt sér stað á bryggjupílum endar með því að það koma tæringargöt á þilið sem myndast oftast við núllstöðu sjávar. Ef ekkert er gert þá stækka þessi göt, bakfyllingarefni skolest út undan þekju bryggjunnar og holrými myndast undir þekjunni eins og má sjá á Mynd 10. Þessi holrými eru sérstaklega hættuleg þar sem þung umferð er á bryggju, t.d. vegna fork- eða gámalýftara og byggingarkrana sem sjá um um losun skipa. Lokun tæringargata er gerð með því að rafsjóða stálplötu yfir tæringargöt og aðra stærri og þykkari plötu framan á stálþil sem nær yfir nokkrar stálþilplötur (3 til 5 plötur). Stálplatan þarf að ná vel upp og niður fyrir tæringargötin og vera með efnisþykkt á milli 5 til 10 mm. Holrými bakvið stálplötu, við innbáru stálþils, er svo fyllt með steypu. Eitt dæmi um lokun tæringargata má sjá á Mynd 10 þar sem HEB bitar eru rafsoðnir framan á stálþil milli stálþils og stálplötu. Í innbáru skemmds stálþils er sett upp járnagrind og fyllt með steypu milli stálþils og stálplötu (Vegagerðin, 2012).



MYND 9 Steypa innan við stálþil.



MYND 10 Viðgerð á tæringargati bryggju á Grundarfirði (Vegagerðin, 2012).

STÁLGÆÐI (E. STEEL GRADE)

Með því að velja hærri stálgæði er hægt að leyfa tæringu að eiga sér stað. Með þessu móti er líftími stálþilsins lengdur með tilliti til burðar mannvirkisins í stað efnisþykktar. Einnig eru til stál sem er tæringaþolið, t.d. AMLoCor. Í þessu tæringaþolna stáli er stáli blandað við aðra málma eins króm og kopar, eða aðrar málmblöndur sem auka tæringaþol. Stálgæði sem eru yfirleitt notuð í stálþilsbryggjum á Íslandi eru frá S 355 til S 460 GP (ArcelorMittal, Corrosion resistant steel, 2019; NASSPA).

2.4 Endurbætur eða endurbygging

Best væri að koma í veg fyrir tæringu strax frá upphafi við uppsetningu stálþilja, og þá er húðun og fórnarskaut góð lausn. En ef um eldri stálþil eru að ræða, þar sem þegar eru komnar skemmdir þarf að meta hvort rétt sé að fara í endurbætur eða endurbyggingu stálþils. Aldur stálþils, ástand og fjármagn eru helstu þættirnir sem þarf að hafa í huga:

- Nýjar bryggjur: Húðun og mögulega uppsetning fórnarskauta
- 10-20 ár: Fórnarskaut
- 20-40 ár: Ef það er komin nokkur göt þá er viðgerð besta aðferðin
- >40 ár: Ef notkun á bryggju er ennþá nauðsynleg og það er mikil tæring þá er best að fara í endurbyggingu bryggju. Við endurbyggingu er vert að skoða mismundi aðferðir og lausnir, t.d. stálþil, harðviðarbryggjur eða steiptar bryggjur.

Ef nægilegt fjármagn er hins vegar ekki fyrir hendi og stálþil orðið meira en 40 ára gamalt þá er hægt að setja upp fórnarskaut og loka tæringargötum því ánóðurnar stöðva strax alla tæringu á stálþilinu. Þá þarf þó að skerða notkun bryggjunnar í samræmi við ástand hennar. Hafnarkantar á Íslandi eru hins vegar flestir í fullri notkun og því erfitt að skerða notkun þeirra.

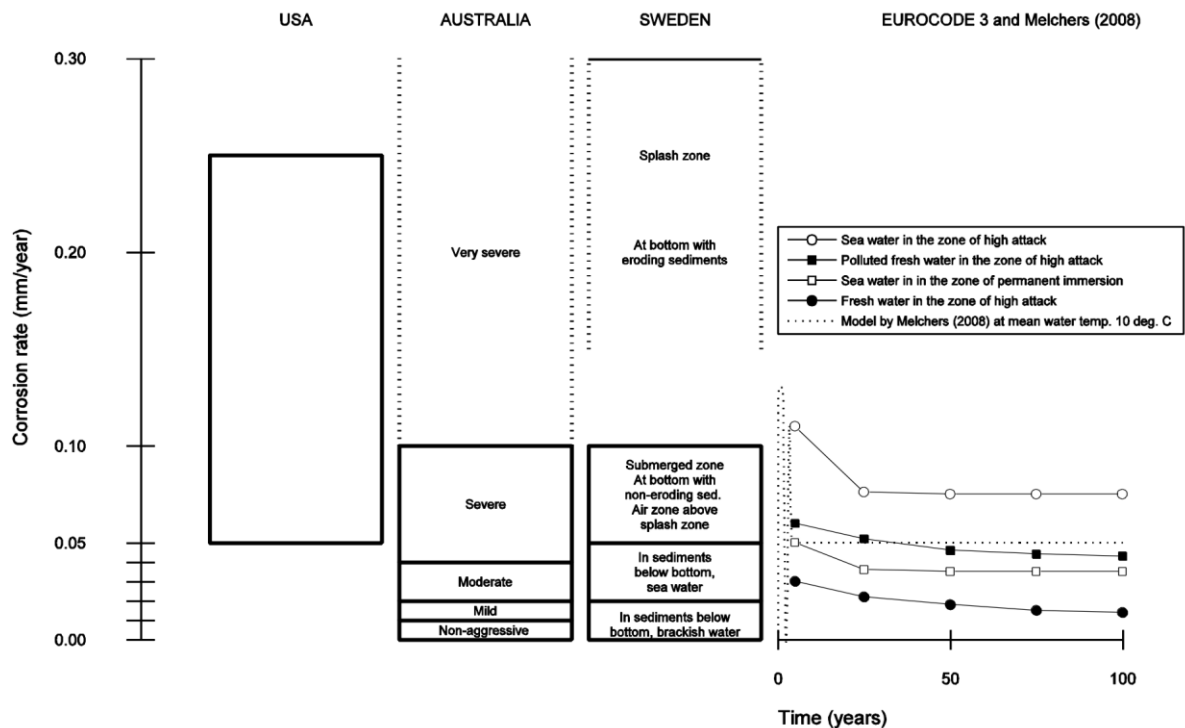
3 HÖNNUN, MÆLINGAR OG ÁSTAND

3.1 Hönnunarforsendur

Tæringarhraði á stáli í sjávarumhverfi er mismunandi eftir heimshlutum og leiðbeinandi gildi má oft finna í þjóðarstöðlum eða alþjóðlegum byggingarstöðlum. Það er vel þekkt að tæringarhraði í sjávarumhverfi er ekki línulegur, eins og sjá má á mælingum sem Eurocode staðallinn byggir á, og þessi ólínulega hegðun er augljós fyrstu 3 árin eftir uppsetningu stálpils. Á Norðurslóðum fer tæringarhraðinn mest upp í 0,13 mm/ár á þessu tímabili með meðalhita 10°C (mynd 11). Líftími hafnarmannvirkis er hins vegar yfirleitt hannaður fyrir 50 til 100 ár og fyrir svo langan hönnunarlíftíma má gera ráð fyrir línulegri hegðun í tæringarhraða. Stöðluð tæring hafnarstálpilja á Íslandi er á bilinu 0,10 – 0,15 mm/ár (Köfunarþjónustan, 2012).

