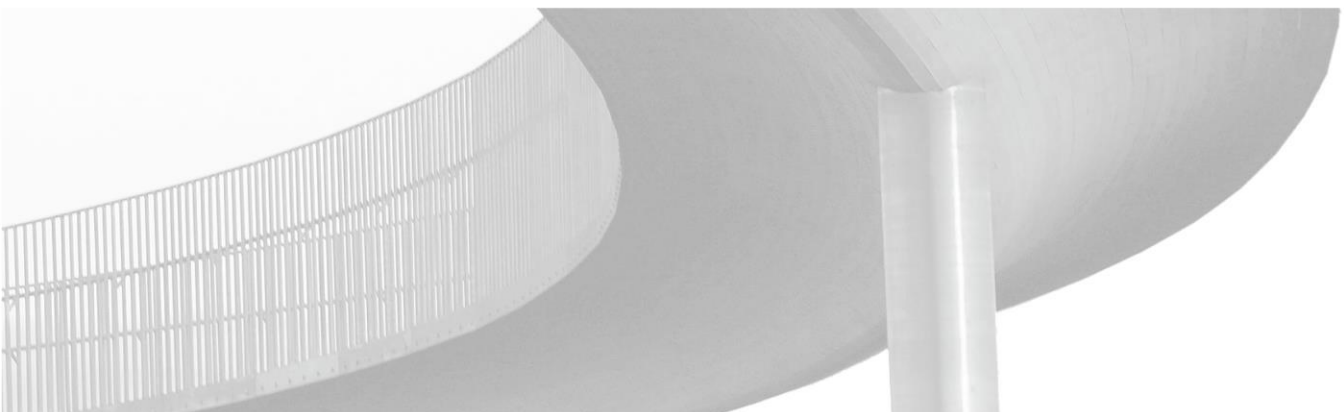


## UMHVERFISÁHRIF VEGSÖLTUNAR

**Forathugun**

Rannsóknarverkefni styrkt af Vegagerðinni

**18.01.2018**





## SKÝRSLA – UPPLÝSINGABLAÐ

### SKJALALYKILL

2970-202-SKY-001-V01

### SKÝRSLUNÚMÉR / SÍÐUFJÖLDI

01 / 23

### VERKEFNISSTJÓRI – FULLTRÚI VERKKAUPA

Þórir Ingason

### VERKEFNISSTJÓRI – EFLA

Páll Höskuldsson

### LYKILORÐ

vegsöltun, salt, vetrarþjónusta, vegir, umhverfisáhrif, grunnvatn, yfirborðsvatn, jarðvegur, gróður

### STAÐA SKÝRSLU

- Í vinnslu
- Drög til yfirlstrar
- Lokið

### DREIFING

- Opin
- Dreifing með leyfi verkkaupa
- Trúnaðarmál

### TITILL SKÝRSLU

Umhverfisáhrif vegsöltunar

### VERKHEITI

Umhverfisáhrif vegsöltunar

### VERKKAUPI

Vegagerðin

### HÖFUNDUR

Páll Höskuldsson

### ÚTDRÁTTUR

Vegsalt (NaCl) hefur verið notað mjög víða í gegnum tíðina til hálkvarna. Hér á landi er notkunin hvað mest á þéttbýlissvæðum og á megin leiðum á milli þéttbýliskjarna á SV-horninu. Notkun vegsalts á Íslandi hefur aukist töluvert á síðustu árum eða úr 2.800 tonnum veturinn 1998-99 í um 27.000 tonn veturinn 2011-2012. Víða erlendis hefur orðið vart neikvæðra umhverfisáhrifa af vegsöltun og hafa erlendar rannsóknir sýnt fram á að vegsalt getur haft töluverð neikvæð áhrif á grunn- og yfirborðsvatn, jarðveg og gróður. Hér á landi hefur ekki orðið vart mikilla eða víðtækra umhverfisáhrifa af vegsöltun og svo virðist að umhverfisáhrif á grunnvatn vegna vegsöltunar hér á landi séu almennt hverfandi. Heildarnotkun vegsalts hér á landi er líklega aðeins brot af því sem berst frá hafinu inn á landið. Lítil umhverfisáhrif hér á landi miðað við hvað hefur sést víða erlendis skýrist af því að Ísland er frekar strjálbýlt með gisið veganet og mikla úrkomu. Þrátt fyrir að lítil umhverfisáhrif á grunnvatn hafi greinst hér á landi er full ástæða til að vera á varðbergi og gæta varúðar við notkun á vegsalti þar sem erlendar rannsóknir hafa sýnt að vegsalt getur haft töluverð neikvæð umhverfisáhrif. Ljóst er að saltnotkun getur verið töluverð á einstaka vegi og þar má búast við staðbundnum umhverfisáhrifum í nánasta umhverfi vegarsins.

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

## ÚTGÁFUSAGA

---

NR.	HÖFUNDUR	DAGS.	RÝNT	DAGS.	SAMÞYKKT	DAGS.
01	Páll Höskuldsson	18.01.18	Sigurður Thorlacius	18.01.18	Páll Höskuldsson	19.01.18
	Rýni skýrslu					

---

## SAMANTEKT

Vegsalt (NaCl) hefur verið notað mjög víða í gegnum tíðina til hálkvarna. Hér á landi er notkunin hvað mest á þéttbýlissvæðum og á megin leiðum á milli þéttbýliskjarna á SV-horninu. Notkun vegsalts á Íslandi hefur aukist töluvert á síðustu árum eða úr 2.800 tonnum veturinn 1998-99 í um 27.000 tonn veturinn 2011-2012. Víða erlendis hefur orðið vart neikvæðra umhverfisáhrifa af vegsöltun og hafa erlendar rannsóknir sýnt fram á að vegsalt getur haft töluverð neikvæð áhrif á grunn- og yfirborðsvatn, jarðveg og gróður. Hér á landi hefur ekki orðið vart mikilla eða víðtækra umhverfisáhrifa af vegsöltun og svo virðist að umhverfisáhrif á grunnvatn vegna vegsöltunar hér á landi séu almennt hverfandi. Heildarnotkun vegsalts hér á landi er líklega aðeins brot af því sem berst frá hafinu inn á landið. Lítil umhverfisáhrif hér á landi miðað við hvað hefur sést víða erlendis skýrist af því að Ísland er frekar strjálbýlt með gisið veganet og mikla úrkomu. Þrátt fyrir að lítil umhverfisáhrif á grunnvatn hafi greinst hér á landi er full ástæða til að vera á varðbergi og gæta varúðar við notkun á vegsalti þar sem erlendar rannsóknir hafa sýnt að vegsalt getur haft töluverð neikvæð umhverfisáhrif. Ljóst er að saltnotkun getur verið töluverð á einstaka vegi og þar má búast við staðbundnum umhverfisáhrifum í nánasta umhverfi vegarsins.