Í Eurocode 3 eru gefnar upp hönnunarforsendur sem taka tillit til rýrnunar stáls vegna tæringar. Fyrir hefðbundinn stálpilskant eru gefin upp mismunandi hönnunargildi eftir því í hvernig jarðveg stálpilið liggur, og þessum gildum bætt við staðlaða tæringarhraðann á mynd 11. Þessi listi yfir hönnunargildi mismunandi jarðvegs í hafnargerð er ekki tæmandi.

Sem dæmi þá er heildar tæring hafnarstálpils, sem er bakfyllt með sandi, á 100 árum um 8,7 mm á öldusvæði stálpils og 4,7 mm á neðansjávarsvæði (sjá svæði til skýringar á mynd 3) (Wall & Wadsö, 2011; Wall & Wadsö, 2013; Eurocode 3, 2007).



MYND 11 Hönnunartæringarhraði stáls í sjávarumhverfi eftir mismunandi heimshlutum (Wall & Wadsö, 2013).

3.2 Stálþilsmælingar og skoðun

Samræmi þarf að vera í aðferðum til stálþilsmælinga milli hafna, mælingartæki, búnaður, aðferð, skýrslugerð o.s.frv. Nákvæmar stálþilsmælingar og skoðun er framkvæmd af kafara og getur verið mismunandi hvernig þeir skila frá sér niðurstöðum. Í kafla 0 er gerð tillaga að samræmdum kröfum og aðferðum til stálþilsmælinga.

3.2.1 Kafari og tæki

Kafari

Kafari sjónskoðar og mælir stálþil þar sem ekki er auðvelt að komast að, t.d. neðansjávar. Ef úttekt á stálþili krefst ítarlegra mælinga og skoðunar, er kafari því nauðsynlegur. Oft er kafari með myndavél meðferðis, GoPro eða sambærilegt, sem nýtist í sjónskoðuninni. En við þykktarmælingar þarf sérhæfðan búnað.

Mælingatæki

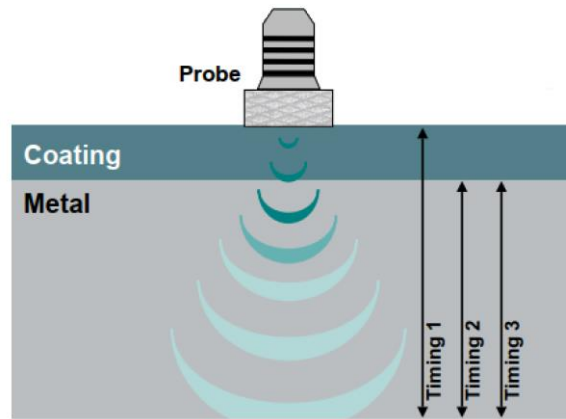
Þar til frekar nýlega voru stálþil aðallega ástandsmetin eftir útliti, en til eru mælar sem geta mælt nákvæma þykkt stálþils bæði ofan og neðan sjávar, s.s. Multigauge 3000 og Multigauge 5600, sjá mynd 12. Multigauge 3000 er hannaður fyrir harðgerðar neðansjávarmælinar og getur sent gögn beint í tölvu á landi á meðan Multigauge 5600 er notaður ofansjávar og er minni í sniðum. Það eru til fjöldinn allur af þykktarmælum og sumir þeirra eru hannaðir fyrir bæðir neðan- og ofansjávar aðstæður. Þeir virka þó allir á svipaðan hátt (Tritex ndt, 2019).



MYND 12 Dæmi um þykktarmæla, a) Multigauge 3000 b) Multigauge 5600 (Tritex ndt, 2019)

Þykktarmælar virka þannig að sendur er hljóðþúls í gegnum bæði húðun og málmsins sem endurspeglar svo frá aftari hluta vegg stálþilsins, sjá mynd 13. Bergmálið endurtekur sig innan málmsins, þar sem aðeins lítill hluti bergmálanna ferðast til baka í gegnum húðina hverju sinni. Tímasetningin milli litlu bergmálanna gefur tímasetningu bergmála innan málmsins. Bergmálin þurfa ekki að vera í tímaröð því mælirinn túlkar þau sjálfkrafa og reiknar þykktina. Að minnsta kosti þrjú bergmál eru athuguð í hvert skipti. Þetta er kallað sjálfvirka mælingarkerfið (e. Automatic Measurement Verification, AMVS).

Verð á þessum mælum er um 200 þús. kr fyrir MG 5600 en um 450 þús. kr fyrir MG 3000, án vsk.



MYND 13 Skýringarmynd af virkni þykktarmæla (Tritex ndt, 2019).

3.2.2 Mælingar á Íslandi

Síðustu 10 til 15 ár hafa verið gerðar þykktarmælingar á stálþiljum í nokkrum höfnum á Íslandi en gögnin ekki varðveist sérstaklega vel eða skjalfest. Erfitt hefur verið að nálgast þau í sumum tilfellum og oft ekki til á rafrænu formi. Mælingarnar voru aðallega gerðar af Köfunarþjónustunni ehf. og Köfunarþjónustu Sigurðar ehf.

Næstum allar bryggjur sem voru þykktarmældar voru endurnýjaðar stuttu seinna. Þykktarmælingar sem hafa verið gerðar frá árinu 2010 má sjá í Tafla 1, en listinn er ekki tæmandi.

TAFLA 1 Yfirlit yfir þykktarmælinga á höfnum á Íslandi frá árinu 2010.

Staður	Ár	Athugasemdir
Reykjavík	-	Upplýsingar ekki aðgengilegar
Ólafsvík	2010/11	Mælingar ekki til
Stykkishólmur	2014	
Sandgerði	2014	Var endurbyggð 2018/19
Helguvík	2015	
Sauðárkrókur	2018	
Norðfjörður	2019	Bæjarbryggja og Löndunar-/Olíubryggja ¹
Eskifjörður	2019	Hafskipabryggja ¹
Reyðarfjörður	2019	Ellið ¹

¹ Úttekt á stálþili fyrirætluð – óvíst hvort þykktarmælinga sé þörf

3.2.3 Samræmdar kröfur til stálþilsmælinga

Í ágúst 2019 var EFLA fengin til að ástandsskoða fjórar stálþilsbryggjur í Fjarðabyggð, eina á Eskifirði, tvær á Norðfirði og eina á Reyðarfirði. Kafari var valin m.t.t. leyfa, skoðunarbúnaðar og -aðferða. Fyrir þetta verk var fenginn reyndur kafari, Gunnar Sævarsson hjá Dive Tech ehf. Hann er með eftirfarandi leyfi og búnað:

Leyfi, réttindi ofl.:

1. Aðstoðarmaður/menn: Kafarar og vélfræðingar að mennt með reynslu af stálvinnu
2. Réttindi til atvinnuköfunar í Evrópu og á Íslandi
3. Réttindi/reynsla á þykktarmæli
4. Unnið eftir stöðlum HSE (<https://www.hse.gov.uk/>)

Búnaður:

1. Köfunarbúnaður
2. Þykktarmælir: Krautkramer Type DM4
3. Myndavél: GoPro / sambærilegt – á kafara
4. Talstöðvar fyrir samskipti milli aðstoðamanns og kafara
5. Fjarstýrður kafbátur

Gerð voru eyðublöð og grunnmyndir af bryggjum fyrir kafara sem hann gæti notast við í úttekt á stálþiljunum. Þau eyðublöð ásamt sambærilegum kröfum um leyfi og búnað, eru grunnur að viðmiðunarkröfum sem EFLA mun setja fyrir önnur svipuð verkefni í framtíðinni. Eyðublöð fyrir úttekt á stálþiljum má sjá í viðauka B.