## EFNISYFIRLIT

<b>SAMANTEKT</b>	<b>5</b>
<b>1 INNGANGUR</b>	<b>8</b>
<b>2 RANNSÓKNIR Á UMHVERFISÁHRIFUM VEGSALTS</b>	<b>9</b>
2.1 Erlendar rannsóknir	9
2.2 Uppruni og dreifing salts	9
2.3 Helstu umhverfisáhrif	10
2.3.1 Áhrif á grunn- og yfirborðsvatn	10
2.3.2 Áhrif á jarðveg	10
2.3.3 Áhrif á gróður	10
2.3.4 Áhrif á dýr	11
<b>3 STAÐAN Á ÍSLANDI</b>	<b>12</b>
3.1 Saltnotkun	12
3.2 Náttúrulegar saltupsprettur	13
3.3 Klóríðmælingar á grunn- og yfirborðsvatni	17
<b>4 NIÐURLAG</b>	<b>21</b>
<b>5 HEIMILDASKRÁ</b>	<b>22</b>

## MYNDASKRÁ

Mynd 1	Klóríðstyrkur í grunnvatni á Íslandi [9].	14
Mynd 2	Meðalúrcoma allra stöðva á Íslandi ásamt upplýsingum um fjölda stöðva [12].	15
Mynd 3	Styrkur Cl í úrkomusýnunum frá mismunandi söfnunarstöðum í tímaröð [14].	16
Mynd 4	Ákoma klóríðs í úrkomu. Sýnatökustöðunum er raðað eftir fjarlægð frá sjó [14].	17
Mynd 5	Staðsetning sýnatökustaða í verkefninu „Determination of groundwater flow in SW Iceland with environmental tracers [15].	18
Mynd 6	Mældur klóríðstyrkur í vatnsbrunni við Litlu kaffistofuna.	19
Mynd 7	Mælingar ÍSOR á klóríðstyrk í Laxnesdýjum [16].	20

## TÖFLUSKRÁ

Tafla 1	Heildarnotkun vegsalts á Íslandi frá 2006 til 2012 [8].	12
Tafla 2	Notkun vegsalts á km vegar á Reykjanesbraut, Sandskeiði og Þingvallavegi.	13
Tafla 3	Meðaltöl úrkomumagns, klóríðstyrks í úrkomu og ákomu klóríðs [14].	16
Tafla 4	Mældur klóríðstyrkur úr vatnsbrunni við Litlu kaffistofuna.	19

## 1 INNGANGUR

Vegsalt er notað talsvert til hálkuvarna að vetralagi og til rykbindingar. Vegsaltið samanstendur af natríumklóríð ( $\text{NaCl}$ ) og magnesíumklóríð ( $\text{MgCl}_2$ ). Natríumklóríð er mest notað til hálkuvarna og einnig í minna mæli til rykbindingar á malarvegum í dreifbýli. Magnesíumklóríð er eingöngu notað til rykbindingar gegn svifryki í þéttbýli að vetralagi. Mesta notkun vegsalts hér á landi er til hálkuvarna en saltið lækkar frostmarkið við vegyfirborðið sem gerir það að verkum að ís og snjór helst bráðinn jafnvel þó hitinn fari niður fyrir núll gráður á selsíus. Hér á landi er notkunin hvað mest á þéttbýlissvæðum og á megin leiðum á milli þéttbýliskjarna á SV-horninu. Notkun vegsalts á Íslandi hefur aukist töluvert á síðustu árum eða úr 2.800 tonnum veturinn 1998-99 í um 27.000 tonn veturinn 2011-2012. Mildara veðurfar sem fylgir loftslagbreytingum getur kallað á auknar hálkuvarnir og þar með meiri saltnotkun. Jafnframt fjölga ferðamönnum á Íslandi að vetri til sem kallar einnig á auknar hálkuvarnir. Víða erlendis hafa komið fram merkjanleg neikvæð umhverfisáhrif vegna vegsöltunar og margar rannsóknir hafa verið gerðar á áhrifum vegsöltunar á umhverfið þar sem m.a. hafa komið fram áhrif á grunnvatn og vistkerfi. Hér á landi hefur Vegagerðin hingað til ekki haft áhyggjur af því að salt skaði umhverfið vegna stöðu landsins, nálægð hafsins og lægðagangs. Þar mætti telja að loftborin ákoma salts sé veruleg í hlutfalli við það salt sem notað er við hálkuvarnir. Einnig er landið frekar strjálbýlt og vegakerfið frekar gisið.

Í þessari skýrslu verður farið yfir rannsóknir sem gerðar hafa verið erlendis á notkun vegsalts og áhrifa þess á umhverfið. Teknar eru saman núverandi tölur yfir saltnotkun og þær bornar saman við áætlað náttúrulega ákomu með úrkomu. Einnig er klóríðstyrkur mældur í völdum vatnssýnum til að kanna áhrif vegsalts á umhverfið.



## 2 RANNSÓKNIR Á UMHVERFISÁHRIFUM VEGSALTS

### 2.1 Erlendar rannsóknir

Víða erlendis hefur orðið vart töluverðra umhverfisáhrifa af vegsöltun og fjölmargar rannsóknir hafa verið gerðar á dreifingu og áhrifum salts á umhverfið. Í Svíþjóð er vegsöltun mjög algeng og að jafnaði á einu ári er dreift 9 tonnum af vegsalti á hvern kílómetra á þjóðvegum landsins [1]. Frá árinu 1970 hefur vegsaltnotkun í Svíþjóð aukist töluvert og á sama tíma hefur meðal klóríð styrkur á nokkrum vatnstökusvæðum sveitarfélaga hækkað í takt við saltnotkunina. Á hverju ári fær Trafíkkverket í Svíþjóð fjölmargar kvartanir varðandi umhverfisskaða af vegsöltun og töluverð umræða á sér stað um að draga eigi úr eða banna vegsöltun. Trafíkkverket er meðvitað um neikvæð umhverfisáhrif vegsöltunar og hefur staðið fyrir rannsóknum á umhverfisáhrifum vegsalts og tekið saman yfirlit yfir helstu rannsóknir sem hafa verið gerðar á þessu sviði í Svíþjóð. Þrátt fyrir augljós neikvæð umhverfisáhrif vegsöltunar telur Trafíkkverket að kostir vegsöltunar séu meiri en gallarnir. Þó er reynt að draga úr notkuninni til að minnka áhrifin eins og kostur er [1]. Í Noregi er einnig mikil vegsaltnotkun og hefur Statens Vegvesen í Noregi staðið fyrir verkefni (Salt SMART) þar sem umhverfisáhrif vegsöltunar eru rannsökuð og skoðaðar leiðir til að draga úr saltnotkun [2]. Markmið verkefnisins var að leita leiða til minnka áhrif vegsöltunar á umhverfið en um leið að tryggja örugga og hálkufrí vegi. Í norðausturhluta Bandaríkjanna hefur víða greinst hækkaður klóríðstyrkur í yfirborðs- og grunnvatni vegna vegsöltunar. Styrkur klóríðs í yfirborðsvatni hefur mælst allt að 25 % af styrk klóríðs í sjó og mælst hefur stöðugur klóríðstyrkur sem er allt að 100 faldur miðað við eðlilegan náttúrulegan styrk [3].

### 2.2 Uppruni og dreifing salts

Grunnvatn og yfirborðsvatn innihalda yfirleitt nokkuð magn af salti af náttúrulegum ástæðum. Töluvert magn af salti getur borist með regni og særoki og sérstaklega þar sem land stendur nálægt sjó. Magnið er mjög breytilegt eftir árstíma en venjulega er styrkur klóríðs í úrkomu mun hærrí á veturna en á sumrin þar sem veðurhæð og úrkoma er að jafnaði meiri á veturna. Samkvæmt mælingum sem gerðar hafa verið í Svíþjóð er algengur klóríðstyrkur í regnvatni á milli 1-12 mg/L við ströndina en 0,5-1,5 mg/L í regnvatni sem fellur inn til landsins. Klóríð í grunnvatni hér á landi á fyrst og fremst uppruna sinn í úrkomu sem berst inn yfir land frá sjó. Einnig getur uppleyst salt frá bergtegundum og gömlum saltlögum blandast grunnvatninu. Salt getur líka borist í grunnvatn með jarðsjó en það er þekkt t.d. á Reykjanesi.