3.3 Ástandsyfirlit

Tekin var saman bryggjuskrá yfir stálþil á Íslandi. Hún telur um 230 stálþilsbryggjur um allt land og sýnir ýmsar upplýsingar um þær svo sem lengd, dýpi, byggingarár, stálþilsmælingar og margt fleira. Í framhaldverkefni verður bætt við þessa bryggjuskrá ástandsskoðun á sem flestum bryggjum sem eru 40 ára og eldri (Vegagerðin, Vitar og hafnir, 2019; Sveinsson, 2009).

3.3.1 Viðgerðarlausnir og kostnaður

Viðgerðir á þeim bryggjum sem þarfnast viðhalds miðast við þær lausnir sem talað er um í kafla 2.3 hér að ofan og fer kostnaður eftir því hvaða lausn er notuð ásamt ástandi, lengd bryggju og flækjustigi (t.d. brot á kanti, þekju, lagnir o.s.frv.).

Stefnt er að því að lista þær bryggjur upp í framhaldverkefni ásamt tillögum að viðgerðalausnum og kostnaði, eða ef tilefni sé til endurbyggingar.

3.3.2 Forgangsröðun

Stálþilsbryggjur sem eru yfir 40 ár gamlar og/eða eru mjög illa farnar eru sérstaklega skoðaðar þegar kemur að því að ákveða hvaða bryggjur skal ráðast í endurbyggingu eða endurbætur á. Í flestum

tilfellum hangir ástand og aldur saman en bryggjur geta skemmst af ýmsum ástæðum. Skemmdir vegna skipa eru algengastar og þá yfirleitt vegna áreksturs eða undanmoksturs frá bógskrúfum. Bógsrúfur þyrfa burt efni á sjávarbotni fyrir fram stálpil, svo að bakfyllingarefni skolast út undan stálpili eða stálpil missir festu í botn og spyrnist út og gefur sig.

Árið 2018 voru um 70 stálpilsbryggjur yfir 40 ára gamlar og þar af 8 sem voru yfir 60 ára gamlar. Framkvæmdir voru við 4 stálpilbryggjur árið 2019 og að auki standa til nokkrar framkvæmdir við stálpilsbryggjur árið 2020 (Samgönguáætlun, 2019). Þær bryggjur sem farið verður í framkvæmdir á má sjá í tafla 2. Það er hins vegar ekki alltaf elstu bryggjurnar sem er verið að endurbyggja, oft er verið að gera breytingar eins og t.d. lengingu á kanti.

TAFLA 2 Endurnýjun, endurbætur eða aðrar væntanlegar framkvæmdir við stálpilsbryggjur á Íslandi 2019 og 2020 (Samgönguáætlun, 2019).

Höfn	Bryggja	Byggingarár	Framkvæmd	Framkvæmdarár
Bolungarvík	Brjóturinn	1978, 2007	Endurbygging/Lenging	2019
Akureyri	Tangabryggja	2005	Lenging	2019
Norðfjörður	Togarabryggja	1976, 2001, 2005, 2012	Endurbygging	2019
Vestmannaeyjar	Skipalyftubryggja	1979	Endurbygging (vegna skemmda frá skipi)	2019
Grundarfjörður	Norðurgarður	1976, 2003	Lenging	2019/20
Bíldudalur	Hafskipabryggja og stórskipakantur	1966, 2004	Lenging	2019/20
Suðureyri	Vesturkantur	1980, 2012	Endurbygging	2019/20

Það sem hefur áhrif á forgangsröðun framkvæmda við stálpilsbryggjur, hvort sem það er endurbygging, endurbætur eða lenging, er aldur bryggju, notkun og fyrirséð aukning í notkun (t.d. vegna skemmtiferðaskipa, iðnaðar eða annað). Meiri forgangur er lagður á þá kanta sem eru í mikilli notkun, jafnvel þótt aldur þeirra sé ekki mikill. Þörfin fyrir endurnýjun á öllum elstu stálpilsbryggjum landsins er matsatriði í hverju tilfelli, sérstaklega ef lítil sem engin notkun er á bryggjunni.

En miðað við þann fjölda bryggja sem eru að verða komnar á aldur eða komnar á aldur þá er endurnýjunin undanfarin ár ekki nægilega hröð (4 - 5 bryggjur á ári). Fjöldi stálpilsbryggja á Íslandi er það mikill að ef halda á þeim öllum við þyrftu 7-10 stálpilsbryggjur að vera endurbyggðar/endurbættar á ári.

4 LOKAORÐ

Tæring stálþilsbryggja á Íslandi er vandamál eins og annar staðar í heiminum og getur orðið töluvert tjón vegna þess ef þeim er ekki viðhaldið og endurnýjaðar reglulega.

Tæring á stálþilsbryggjum á sér helst stað í núll-stöðu sjávar og vegur þar þungt aðgangur að súrefni eða súrefnisinnihald sjávar. Örverutæring (e. MIC) er einnig stór þáttur í tæringu á stálþiljum og veldur hraðaðri tæringu.

Mat á því hversu langt tæringin er komin má gera með þykktarmælingum á stáli. En oft er sjónskoðun á þili nægilegleg, sérstaklega ef stálþil er orðið mjög mikið tært og mikið af götum á þilinu.

Varnir gegn tæringu er best að ráðast í strax við uppsetningu stálþils svo endingartími þilsins sé sem lengstur. Dæmi um tæringavarnir og forvarnir er húðun, fórnarskaut, efnisþykkt, steypa bakvið stálþil, lokun tæringargata og hærri stálgæði.

Ef engar sérstakar ráðstafanir hafa verið gerðar varðandi tæringavarnir þá er gott viðmið að undirbúa skoðun fyrir endurbyggingu/endurbætur á stálþiljum sem eru orðin 40 ára gömul. Hönnunarforsendur tæringarhraða á stálþiljum á Íslandi er um 0,10 – 0,15 mm á ári (Köfunarþjónustan, 2012) og því getur tæring á 40 árum verið á milli 4 til 6 mm. Það er töluvert mikið, sérstaklega ef miðað er við að nýtt stálþil er yfirleitt um 10 mm að þykkt.

Til eru ýmsar upplýsingar um stálþilsbryggjur á Íslandi sem voru teknar saman í þessari skýrslu og settar í bryggjuskrá svo sem lengd, dýpi, byggingarár, stálþilsmælingar og margt fleira. En þó má alltaf bæta við og er markmiðið að bæta í þá bryggjuskrá fleiri gagnlegum upplýsingum eins og ástandsmati og viðgerðartillögum.