Salt frá vegsöltun dreifist út í náttúruna með vindi, afrennsli, slettum, slabbi, úða og snjómokstri. Saltið berst síðan niður í jarðveginn með regni og snjóbráð, þaðan sem það á endanum berst í grunnvatnið. Megnið af saltinu berst með afrennsli (50-80%) rétt út fyrir vegkantinn. Restin berst með úða (20-50%) sem getur borist allt að 40 metra frá veginu en 90% lenda innan við 20 metra frá vegkantinum [4]. Klóríð jónin er ekki hvarfgjörn við berggrunns- og jarðvegsefni og berst því nokkuð auðveldlega með vatni. Jónin berst mishratt í jarðveginum sem ræðst af lekt jarðlaga. Eftir því sem jarðvegurinn er grófari berst vatnið hraðar og er lóðrétt færsla venjulega 5-20 sinnum meiri en lárétt færsla. Lekt berglaga ræðst að miklu leyti af aldri berggrunnsins þar sem hún er mikil í ungu bergi en minnkar eftir því sem berggrunnurinn er eldri með auknum holufyllingum í berginu. Víða á Íslandi er berg frekar ungt með brotasprungum þar sem búast má við mikilli lekt.

## 2.3 Helstu umhverfisáhrif

Hár klóríðstyrkur í vatni leiðir af sér tæringarhættu og getur haft áhrif á bragðgæði vatns. Aukið saltstreymi í yfirborðsvatn getur leitt af sér efnalagskiptingu, aukið málmainnihald vatnsins og haft skaðleg áhrif á lífríkið í vatninu. Jafnvel hafa komið fram áhrif af vegsöltun á jarðgerð, gróður og dýralíf.

### 2.3.1 Áhrif á grunn- og yfirborðsvatn

Reikna má með að stór hluti af vegsalti berist á endanum í grunnvatn og hafi áhrif á það. Stærð áhrifa og umfang ræðst að miklu leyti af heildarmagni salts og af grunnvatnsrennsli. Lítið er til af rannsóknum á langtímaáhrifum vegsalts á grunnvatn en áhrifa getur gætt í mörg ár eftir að söltun er hætt.

Mismunandi er eftir löndum hvaða mörk eru sett á hámarksstyrk klóríðs í neysluvatni. Almennt er talið að þegar klóríðstyrkur fari yfir 100 mg/L skapist tæringarhætta og við hærri styrk en 300 mg/L verði vart við greinileg bragðáhrif [1]. Í reglugerð nr. 536/2001 um neysluvatn er ákvæði um hámarksstyrk klóríðs 250 mg/L og natríum 200 mg/L. Ekki er um að ræða heilsufarsmörk fyrir klóríð heldur eru mörkin sett vegna bragðgæða [5] [6]. Í Svíþjóð hafa verið sett hámarksstyrk fyrir klóríð vegna bragðgæða 100 mg/L og 300 mg/L, mismunandi eftir stofnunum [1]. Hámarksstyrkur vegna tæringarhættu er 100 mg/L [1]. Víða hafa verið sett mörk fyrir natríumstyrk þar sem það er talið geta valdið háum blóðþrýstingi.

Aukinn klóríðstyrkur í yfirborðsvatni getur haft áhrif á vatnssupplöndun, málmainnihald, innihald lífrænna efna og á lífríkið í vatninu. Jafnvel sýrustig getur breyst vegna áhrifa af hækkuðum klóríðstyrk. Lóðrétt uppblöndun vatna er mikilvæg til þess að viðhalda stöðugu næringarefnainnihaldi og aðgengi að súrefni. Til eru rannsóknir sem sýna fram á samband á milli klóríðsstyrks og styrk jarðefna í vatni. Hár jónastyrkur í jarðvatni dregur úr leysni jarðefna sem og vatnið verður tærara og tapar mikilvægum stuðpúðaeiginleikum.

### 2.3.2 Áhrif á jarðveg

Aukinn klóríðstyrkur í jarðvegi dregur úr lekt, minnkar gegndræpi og aðgengi að lofti og vatni fyrir gróður minnkar. Langtíma áhrif vegsöltunar leiðir af sér að ýmsar katjónir í jarðveginum ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ , og  $\text{NH}_4^+$ ) skiptast út á móti  $\text{Na}^+$  sem hefur áhrif á uppbyggingu jarðvegsins og leiðir af sér verri skilyrði fyrir gróðurvöxt.

### 2.3.3 Áhrif á gróður

Gróður getur orðið fyrir áhrifum af salti og sérstaklega grænir gróðurhlutar sem fá á sig saltslettur frá bílaumferð. Barrtré eru viðkvæmari en lauftré þar sem barrtrén fella ekki barrið á hverju hausti eins og lauftrén. Þar sem trjávöxtur er þéttur nálægt veginum þá verða trén næst veginum fyrir mestu áhrifum og skýla trjánum sem eru lengra frá. Önnur ummerki um saltáhrif er ef saltþolnar tegundir sem venjulega þrífast best við ströndina verða áberandi við mikið saltaða vegi. Í borgum má oft sjá áhrif salts á tré sem standa nálægt miklum umferðargötum þar sem stór hluti saltvatns berst beint að rótarkerfum trjánna og dreifist ekki um jarðveginn vegna malbiks og stétta í kringum trén. Loftborið salt fellur að stærstum hluta aðeins nokkrum tuga metrum frá veginum og mest allt saltið fellur innan

við 20 m frá veginum. Lítil hluti salts getur þó borist langar leiðir og í Svíþjóð hafa greinst gróðurskemmdir af vegsalti hundruð metra frá veginum [1].

Gróðurskemmdir vegna salts koma helst fram sem sprungur í blöðum, mislitun og dauða barnála. Ungar plöntur þola verr salt og getur orðið erfitt að rækta skóg við saltaða vegi nema í tugi metra frá veginum. Áhrif af saltaustri og úða á tré koma fram sem mislitun á barri og laufi og gjarnan bara á annari hlið trjánna. Stærri tré verða oft bara fyrir áhrifum á neðri hluta en smærri tré visna alveg. Í Noregi þar sem trjágróður er algengur meðfram vegum hafa komið upp fjöldi tilvika þar sem tré hafa skemmst mikið af saltaustri frá vegum.

Mikil saltupptaka úr jarðvegi kemur fram í mislitun á barri og blöðum. Þar sem upptakan er mikil og stendur yfir í langan tíma geta trjágreinar visnað og tréð jafnvel drepist. Saltsyrkur í jarðvatninu ákvarðast mikið af ytri umhverfisaðstæðum eins og t.d. úrkomu. Algengt er að gróður í borgum verði fyrir skaða af saltupptöku í jarðvegi. Einnig má búast við meiri skaða þar sem jarðvegur stendur lágt og er með litla lekt.

#### 2.3.4 Áhrif á dýr

Áhrif vegsalts á dýralíf eru ekki talin mikil. Villt dýr í náttúrunni laðast ekki að vegsöltuðum vegum og ekki vitað um atvik þar sem þau hafi hlotið skaða af vegsöltun. Þekkt er reyndar á Íslandi að kindur leiti í vegi sem hafa verið rykbundnir með salti og skapi hættu þar sem þær eru fyrir umferð á meðan þær sleikja upp saltið af veginum.

## 3 STAÐAN Á ÍSLANDI

### 3.1 Saltnotkun

Töluverð notkun er á vegsalti hér á landi og hefur farið vaxandi síðustu ár. Loftslagsbreytingar undanfarinna ára hafa haft þau áhrif að dregið hefur úr snjómokstri en hálkuvarnir hafa aukist. Auknar kröfur vegfarenda um góða þjónustu hefur einnig þau áhrif að meira er saltað en áður. Vegagerðin vinnur markvisst að rannsóknum á því hvernig megi draga úr saltnotkun án þess að það bitni á öryggi vegfarenda. Forðast er að nota og flytja hálkuvagnar- og rykbindiefni á viðkvæmum og vernduðum svæðum. Takmarkanir eru m.a. á Bláfjallavegi og Þingvöllum [7]. Ekki hafa komið fram beinar kvartanir né ábendingar um umhverfisáhrif vegsöltunar á grunnvatn á Íslandi. Ísland er frekar strjálbýlt og vegakerfið er ekki mjög þétttriðið, þannig að magn salts á flatareiningu á öllu landinu er mun minni en víða erlendis. Einnig er úrkoma mikil á Íslandi sem hefur mikil þynningaráhrif. Í töflu 1 eru teknar saman notkunartölur vegsalts á Íslandi fyrir árin 2006 til 2012 en mesta notkunin á þessum árum var árið 2012 eða 26.557 tonn. Þessar tölur hafa verið birtar í umhverfisskýslum Vegagerðarinnar en ná ekki lengra en til ársins 2012.