Þessi fyrsta skýrsla verkefnisins snýst að stærstum hluta um öflun heimilda sem hægt verður að nota sem grunn að áframhaldandi verkefnum tengdum stálþilstæringu í höfnum á Íslandi. Þessari heimildaöflun má skipta í tvennt, annars vegar eru það heimildir um tæringu stálþilja sem er fjallað um ítarlega hér í skýrslunni og hins vegar samansafn upplýsinga um stálþilsbryggjur á Íslandi sem eru teknar saman í bryggjuskrá (sjá Viðauka B).

Á næstu stigum verkefnisins verður áherslan á gagnaöflun og rannsóknir á núverandi ástandi stálþilsbryggja á Íslandi með þeim aðferðum og leiðbeiningum sem eru nefndar í þessari skýrslu.

5 HEIMILDIR

- A&E Group. (2019). Sótt frá <http://www.ae-sys.com/techpapers/mic.pdf>
- ArcelorMittal. (2008). *Piling Handbook 8th ed.* Arcelor Mittal.
- ArcelorMittal. (2019). *Corrosion resistant steel*. Sótt frá <http://sheetpiling.arcelormittal.com/page/index/name/amlocor>
- Bethencourt, M., Sánchez-Amaya, J. M., González-Rovira, L., & Botana, F. J. (2007). Monitoring the corrosion of steel sheet piles by means of ultrasound and corrosion potential measurements. *EUROCORR*. Freiburg im Breisgau: The European Corrosion Congress.
- CorrosionClinic*. (2019). Sótt frá https://www.corrosionclinic.com/corrosion_courses/microbiologically%20influenced%20corrosion_MIC_causes_mitigation_prevention.htm
- Elrum, O., & Dohn, B. (2019). Sacrificial Anodes. *BAC Symposium June 2019*. BAC Corrosion Control A/S.
- EN ISO 13174:2012. (2012). *Cathodic protection fo harbour installations*. European Standards.
- Eurocode 3 - Design of steel structures - Part 5: Piling. (2007). *EN 1993-5-2007*, Kafli 4.4. European Standard.
- Hafrannsóknastofnun*. (2019). Sótt frá <http://firdir.hafro.is/almennt-efni/sjor/>
- Hashimoto, R., Imai, A., Imafuku, K., Ganaha, Y., Kawase, Y., & Furukawa, M. (2017). *High-durability Corrosion Protection of Marine Steel Structures Using Titanium Covers*. Nippon Steel & Sumitomo Metal.
- Houyoux, C., Alberts, D., & Heeling, A. (2007). *Design method for steel structures in marine environment including the corrosion behaviour*. Luxembourg.
- Köfunarþjónustan. (2012). *Sérfræðingar í viðgerðum og viðhaldi hafnarmannvirkja*. Reykjavík: Köfunarþjónustan Ehf.
- Melchers, R. E. (án dags.). *Modelling microbiologically influenced marine corrosion of steels*. The University of Newcastle, Australia.
- NASSPA. (án dags.). *Guidance on Corrosion*. North American Steel Sheet Piling Association.
- PileBuck*. (2019). Sótt frá <http://www.pilebuck.com/marine/steel-sheet-piling-corrosion-protection/>
- PileMedic*. (2019). Sótt frá https://www.pilemedic.com/steel_h_piles.html
- Rhodes, G. A. (2011). *Guidelines for the Protection of Steel Piles*. HAMK, University of Applied Sciences.
- Sveinsson, K. (2009). *Íslenskar hafnir og hafnargerð*. Siglingastofnun.

Vegagerðin. (2019). *Sjávarfallaspá*. Sótt frá <https://www.vegagerdin.is/vs/ArealKort.aspx>

Vegagerðin. (2019). *Vitar og hafnir*. Sótt frá <https://vitaroghafnir.vegagerdin.is/>

Vermeijden, L. (2017). *A conceptual model describing Microbially Influenced Corrosion of sheet piles*. TU Delft.

Wall, H., & Wadsö, L. (2011). Sheet Pile Corrosion in Swedish Harbours - An inventory of Corrosion Surveys along the Swedish Coast. *European Corrosion Congress 2011 (EUROCORR 2011)*, (bls. 2520).

Wall, H., & Wadsö, L. (1. 1 2013). Corrosion rate measurements in steel sheet pile walls in a marine environment. *Marine Structures*, 33, 21-32. Sótt frá <https://doi.org/10.1016/j.marstruc.2013.04.006>

VIÐAUKI A – EYÐUBLÖÐ FYRIR ÚTTEKT Á STÁLPILI

01 – Grunnmynd af Bæjarbryggju á Norðfirði

02 – Eyðublað 1

03 – Eyðublað 2



Byrjun

64 m

78 m

Hæðarkóti
kants:
+3,0

71 m

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 m

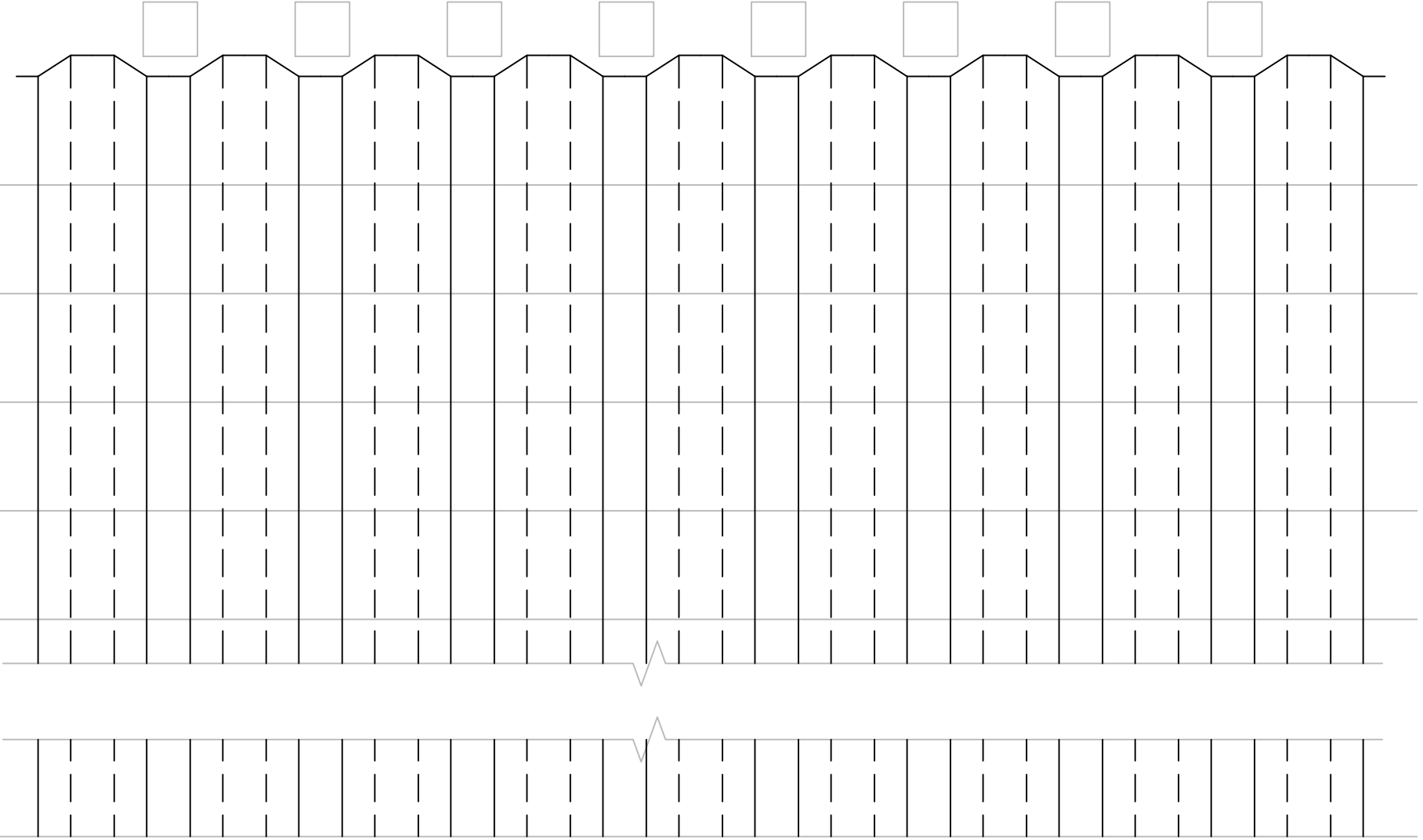
Kóti kantbita:

↓

Númer eða fjarlægð stálþilsplötu:

↓
↓
↓
↓
↓

Botn:

↓

Mæling nr.	Kóti	A	B	C	D	E	Athugasemdir

VIÐAUKI B – BRYGGJUSKRÁ STÁLÞIL

Höfn	Bryggjuheiti	Tegund	Lengd viðlegukants	Heildar lengd bryggju (með göflum)	Dýpi	Bryggju kóti	Byggingar ár	Aldur stálþils	Teikningar Vg	Stálþil tegund	Stálgæði	Gögn um stálþilsmælingar og/eða ástandsskoðun	Heimild
Reykjavík												Jón/Guðmundur með uppl	
	Sundahöfn - Vogabakki	Stálþil	720 m	720 m	8m/9m	5,5 m							http://faxaports.is/area/sundahofn/
	Sundahöfn - Kleppsbakki, lenging	Stálþil	510 m	510 m	13m		2018	0					
	Sundahöfn - Kleppsbakki	Stálþil	437 m	450 m	8,5m/10m	5,50 m							
	Sundahöfn - Sundabakki	Stálþil	285 m	285 m	8,0 m	5,20 m							
	Sundahöfn - Korngarður	Stálþil	135 m	135 m	8,0 m	5,20 m							
	Sundahöfn - Skarfabakki, stór kantur	Stálþil	650 m	670 m	12,0 m	6,00 m							
	Sundahöfn - Skarfabakki, endi	Stálþil	50 m	60 m	4,5 m	6,00 m							
	Gamla höfnin - Eyjagarður	Stálþil	72 m	145 m	13,0 m	6,50 m							http://faxaports.is/area/gamla-hofn/
	Gamla höfnin - Norðurgarður, lenging	Stálþil	120 m	120 m	10,0 m	5,35 m	2018	0					
	Gamla höfnin - Norðurgarður	Stálþil	160 m	200 m	10,0 m	5,35 m							
	Gamla höfnin - Grandabryggja, vesturkant	Stálþil	130 m	130 m	8,5 m	5,35 m							
	Gamla höfnin - Grandabryggja, endann	Stálþil	76 m	76 m	8,5 m	5,35 m							
	Gamla höfnin - Grandabryggja, austurkant	Stálþil	115 m	115 m	8,5 m	5,35 m							
	Gamla höfnin - Grandabakki	Stálþil	138m	138 m	8,5 m	5,35 m							
	Gamla höfnin - Bótarbryggja, vesturkant	Stálþil	98 m	98 m	8,5 m	5,35 m							
	Gamla höfnin - Bótarbryggja, endann	Stálþil	25 m	25 m	7,5 m	5,35 m							
	Gamla höfnin - Bótarbryggja, austurkant	Stálþil	72 m	72 m	8,5 m	5,35 m							
	Gamla höfnin - Grófarbakki	Stálþil	70 m	90 m	7,5 m	5,20 m							
	Gamla höfnin - Miðbakki	Stálþil	200 m	200 m	8,5 m	5,35 m							
	Gamla höfnin - Austurbakki	Stálþil	166 m	166 m	7,5 m	5,35 m							
	Gamla höfnin - Ingólfsgarður	Stálþil	40 m	184 m	4,5 m	5,4 m							
	Bryggja við Björgun ehf.	Stálþil	100 m	130 m									
Grundartangi													http://faxaports.is/area/grundartangi/
	Útkantur	Stálþil	620 m		10-14m	6,2/5,8m	1997	21	B5740				
	Útkantur, Lenging	Stálþil					2004	14	B6927				
	Austurkantur	Stálþil	120 m		7,5 m	5,8 m	1977	41	B4903				
Akranes													http://faxaports.is/area/akranes/
	Aðalhafnargarður, efri hluta	Stálþil	130 m	315 m	8,5 m	5,20 m	2003	15	B6587-6596				
	Aðalhafnargarður, fremri hluta	Stálþil	150 m	315 m	10,0 m	5,20 m							
	Bátabryggja, suðurkant efri hluta	Stálþil	103 m	103 m	3,5 m	5,20 m							
	Bátabryggja, suðurkant fremri hluta	Stálþil	62 m	62 m	6,0 m	5,20 m							
	Bátabryggja, norðurkant	Stálþil	55 m	215 m	6,0 m	5,20 m							
	Ferjubryggja (1)	?	50 m	120 m	2,5 m	5,30 m							
	Ferjubryggja (2)	?	40 m		3,5 m	5,30 m							
	Faxabryggja, efri hluta	Stálþil	76 m	80 m	6,5 m	5,30 m							
	Faxabryggja, fremri hluta	Stálþil	70 m	118 m	7,0 m	5,30 m							
	Viðgerðabryggju	Stálþil	40m	70 m	3,5 m	5,20 m							
Borgarnes													http://faxaports.is/area/borgarnes/
	Borgarnes bryggja	Stálþil	40 m	90 m	0,5/2,0m		1984	34	B4189, B4190				
Rifshöfn												Aldrei mælt	http://snb.is/thjonusta/samgongur/hafnir/
	Norðurgarður, vestari hluti	Stálþil	70 m	90 m	7,0 m	5,5 m	2002	16	B6451, B6523				
	Austurkantur	Stálþil	110 m	110 m	7,5 m	5,5 m	1966	52	B1818, B1819				
	Austurkantur, lenging	Stálþil	90 m	105 m	7,5 m	5,5 m	2007	11	B7469, B7382				
	Norðurkantur	Stálþil	205 m	205 m	5,5m/7,5m	5,6 m	2017	1	B8961, B8896				
Ólafsvík												Mælt 2010/2011	http://snb.is/thjonusta/samgongur/hafnir/
	Norðurgarður, fremst	Stálþil	66 m	150 m	5,5 m	5,4 m	1971	47	B2508, B2510			Siggi Karan þykktarmætur þinn á	
	Norðurtangi	Stálþil	120 m	120 m	6,0 m	5,4 m	1988	30	B4450			Kuluráttir og á	
	Norðurtangi, bakþil trébryggju	Stálþil	23 m	23 m	5,5 m	5,4 m	2007	11				þykktarmælti	
	Norðurtangi, lenging suður	Stálþil	25m	45 m	5,5 m	5,4 m	2007	11	B7477, B7380				
	Suðurþil	Stálþil	93 m	95 m	4m/4,5m	5,4 m	1974	44	B2964				
Grundarfjörður													https://www.grundport.is/
	Norðurgarður	Stálþil	30 m	30 m	4,0 m	5,0 m	1976	42	B3307, B3321				
	Norðurgarður	Stálþil	125 m	125 m	6,5 m	5,0 m	1976	42	B3307, B3321				
	Norðurgarður, lenging	Stálþil	100 m	160 m	8,0 m	5,0 m	2003	15	B6299, B6300				
	Miðgarður	Stálþil	190 m	200 m	6,2 m	5,0 m	2006	12	B7243, B7247, B7187-89				
	Suðurgarður	Stálþil	40 m	65 m	5,5 m	5,0 m	1981	37	B3862				
Stykkishólmur													http://www.stykkisholmur.is/thjonustan/stykkisholmshofn/
	Ferjubryggja	Stálþil	50 m	75 m	4,0 m	5,5 m	1989	29	B4527, B4529				