**TAFLA 1** Heildarnotkun vegsalts á Íslandi frá 2006 til 2012 [8].

Ár	Saltnotkun [tonn/ár]
2006	14.161
2007	19.679
2008	15.675
2009	14.089
2010	15.746
2011	13.168
2012	26.557

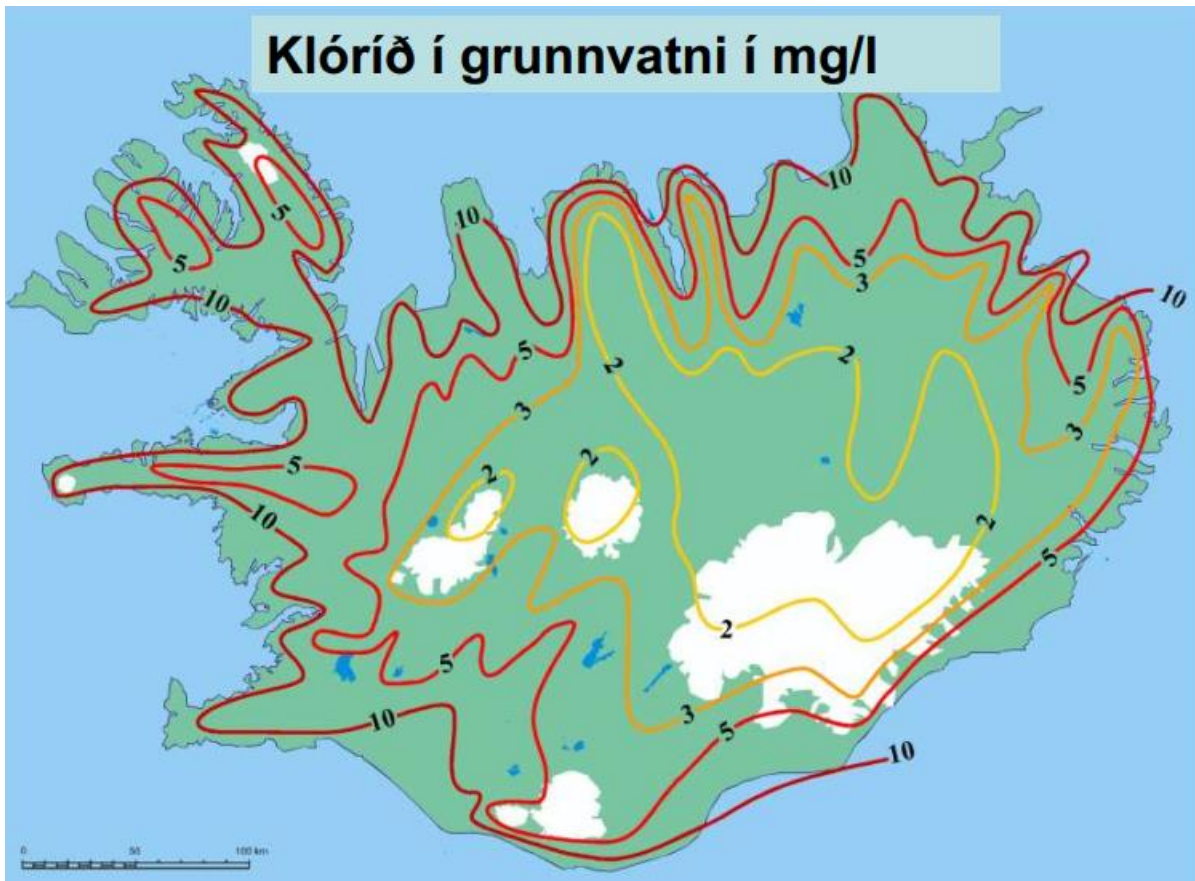
Í Svíþjóð er heildarnotkun vegsalts um 200.000 til 230.000 tonn á ári en þar eru um 20% af þjóðvegum saltaðir og um þá fer 80% af heildarumferð. Svíar hafa dregið úr saltnotkun með nýrri tækni og aðferðum við dreifinguna en mest var notkunin 450.000 tonn á ári [1]. Saltnotkun hér á landi er mismikil eftir landsvæðum og umferð. Notkunin er einna mest á Suðvesturlandi þar sem umferðin er hvað þéttust. Í töflu 2 eru teknar saman tölur yfir saltnotkun á kílómetra vegar á þremur vegsvæðum, Reykjanesbraut, Sandskeiði og Þingvallavegi. Ársmeðaltal fjögurra síðustu ára er 57 tonn/km fyrir Reykjanesbraut og 45 tonn/km fyrir Sandskeið en þetta eru þeir vegir þar sem einna mesta saltnotkunin er. Þessar tölur eru lítið eitt hærri miðað við mestu saltnotkunina í Svíþjóð þar sem hún er 20-40 tonn/km.

**TAFLA 2** Notkun vegsalts á km vegar á Reykjanesbraut, Sandskeiði og Þingvallavegi.

Ár	Reykjanesbraut [tonn/km]	Sandskeið [tonn/km]	Þingvallavegur [tonn/km]
2013-2014	36	42	9
2014-2015	91	79	29
2015-2016	48	32	13
2016-2017	52	25	8
Meðaltal	57	45	15