Höfn	Bryggjuheiti	Tegund	Lengd viðlegukants	Heildar lengd bryggju (með göflum)	Dýpi	Bryggju kóti	Byggingar ár	Aldur stálþils	Teikningar Vg	Stálþil tegund	Stálgæði	Gögn um stálþilsmælingar og/eða ástandsskoðun	Heimild
	Skipavíkurbryggja	Stálþil	90 m	120 m	5,6 m	5,5 m	2002	16	B6449, B6450, B6512				
Reykhólar													
	Gamla stálþilsbryggja	Stálþil	140 m	160 m	2m/4m	6,3 m	1975	43	B3091, B3287				
Brjánslækur													http://www.vesturbyggd.is/thjonusta/hafnir/
	Ferjubryggja	Stálþil	40 m	70 m	4,0 m	5,5 m	1989	29	B4446, B4447				
	Ferjubryggja, lenging	Stálþil	33 m	60 m	4,0 m	5,5 m	2007	11	B7502, B7504				
Patreksfjörður													http://www.vesturbyggd.is/thjonusta/hafnir/
	Stórskipakantur N kantur, endurbygging	Stálþil	230 m	230 m	7m/7,5m		2008	10	B7772				
	Stórskipakantur V kantur, endurbygging	Stálþil	240 m	240 m	7m/7,5m		2008	10	B7773				
Tálknafjörður													http://talknafjordur.is/atvinnullifd/hofnin/
	Gamla bryggja	?	140 m	140 m			1995	23	B5230, B5231				
	Nýja bryggja	Stálþil	100 m	160 m	6,5 m		1982	36	B3984, B3985				
Bíldudalur													http://www.vesturbyggd.is/thjonusta/hafnir/
	Hafskipabryggja, innanverðu	Stálþil	140 m	150 m	4,5 m	3,8 m	1966	52	B1756				
	Hafskipabryggja, utanverðu	Stálþil	45 m	85 m	7,0 m	3,8 m	1966	52					
	Kalkþörungabryggja (löndunarbryggja)	Stálþil	80 m	115 m	10,0 m	3,8 m	2004	14	B6948				
Þingeyri												Ekki til, Guðmundur K. 7.8.2018	https://www.isafjordur.is/is/thjonusta/samgongur/hafnir/
	Ytri hafnarkantur	Stálþil	70 m	110 m			1964	54	B3064, B3274, B3275				
	Innri hafnarkantur	Stálþil	150 m	180 m			1976	42	B3371, B3375				
Flateyri												Ekki til, Guðmundur K. 7.8.2018	https://www.isafjordur.is/is/thjonusta/samgongur/hafnir/
	Hafskipabryggja	Stálþil				3,2 m	1951	67	B948, B949, B988				
	Löndunarkantur	Stálþil				3,2 m	1967	51	B1906, B1910				
	Löndunarkantur	Stálþil				3,2 m	1974	44	B2968, B2969				
	Stórskipabryggja	Stálþil				3,2 m	1982	36	B4075, B4076				
	Stórskipabryggja	Stálþil				3,2 m	1999	19	B6004, B6005				
Suðureyri												Ekki til, Guðmundur K. 7.8.2018	https://www.isafjordur.is/is/thjonusta/samgongur/hafnir/
	Suðurgarður	Stálþil	110 m	110 m		3,4 m	1980	38	B3805				
	Vesturkantur, endurbygging	Stálþil	65 m	65 m		3,4 m	2012	6	B7619, B7620, B8525				
	Vesturkantur	Stálþil	55 m	55 m		3,4 m	1980	38	B3805				
	Norðurgarður	Stálþil	90 m	90 m		3,4 m	1966	52	B1771, B1772				
Ísafjörður												Ekki til, Guðmundur K. 7.8.2018	https://www.isafjordur.is/is/thjonusta/samgongur/hafnir/
	Fagraneskantur	Stálþil	160 m	160 m		3,6 m	1995	23	B5468, B5471				
	Innri Batahöfn	Stálþil	65 m	65 m		3,6 m							
	Ásgeirsbakki	Stálþil	305 m	305 m		3,6 m	2005	13	B7087, B7088				
	Sundabakki, austurkantur	Stálþil	193 m	210 m		3,6 m	1999	19	B5985, B5987				
	Sundabakki, norðurkantur	Stálþil	137 m	137 m		3,6 m	1999	19	B5985, B5987				
	Mávagarðsbryggja	? (tré)	30 m	30 m		3,6 m	1974	44	B2989, B2993				
	Mávargarður, oliubryggja	Stálþil	60 m	90 m		3,6 m	2008	10	B7587, B7812, B7814				
Bolungarvík													http://www.bolungarvik.is/hofn/
	Brjótur	Stálþil	90 m	110 m	5,0 m	3,4 m	1978	40	B3538				
	Brjótur, endurbygging	Stálþil	120 m	140 m	8,0 m	3,4 m	2007	11	B7525, B7527				
	Grundargarður	Stálþil	120 m	140 m	6,0 m	3,4 m	1982	36	B4095, B4096				
Súðavík													
	Stórskipabryggja	Stálþil	50 m	70 m		3,5 m	1971	47	B2519				
Norðurfjörður													
	Hafskipabryggja	Stálþil	40 m	70 m	5,5m	3,0 m	1984	34	B4251, B4252				
Hólmavík													http://www.strandabyggd.is/stofnanir/Hofn/
	Hafskipabryggja	Stálþil	100 m	105 m	4,0 m	2,8 m	1961	57	B1450, B1515				
	Hafskipabryggja, endurbygging	Stálþil	120 m	130 m	6m/6,5m	2,8 m	2011	7	B8243				
Hvammstangi													https://www.hunathing.is/is/thjonusta/veitur-og-samgongur/hvammstangahofn/
	Norðurgarður	Stálþil	80 m	100 m	4,0 m	3,0 m	1970	48	B2416				
	Norðurgarður, endurbygging	Stálþil	60 m	75 m	6,0 m	3,0 m	1997	21	B5765, B5766				
Skagaströnd													http://www.skagastrond.is/hofnin.asp
	Sægarður	Stálþil	100 m	130 m	6m/6,5m	2,2 m	1982	36	B3982, B3983				
	Útgarður	Stálþil	50 m	50 m	4m/4,5m	2,2 m							
	Miðgarður (Bræðslubryggja)	Stálþil	105 m	105 m	6m/6,5m	2,2 m							
	Skúffugarður	Stálþil	140 m	140 m	3m/4m	2,0 m	1992	26	B4808, B4977				
Sauðárkrúkur													https://hafnir.skagafjordur.is/
	Efri garður	Stálþil	200 m	220 m	7m/8m	2,8 m	1950	68	B950, B951				

Höfn	Bryggjuheiti	Tegund	Lengd viðlegukants	Heildar lengd bryggju (með göflum)	Dýpi	Bryggju kóti	Byggingar ár	Aldur stálþils	Teikningar Vg	Stálþil tegund	Stálgæði	Gögn um stálþilsmælingar og/eða ástandskoðun	Heimild
	Efri garður, lenging	Stálþil				2,8 m	1974	44	B3056, B3059				
	Fremri garður	Stálþil	200 m	200 m	7m/8m	2,8 m	2001	17	B6342, B6343,				
	Siðribryggja, (norðurgarður)	Stálþil	170 m	170 m	4m/6m	3,0 m	1992	26	B5071, B5074, B5075				
Hofsós													
	Norðurgarður	Stálþil				2,5 m	1947	71	B781, B865				
	Norðurgarður	Stálþil	100 m	130 m		2,5 m	1974	44	B2816				
Siglufjörður													https://www.fjalabyggd.is/is/stjornsysla/stjornskipulag/stofnanir/hafnir
	Togarabryggja	Stálþil	155 m	200 m	8,0 m	2,6 m	2001	17	B6329, B6330				
	Bæjarbryggja, endurbygging vesturkants	Stálþil	50 m	65 m	6,0 m	2,9 m	2015	3	B8830, B8833				
	Bæjarbryggja, endurbygging suðurkants	Stálþil	155 m	163 m	9,0 m	2,9 m	2015	3	B8830, B8833				
	Ingvarsbryggja	Stálþil	120 m	140 m	6,0 m	2,6 m	1996	22	B5462, B5490, B5492				
	Óskarsbryggja	Stálþil	95 m	95 m	4m/6m	2,6 m	1991	27	B4841, B4672, B4673				
Ólafsfjörður													https://www.fjalabyggd.is/is/stjornsysla/stjornskipulag/stofnanir/hafnir
	Norðurkantur	Stálþil	70m	70 m		2,8 m							
	Þverbryggja	Stálþil	205 m	205 m		2,8 m	1999	19	B6056				
	Norðurgarður	Stálþil	80 m	80 m		2,8 m	2003	15	B6740				
	Löndunarkantur	Stálþil	125 m	125 m		2,8 m							
	Vesturhöfn	Stálþil	130 m	130 m		2,8 m	1978	40	B3539				
Dalvík													https://www.dalvikurbyggd.is/is/thjonusta/veitur-og-hafnir/hafnir
	Austurkantur (Hafskipabryggja)	Stálþil	186 m	160 m	9,0 m	3,2 m	2018	0	B9039				
	Norðurgarður	Stálþil	240 m	260 m	6m/7m	3,1 m	1998	20	B6037, B6038, B6039, B5980				
	Ferjubryggja	Stálþil	40 m	85 m	5,0 m		2008	10	B7803, B7681				
	Suðurgarður	Stálþil	130 m	140 m	5,5m/6m		1968	50	B2036, B2095				
Árskógssandur													https://www.dalvikurbyggd.is/is/thjonusta/veitur-og-hafnir/hafnir
	Ferjubryggja	Stálþil	12 m	58 m	6,0 m	2,6 m	1978	40	B3541				
	Löndunarbryggja	Stálþil	170 m	185 m	6,0 m	2,6 m	1993	25	B5091, B5092				
Hauganes													https://www.dalvikurbyggd.is/is/thjonusta/veitur-og-hafnir/hafnir
	Hauganesbryggja	Stálþil	65 m	75 m	3m/4m	2,7 m	1981	37	B3862, B3875				
Hrisey													https://www.port.is/is/index.php?pid=118
	Aðalbryggja, efri kantur	Stálþil	70 m	115 m	4m/5m	3,0 m	1970	48	B2349				
	Aðalbryggja, fremri kantur	Stálþil	60 m	120 m	5,0 m	2,9 m	1994	24	B5233, B5234				
Akureyri													https://www.port.is/index.php?pid=53
	Torfunefsbruggja	Stálþil	110 m	120 m	5,5 m	3,1 m	1928	90	B246				
	Oddeyrarbruggja	Stálþil	130 m	130 m	10,0 m	3,1 m	1972	46	B2661-64				
	Oddeyrarbruggja, lenging vestur	Stálþil	35 m	55 m	10,0 m	3,1 m	2015	3	B8650				
	Oddeyrarbruggja, lenging austur	Stálþil	70 m	95 m	10,0 m	3,1 m	2007	11	B7361				
	Tangabryggja	Stálþil	170 m	200 m	8,5m/11m	3,1 m	2005	13	B7113				
	Löndunarbruggja	Stálþil	76 m	80 m	6,0 m	3,2 m	1980	38	B3879				
	Ísbryggja	Bakþil f. steypt bryggja	40 m	40 m	4,5 m	1,9 m	2015	3	B8377				
	Togarabryggja, eldri hluti	Stálþil	70 m	80 m	6,5 m	3,2 m	1954	64	B1083				
	Togarabryggja, endurbygging	Stálþil	120 m	120 m	8,0 m	3,2 m	2012	6	B8365, B8366, B8367				
	Fiskihöfn, Austurbakki	Stálþil	170 m	215 m	7,0 m	3,1 m	1988	30	B4455				
	Fiskihöfn, Vesturbakki	Stálþil	150 m	150 m	9,0 m	3,1 m	1999	19	B6068				
	Fiskihöfn, Vesturbakki	Stálþil	25 m	25 m	4,0 m	3,1 m	1999	19	B6068				
	Fiskihöfn, Slippkantur	Stálþil	275 m	275 m	6m/7m	3,1 m	2002	16	B6286, 6287				
	Krossanesbryggja A	Stálþil	80 m	110 m	10,0 m	3,1 m	2003	15	B6671				
	Krossanesbryggja B	Stálþil	80 m	110 m	9,0 m	3,1 m	1995	23	B5446				
Grenivík													https://www.port.is/index.php?pid=53
	Bryggjukantur	Stálþil	70 m	65 m	4m/5m	2,6 m	1980	38	B3736, B3856				
	Bryggjukantur	Stálþil	80 m	90 m	5,0 m	2,6 m	1989	29	B4686, B4687				
Húsavík													https://www.nordurthing.is/is/thjonusta/framkvaemdir-og-hafnir/hafnir
	Bökugarður	Stálþil	130 m	107 m	10m/12m	3,5 m	2004	14	B6868, B6869				
	Bökugarður, lenging	Stálþil	90 m	105 m	10m/12m	3,5 m	2016	2	B8854, B8856				
	Norðurgarður	Stálþil	132 m	150 m	7m/8m	3,2 m	1992	26	B4979				
	Þvergarður	stálþil	200 m	210 m	5m/6m	3,2 m	1973	45	B2930, B2950				
Raufarhöfn													https://www.nordurthing.is/is/thjonusta/framkvaemdir-og-hafnir/hafnir
	Kirkjubakki	?	50 m	70 m	4,0 m	2,7 m							
	Fiskiðjubryggja	Stálþil	70 m	100 m	6,5 m	2,7 m	1979	39	B3652, B3724				
	Hafskipabryggja II (miðbryggja)	Stálþil	50 m	80 m	8,5 m	2,7 m	1987	31	B4369, B4370				