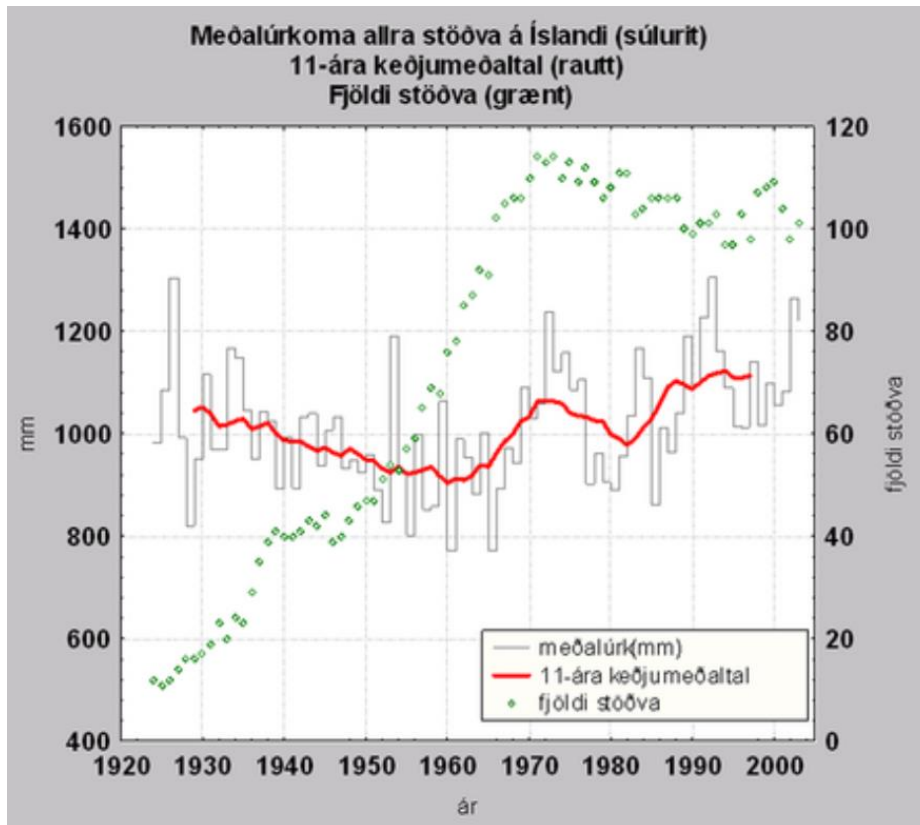
### 3.2 Náttúrulegar saltupsprettur

Klóríð í grunnvatni á uppruna sinn af náttúrulegum ástæðum aðallega frá sjó eða berglögum en einnig getur borist salt í grunnvatn með jarðsjó. Klóríð í grunnvatni hér á landi á sér fyrst og fremst uppruna frá sjó sem berst með úrkomu og sjávarlöðri inn yfir landið [9]. Styrkur klóríðs sveiflast mjög því klóríðið er sjávarættað, þ.e. styrkur þess fer eftir veðurhæð og fjarlægð frá sjó. Við ströndina, þar sem áhrifa sjávarlöðurs er mest og úrkoma er mikil, er klóríðstyrkurinn hæstur í grunnvatni, yfirleitt um og yfir 10 mg/L en yfir 20 mg/L á Suðurnesjum og víðar. Inn til landsins og á hálendinu er styrkurinn mun lægri eða alveg niður undir 2 mg/L. Ástæður lægri styrks inn til landsins er vegna minni úrkomu þar og vegna þess að vatnið sem er þungst og inniheldur mest klóríð fellur fyrst þegar ský færast að landinu og yfir það. Það er skýr árstíðasveifla í styrk klóríðs í úrkomu þar sem styrkur klóríðs er mun hærri á veturna en á sumrin. Á veturna, þegar veðurhæð er mikil, ýrist mikið af sjávarættuðu efni upp í veðrahvolfið og berst yfir landið sem regn. Þetta á einkum við á Suðvesturlandi, þar sem munurinn getur verið allt að fimmfaldur [10] [9] [11]. Mynd 1 sýnir jafnstyrktarlínur klóríðs í grunnvatni á Íslandi.



**MYND 1** Klóríðstyrkur í grunnvatni á Íslandi [9].

Við samanburð á náttúrlegri ákomu salts við vegsaltsnotkun Vegagerðarinnar þarf að áætla magn loftborninnar ákomu klóríðs en hún er nokkuð breytileg eftir landsvæðum. Ekki eru til beinar mælingar á ákomu klóríðs en hægt er að áætla ákomuna út frá úrkomumagni og styrk klóríðs í úrkomunni. Heildar úrkoma á Íslandi er á bilinu 500 mm til 1.500 mm þar sem hún er mest á Suður- og Austurlandi [11]. Á mynd 2 sem fengin er af heimasíðu Veðurstofunnar er að finna upplýsingar um meðalúrkomu á ári frá öllum mælistöðvum á Íslandi [12]. Ellefu ára keðjumeðaltal er í kringum 1000 mm. Til að áætla heildarákomu klóríðs er hægt að gefa sér að meðalklóríðstyrkur úrkomunnar sé sá sami og mælist í grunnvatni við ströndina þar sem allt grunnvatn af landinu er komið saman á leið til sjávar. Inn í útreikningana þarf að taka tillit til uppgufunnar en hún er áætluð 250 mm [11]. Ef gert er ráð fyrir að meðalstyrku úrkomuvatns sem rennur til sjávar sé sá sami og algengur styrkur klóríðs í grunnvatni við ströndina eða 10 mg/L þá reiknast meðalstyrkur klóríðs í heildarúrkomu sem fellur á landið 7,5 mg/L eftir að búið er að taka tillit til uppgufunar. Hér er reiknað með úrkomumagni eftir uppgufun upp á 750 mm með klóríðstyrk 10 mg/L sem samsvara heildarúrkomu upp á 1.000 mm með klóríðstyrk 7,5 mg/L. Ákoma klóríðs reiknast þá út frá þessum tölum (1.000 mm úrkoma og 7,5 mg/L klóríðstyrkur) jafnt og 7,5 g/m<sup>2</sup>/ár eða 7,5 tonn/km<sup>2</sup>/ár. Búast má við hærri tölu á Suðurlandi miðað við Norðurland vegna meiri úrkomu á Suðurlandi. Þetta er einungis mjög gróf nálgun fyrir loftborna ákomu en ætti að gefa upp stærðargráðuna á loftbornu klóríði.

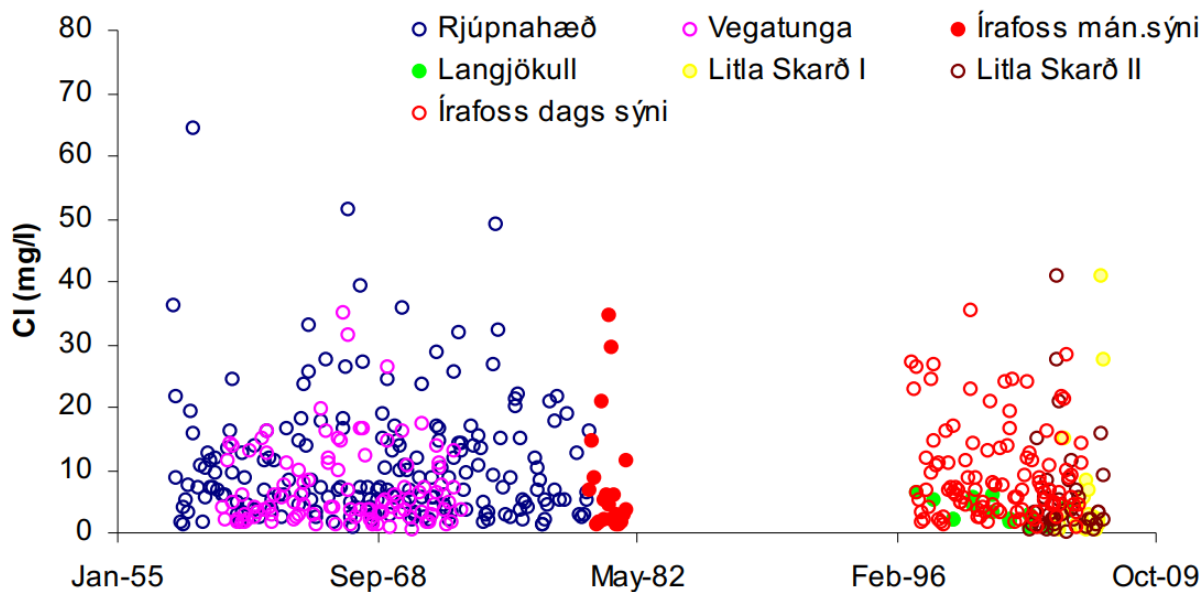


**MYND 2** Meðalúrcoma allra stöðva á Íslandi ásamt upplýsingum um fjölda stöðva [12].

Meðalársnotkun af vegasalti 2013 til 2017 var 57 tonn/km á Reykjanesbraut og 45 tonn á Sandskeiði. Miðað við ofangreinda reikninga myndu 57 tonn af salti samsvara sama magni og myndi falla á 7,6 ferkílómetra úr 1.000 mm ársúrkomu með klóríðstyrk upp á 7,5 mg/L. Heildarársnotkun vegasalts árið 2014 var 26.557 tonn sem samsvarar því klóríðmagni sem félli á 3.540 ferkílómetra með úrkomu. Flatarmál Íslands er 103.001 km<sup>2</sup> þannig að 3.494 km<sup>2</sup> jafngildir 3,4% af heildarflatarmáli landsins. Miðað við þessa nálgun þá samsvarar heildarsaltnotkun Vegagerðarinnar árið 2012 3,4% af heildar salti sem fellur að meðaltali á landið.