Höfn	Bryggjuheiti	Tegund	Lengd viðlegukants	Heildar lengd bryggju (með göflum)	Dýpi	Bryggju kóti	Byggingar ár	Aldur stálþils	Teikningar Vg	Stálþil tegund	Stálgæði	Gögn um stálþilsmælingar og/eða ástandsskoðun	Heimild
	Skipalyftukantur	Stálþil	95 m	95 m			1979	39					
	Skáinn	Stálþil	75 m	75 m			1979	39					
	Binnabryggja, endurbygging	Stálþil	140 m	140 m			2012	6	B8478-8485				
	Friðarhöfn, NA kantur	Stálþil	58 m	58 m									
	Friðarhöfn, N kantur	Stálþil	82 m	82 m									
	Friðarhöfn, V kantur	Stálþil	191 m	191 m			2004	14	B6775-6783				
	Friðarhöfn, S kantur	Stálþil	86 m	86 m			2001	17	B6380-6383, 6407-6417				
	Friðarhöfn, SA kantur	Stálþil	50 m	50 m			2001	17	B6380-6383, 6407-6417				
	Bæjarbryggja, N kantur	Stálþil	210 m	215 m									
	Bæjarbryggja, A kantur	Stálþil	75 m	85 m									
	Ferjubryggja (rampur)	Stálþil	25 m	25 m			1976	42	B3281-3284				
	Básaskersbryggja, V kantur	Stálþil	76 m	76 m			1970	48	B2379				
	Básaskersbryggja, N kantur	Stálþil	64 m	64 m			1933	85	B506				
	Básaskersbryggja, A kantur	Stálþil	120 m	120 m			2005	13	B7289-7299				
	Nausthamarsbryggja, S kantur	Stálþil	218 m	230 m			2001	17	B6240				
	Nausthamarsbryggja, N kantur	Stálþil	205 m	225 m			1999	19	B6104-6113				
Þorlákshöfn													https://www.ofus.is/is/thjonustan/hofnin/hofnin
	Svartaskertsbryggja, N kantur	Stálþil	250 m	295 m	6,0 m	4,5 m	2005	13	B7020, 7024-7028				
	Svartaskertsbryggja, S-A kantur	Stálþil	250 m	300 m	6,0 m	4,5 m	1996	22					
	Herjólfsbryggja (miðbakki)	Stálþil	75 m	105 m	7,0 m	4,5 m	1992	26	B8277-8303				
	Skarfaskersbryggja	Stálþil	140 m	210 m	8,0 m	4,5 m	1974	44	B9051-9063				
	Rampur fyrir ferju	Stálþil	25 m	30 m	8,0 m	4,5 m	2017	1	B9074-9080				
Grindavík													http://www.grindavik.is/hofnin
	Svíragarður	Stálþil	150 m	215 m	8,0 m	5,2 m	2005	13	B6982-6995				
	Norðurgarður	Stálþil	100 m	140 m	8,0 m	5,2 m	2006	12	B7333-7341				
	Miðgarður, Endurbygging vestur	Stálþil	30 m	35 m	4,0 m	5,2 m	2018	0	B9011-9025				
	Miðgarður, Endurbygging	Stálþil	225 m	225 m	8,0 m	5,2 m	2018	0	B9011-9025				
	Miðgarður, austurkantur (eldri hluti)	Stálþil	25 m	25 m	6,0 m	5,2 m	1967	51					
	Eyjabakki, norðurbakki	Stálþil	170 m	190 m	5m/7m	5,0 m	1964	54	B1656, 1711, 1917				
	Eyjabakki, suðurbakki	Stálþil	170 m	190 m	3m/4m	5,0 m	1964	54	B1656, 1711, 1917				
Sandgerði													https://www.sandgerdi.is/sandgerdishofn/
	Suðurbryggja, Endurbygging	Stálþil	140 m	145 m	6,0 m	5,2 m	2018	0	B9048-9050				
	Suðurbryggja, eldri hluti	Stálþil	120 m	120 m	3m/5,5m	5,0 m	1984	34	B4242, 4153				
	Norðurgarður, fremri hluta	Stálþil	140 m	155 m	1m/3m	5,0 m	1978	40	B3421, 3587, 3376				
	Norðurgarður, efri hluta	Stálþil	100 m	100 m	4m/6m	5,0 m	1978	40	B3421, 3587, 3376				
	Norðurgarður, lenging	Stálþil	50 m	72 m	9,0 m	5,0 m	2002	16	B6374, 6375				
Helguvík													http://www.reykjaneshofn.is/is/hafnarmannvirki/helguvik/
	Álvershöfn	Stálþil	150 m	190 m	10,0 m		1994	24	B5292, 5343, 5350				
Keflavík													http://www.reykjaneshofn.is/is/hafnarmannvirki/keflavik/
	Vesturbryggja	?	160 m	180 m	8,0 m								
	Miðbryggja (1)	?	50 m	70 m	7,0 m								
	Miðbryggja (2)	?	50 m	60 m	7,0 m								
	Ólíubryggja	?	50 m	70 m	7,0 m		1957	61	B1243, 1264, 1344				
	Löndunarbryggja	?	225 m	295 m	7m/13m								
Njarðvík													http://www.reykjaneshofn.is/is/hafnarmannvirki/njardvik/
	Norðurgarður	Stálþil	160 m	170 m	5m/9m		1963	55	B1556-1565				
	Norðurgarður, yfri bakka	Stálþil	150 m	180 m	5m/9m		1983	35					
	Suðurgarður, innri	Stálþil	240 m	250 m	5m/9m		1980	38	B3807				
	Suðurgarður, ytri	Stálþil	240 m	260 m	5m/9m		1980	38					
Straumsvík													http://www.hafnarfiardarhofn.is/
	Norðurkantur	Stálþil	225 m	275 m	12,0 m	6,0 m	1966	52					
	Austurkantur (vörुकantur)	Stálþil	100 m	165 m	12,0 m	6,0 m	1996	22					
Hafnafjörður													http://www.hafnarfiardarhofn.is/
	Hvaleyrarbakki	Stálþil	440 m	460 m		5,1 m	2006	12	B7326g, B7326h				
	Suðurbakki	Stálþil	250 m	250 m	6m/8m	5,1 m	1985	33	B4305-4315				
	Suðurbakki	Stálþil	170 m	170 m	6m/8m	5,1 m	1975	43	B3768-3771				
	Óseyjarbryggja	Stálþil	250 m	290 m		5,1 m	1968	50	B2085, 2093				
Kópavogur													
	Norðurgarður	Stálþil	130 m	175 m	7,0 m	4,7 m	1996	22	B5688-5694				