Efnavöktun á úrkomu er aðeins gerð á tveimur stöðum í dag, Írafossi og Stórhöfða í Vestmannaeyjum [13]. Til eru samt mælingar aftur í tíma sem hafa verið gerðar á fleiri stöðum og í skýrslunni „Efnasamsetning úrkomu á Íslandi“ [14] eru teknar saman gögn um magn og efnasamsetningu úrkomu frá fimm sýnatökustöðum, Rjúpnahæð í Reykjavík, Írafossi í Grímsnesi, Litla-Skarði í Borgarfirði, Vegatungu í Biskupstungum og Langjökli. Tímabil og tíðni mælinga er mismunandi eftir mælistöðum. Á mynd 3 er að finna yfirlit yfir mældan klóríðstyrk frá mismunandi söfnunarstöðum í tímaröð.





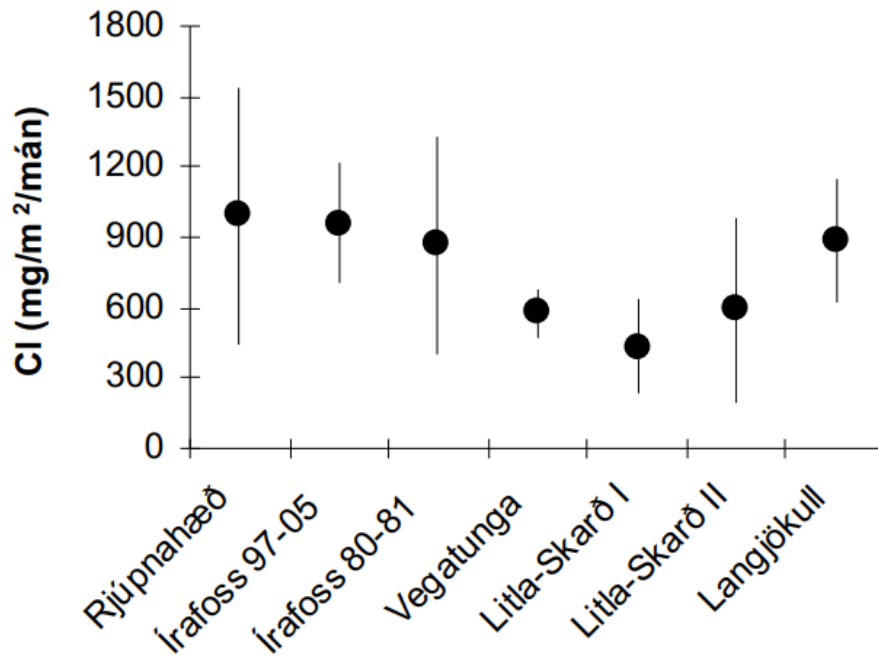
**MYND 3** Styrkur Cl í úrkomusýnunum frá mismunandi söfnunarstöðum í tímaröð [14].

Í skýrslunni eru m.a. reiknuð út meðaltöl á úrkomumagni, klóríðstyrk og ákomu klóríðs. Samantekt þeirra niðurstaðna er að finna í töflu 3 og á mynd 4.

**TAFLA 3** Meðaltöl úrkomumagns, klóríðstyrks í úrkomu og ákomu klóríðs [14].

	Úrkoma [mm/mán]	Styrkur Cl [mg/kg]	Ákoma Cl [mg/m <sup>2</sup> /mán]	Ákoma Cl [g/m <sup>2</sup> /ár]
<b>Rjúpnahæð</b>	69,1	10,7	996	12,0
<b>Írafoss 97-05</b>	151	9,8	961	11,5
<b>Írafoss 80-81</b>	122	10,6	868	10,4
<b>Vegatunga</b>	88	7	575	6,9
<b>Litla-Skarð - I</b>	71,5	6,1	436	5,2
<b>Litla-Skarð - II</b>	78,5	6,1	593	7,1
<b>Langjökull</b>	313	2,85	884	10,6



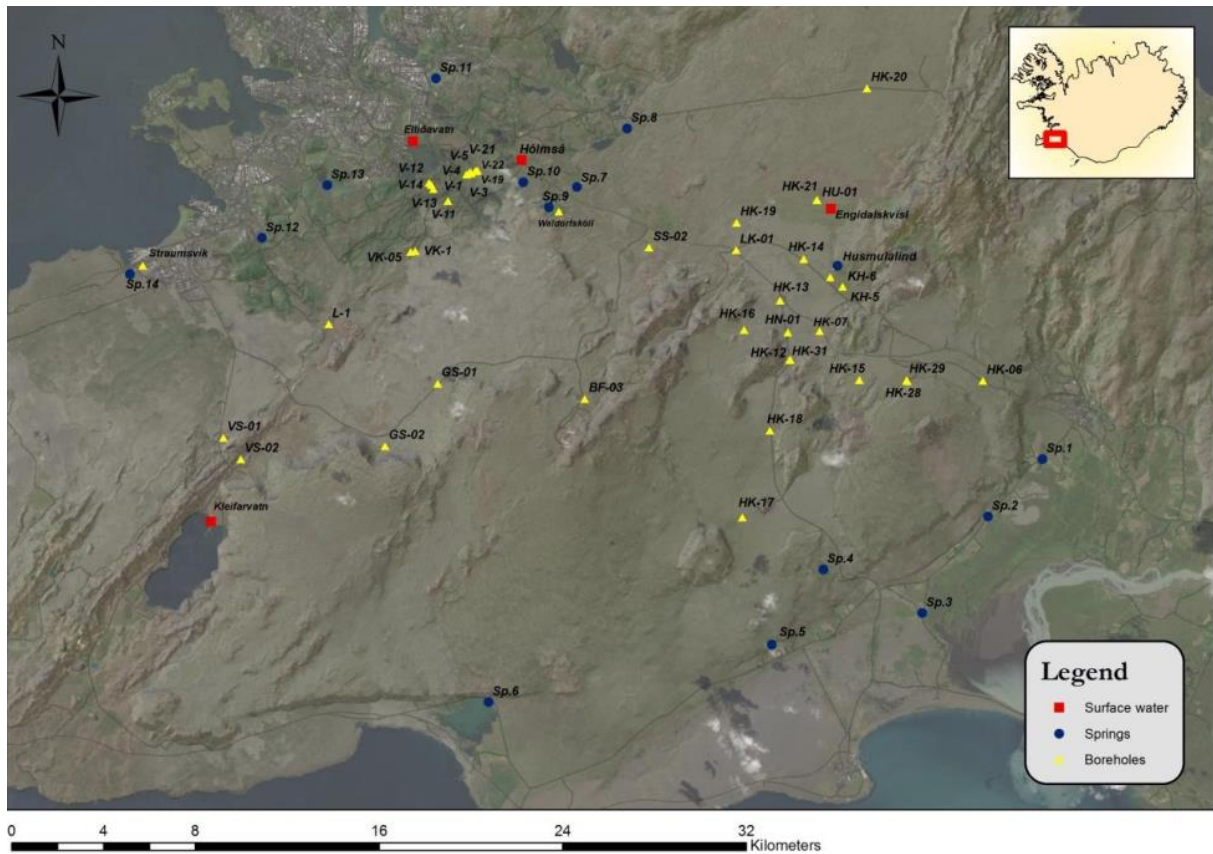


**MYND 4** Ákoma klóríðs í úrkomu. Sýnatökustöðunum er raðað eftir fjarlægð frá sjó [14].

Mesta ákoman er á mælistöðvunum sem staðsettar eru á Suðvesturlandi, Rjúpnahæð og Írafoss. Meðaltal ákomu þessara stöðva er 11,3 g/m<sup>2</sup>/ár eða 11,3 tonn/km<sup>2</sup>/ár. Þetta er nokkuð hærra tala en hafði verið áætluð fyrir allt landið sem var 7,5 tonn/km<sup>2</sup>/ár. Líklegt er að ákoma sé meiri á Suðvesturlandinu en víða annarsstaðar vegna mikillar úrkomu og ríkjandi vindátta af hafinu. Meðaltalsákoma klóríðs á Rjúpnahæð og Írafossi er 11,3 tonn/km<sup>2</sup>/ár samanborið við meðalársnotkun af vegasalti 2013 til 2017 á Reykjanesbraut upp á 57 tonn/km. Miðað við þessar tölur samsvarar saltnotkun á 1 km á Reykjanesbraut sama magni og berst með loftborinni ákomu á 5 km<sup>2</sup>.

### 3.3 Klóríðmælingar á grunn- og yfirborðsvatni

Í lokaverkefni „Determination of groundwater flow in SW Iceland with environmental tracers“ við jarðvísindadeild Háskóla Íslands [15] eru birtar niðurstöður klóríðmælinga í 208 sýnum af köldu grunnvatni, yfirborðsvatni og úrkomu. Sýnin voru tekin á Suðvesturlandi frá mars 2014 til mars 2015 úr 43 borholum, 16 uppsprettum og 4 úr yfirborðsvatni. Staðsetning sýnatökustaða má sjá á mynd 5.



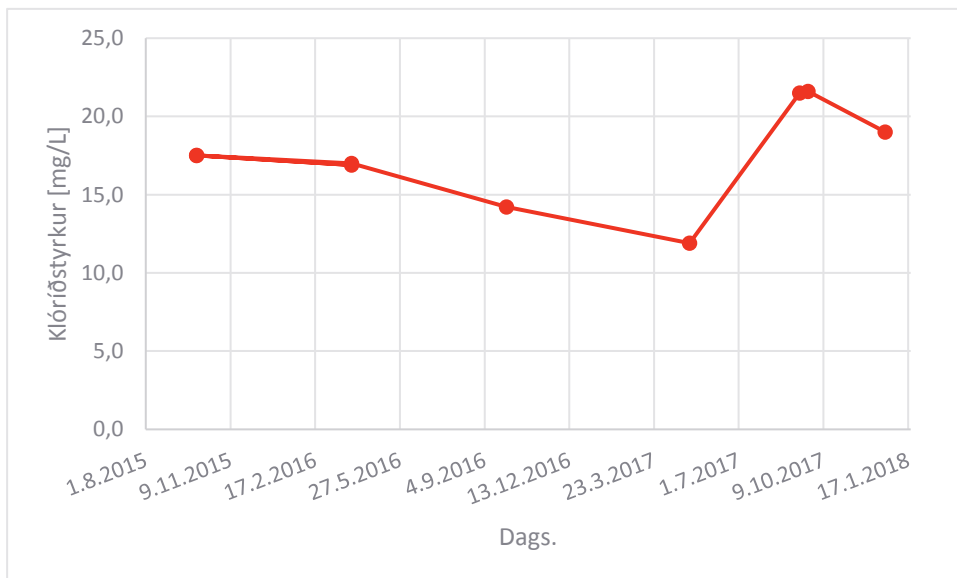
**MYND 5** Staðsetning sýnatökustaða í verkefni „Determination of groundwater flow in SW Iceland with environmental tracers [15].

Mestu ártíðabundnu breytingarnar á klóríðstyrk mældust í tveimur borholum, við Litlu kaffistofuna, 13,8-23,9 mg/L og Waldorfsskóla Lækjarbotnum, 8,0-10,9 mg/L. Hæsti styrkurinn mældist að vetri til og samkvæmt  $SO_4/Cl$  hlutfallinu í vatninu er hækkaður styrkur rakinn til vegsalts. Breytingar á klóríðstyrk á öllum öðrum mælistöðum voru mjög litlar og ekki hægt að greina áhrif frá vegsöltun.

Í þessu verkefni voru tekin sýni á tveimur stöðum til að skoða betur hugsanleg áhrif vegsöltunar á grunnvatn. Sýni voru tekin við Litlu kaffistofuna þar sem áður höfðu greinst áhrif vegsöltunar [15]. Einnig var tekið vatnssýni hjá vatnsveitu Mosfellsbæjar úr Laxnesdýjum í Mosfellsdal en þar liggur þjóðvegurinn inn á brunnsvæði vatnsbólans. Niðurstöður mælinga við Litlu Kaffistofuna má sjá í töflu 4 og mynd 6

**TAFLA 4** Mældur klóríðstyrkur úr vatnsbrunni við Litlu kaffistofuna.

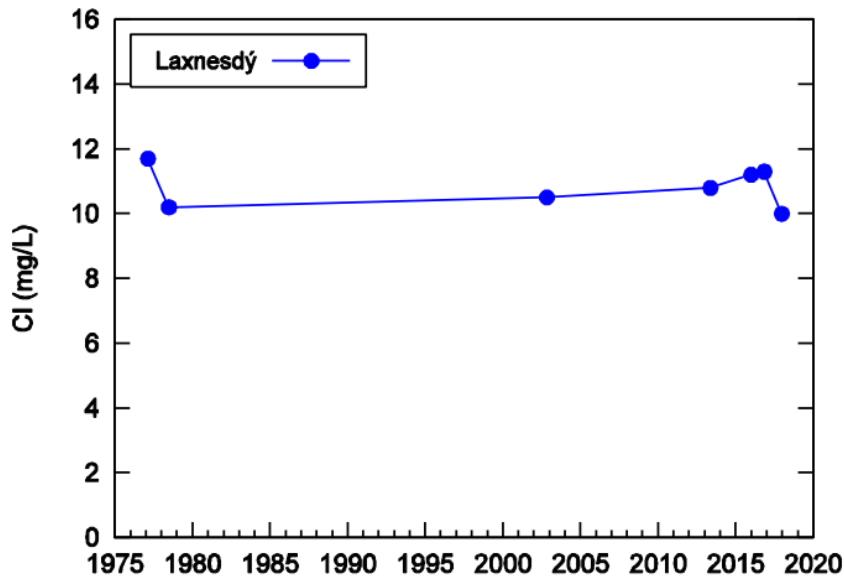
Dags.	Styrkur Cl [mg/L]
30.9.2015	17,5
31.3.2016	16,9
30.9.2015	17,5
31.3.2016	17,0
30.9.2016	14,2
4.5.2017	11,9
11.9.2017	21,5
21.9.2017	21,6
21.12.2017	19,0

**MYND 6** Mældur klóríðstyrkur í vatnsbrunni við Litlu kaffistofuna.

Töluverðar sveiflur eru í styrk klóríðs við Litlu kaffistofuna og venjulega hærrí yfir vetramánuðina þegar vegsöltun á sér stað en sýnt hefur verið fram á að áhrifa frá vegsöltun gætir á þessum stað [15]. Styrkurinn mældist hæstur 21,6 g/mL sem um tvöfalt herra en búast má við af náttúrulegum ástæðum en samt vel undir leyfilegum hámarkstyrk samkvæmt reglugerð um neysluvatn sem er 250 mg/L. Borholan sem vatnið kemur úr er staðsett mjög nálægt þjóðveginum um Sandskeið þar sem mikil bílaumferð er og vegurinn mikið saltaður.

Sýni sem tekið úr borholu Vatnsveitu Mosfellsbæjar í Laxnesdýjum 21.12.2017 mældist með klóríðstyrk upp á 10,5 mg/L. Þessi styrkur er sambærilegur við eðlilegan náttúrulegan styrk á þessu svæði og því verður ekki séð að áhrifa frá vegsöltun gæti. Á þessum árstíma um miðjan vetur er mikil saltnotkun og helst að búast við áhrifum vegsöltunar ef hún er þá á annað borð til staðar. Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis lætur framkvæma reglubundnar mælingar á vatni vatnsveitunnar í Laxnesdýjum þar sem m.a. er mældur klóríðstyrkur og má sjá niðurstöður þeirra mælinga á mynd 7. Styrkurinn er nokkuð

stöðugur á milli ára og ekki merkjanlegar óeðlilegar sveiflur að sjá eða hækkun á klóríðstyrk sem mætti rekja til vegsöltunar.



**MYND 7** Mælingar ÍSOR á klóríðstyrk í Laxnesdýjum [16].

Í reglugerð 536/2001 um neysluvatn eru ákvæði um hámarksgildi fyrir klóríð í neysluvatni 250 mg/L [6]. Þessi mörk eru sett vegna bragðgæða en engin íslensk heilsufarsleg mörk eru til. Samkvæmt reglugerðinni eiga allar vatnsveitur sem þjóna 500 eða fleiri manns og vatnsnotkun fer yfir 100 m<sup>3</sup> á dag miðað við ársmeðaltal, láta framkvæma reglulega heildarúttekt á vatninu þar sem m.a. klóríðstyrkur er mældur. Niðurstöður heildarúttektar á vatnsgæðum hjá íslenskum vatnsveitum 2002-2012 hafa verið teknar saman í skýrslu frá Matvælastofnun [5]. Þar kemur fram að efnafræðilegt ástand neysluvatns á Íslandi er almennt mjög gott og sjaldgæft að óæskileg efni séu yfir leyfðu hámarksgildi. Klóríð var mælt í 340 sýnum og í tveimur þeirra mældist styrkurinn yfir viðmiðunarmörkum. Ekki er vitað til þess að klóríð hafi mælst í hækkuðum styrk hjá stærri vatnsveitum vegna vegsöltunar. Algengur styrkur klóríðs í neysluvatni er á bilinu 3-15 mg/L. Þar sem beinna áhrifa sjávar gætir er hann töluvert hærri t.d. á Suðurnesjum [11]. Almennt eru vatnsból staðsett ofanstraums og/eða í mikilli fjarlægð frá vegum með þungri umferð og öðrum hugsanlegum mengunarvöldum og því almennt litlar líkur á að áhrifa frá vegsöltun gæti í vatnsbólum.

## 4 NIÐURLAG

Víða erlendis þar sem vegsaltnotkun er mikil eins og í Svíþjóð, Noregi og Norður-Ameríku hafa komið fram óæskileg umhverfisáhrif af vegsöltun. Rannsóknir hafa sýnt að vegsalt getur spillt grunnvatni og skaðað jarðveg og gróður. Í Svíþjóð hefur verið markvist unnið að því draga úr notkun vegsalts til að forðast óæskileg umhverfisáhrif saltsins. Hér á landi er notkun vegsalts töluverð og hefur farið vaxandi síðustu ár. Saltnotkunin er samt líklega bara brot af heildar loftbornu salti sem berst frá hafinu. Saltnotkun á einstaka vegi þar sem notkunin er hvað mest, á fjölfarna vegi á Suðvesturlandi, er jafnvel meiri en mest gerist í Svíþjóð. Þrátt fyrir mikla vegsaltnotkun hér á landi hafa ekki komið fram kvartanir vegna umhverfisáhrifa vegsalts og ekki hefur verið vart víðtækra áhrifa vegsalts á grunnvatn. Hækkaður styrkur klóríðs vegna vegsöltunar hefur mælst í tveimur borholum, við Litlu kaffistofuna og Waldorfsskóla. Einungis lítilsháttar hækkun á klóríðstyrk var um að ræða en borholurnar eru staðsettar mjög nálægt þjóðveginum yfir Sandskeiði en sá vegur er oft mikið saltaður. Annars staðar lengra frá þjóðveginum hafa ekki komið fram greinilegar hækkunir á klóríðstyrk vegna vegsöltunar og svo virðist að umhverfisáhrif á grunnvatn vegna vegsöltunar hér á landi séu almennt hverfandi. Líkleg skýring á litlum áhrifum á grunnvatn hér á landi er að hér er frekar strjálbýlt og vegnetið gisið auk þess sem úrkoma er mikil sem hefur þynningaráhrif. Þrátt fyrir að lítil umhverfisáhrif á grunnvatn hafi greinst hér á landi er full ástæða til að vera á varðbergi og gæta varúðar við notkun á vegsalti þar sem erlendar rannsóknir hafa sýnt að vegsalt getur haft töluverð neikvæð umhverfisáhrif. Ljóst er að saltnotkun getur verið töluverð á einstaka vegi þar sem búast má við staðbundnum umhverfisáhrifum í nánasta umhverfi vegarsins. Í þessu verkefni var fyrst og fremst skoðuð áhrif á grunnvatn en ekki á gróður né jarðveg. Ekki er ólíklegt að einhverja áhrifa gætti á gróður næst þeim vegum sem mest eru saltaðir og væri ástæða til að skoða það nánar.

## 5 HEIMILDASKRÁ

- [1] Trafikverket, „Litteraturstudie Vägsalt,“ 2012.
- [2] Å. Sivertsen o.fl., „Sluttrapport for etatsprogrammet Salt SMART,“ Statens vegvesen, 2102.
- [3] Sujay S. Kaushal, Peter M. Groffman, Gene E. Likens, Kenneth T. Belt, William P. Stack, Victoria R. Kelly, Lawrence E. Band, Gary T. Fisher, „Increased salinization of fresh water in the northeastern United States,“ *ANS*, 2005.
- [4] G. Blomqvist and E.-L. Johansson, "Airborne spreading and deposition of de-icing salt - a case study," *The Science of the Total Environment*, pp. 161-168, 1999.
- [5] Matvælastofnun, „Gæði neysluvatns á Íslandi 2002 - 2012,“ 2015.
- [6] Umhverfisstofnun, *Reglugerð um neysluvatn nr. 236/2001*, Reykjavík, 2001.
- [7] Vegagerðin, *Umhverfisskýrsla, Vegagerðin*, 2015.
- [8] Vegagerðin, *Umhverfisskýrslur Vegagerðarinnar*, Reykjavík: Vegagerðin, 2006-2012.
- [9] Freysteinn Sigurðsson og Kristinn Einarsson, „Groundwater Resources of Iceland – Availability and Demand,“ *Jökull*, b. 38, pp. 35 - 53, 1988.
- [10] A. M. Kornelíusdóttir, „Flokkun vatnsbóla með tilliti til efnafræðilegra eiginleika og fjarlægðar frá sjó,“ Háskólinn á Akureyri, 2010.

- [11] Freysteinn Sigurðsson, Árni Hjartarson og Þórólfur H. Hafstað, *Vatnsveituhandbók Samorku – Kafi 4 – Vatnsleit og virkjun vatnsbóla*, Reykjavík: Samorka, 1998.
- [12] Trausti Jónsson, „Úrkoma á Íslandi frá 1860,“ [Á neti]. Available: <http://www.vedur.is/loftslag/loftslag/fra1800/urkoma/>. [Skoðað 4. 1. 2018].
- [13] Gerður Stefánsdóttir <gerdur@vedur.is>, *Tölvupóstur frá 31. 8. 2017*, Reykjavík: Veðurstofa Íslands, 2017.
- [14] Eydís Salome Eiríksdóttir, „Efnasamsetning úrkomu á Íslandi Samantekt gagna frá Rjúpnahæð, Írafossi, Vegatungu, Litla-Skarði og Langjökli,“ *Jarðvísindastofnun Háskólans*, 2008.
- [15] V. Čypaitė, "Determination of groundwater flow in SW Iceland with environmental tracers," *University of Iceland*, 2015.
- [16] Finnbogi Óskarsson, „Efnasamsetning neysluvatns Vatnsveita Mosfellsbæjar,“ *ÍSOR Íslenskar orkurannsóknir*, Reykjavík, 2017.