

Hálfvagnarsandur

Forrannsókn á kornadreifingu aðsendra sýna

Verkefnið er unnið á vegum stoðdeildar Vegagerðarinnar til stuðnings við Efnisgæðaritið
Mars 2022

Lykilsíða

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.

Númer skýrslu/gerð skýrslu	Fjöldi síðna	Dagsetning	Dreifing
Greinargerð, 1325VG-35	31	8.04.22	Opin
Heiti skýrslu			
Hálkuvarnarsandur – forrannsókn á greiningu hálkuvarnarsands			
Report Title in English			
Traction Sand – Preliminary Analysis of Samples Submitted to IRCA			
Höfundur/ar	Verkefnastjóri	Tengiliður Vegagerðarinnar	
Pétur Pétursson, stoðdeild Vegagerðarinnar	Birkir Hrafn Jóakimsson	Pétur Pétursson	
Styrktaraðili		Samvinnuaðilar	
Rannsóknasjóður Vegagerðarinnar Stoðdeild Vegagerðarinnar			
Útdráttur			
<p>Þessi greinargerð er unnin vegna ábendingar sem barst til fagnefndar stoðdeildar Vegagerðarinnar um afgreiðslu ábendinga, þess efnis að nógildandi markalínur Efnisgæðaritsins fyrir hálkuvarnarsand væru ekki allskostar réttar. Þessi forrannsókn bendir hins vegar til að aðsend sýni af hálkuvarnarsandi hafi flest verið innan markalína, eða að mestu leyti innan þeirra. Þó eru vísbendingar um að rýmka megi aðeins markalínurnar til að útiloka ekki notkun algengra gerða sands til hálkuvarna. Það á við um til dæmis leyfilegt magn yfirstærða (> 6 mm). Þó benda niðurstöður til þess að í sumum tilfellum væri æskilegt að vinna sandinn meira, helst með því að harpa frá fínefni, þar sem þau eru yfir gildandi markalínum.</p>			
Abstract in English			
<p>This report summarizes material gradation results of traction sand samples sent to Icelandic Road and Coastal Administration (IRCA) for analysis. The motivation for this research was an indication that IRCA Materials Manual gradation boundary curves for traction sand may be too conservative. Analysis of material samples fell in general within the gradation boundaries. However, there is an indication that the gradation boundary curves may be relaxed such that different types of traction sand can be used.</p>			
Lykilorð			
Hálkuvarnarsandur, kornadreifing.			
Undirskrift verkefnastjóra			Yfirfarið af
			BHJ

Efnisyfirlit

Forrannsókn á kornadreifingu aðsendra sýna	1
Lykilsíða	2
Efnisyfirlit	3
1 Kaflaheiti	4
2 Niðurstöður prófana.....	9
2.1 Almenn 9	
2.2 Hálkuvarnarsandur án salts	12
2.3 Hálkuvarnarsandur með saltíblöndun	13
3 Samantekt	17
4 Ýmsar heimildir um hálkuvarnir	19

1 Kaflaheiti

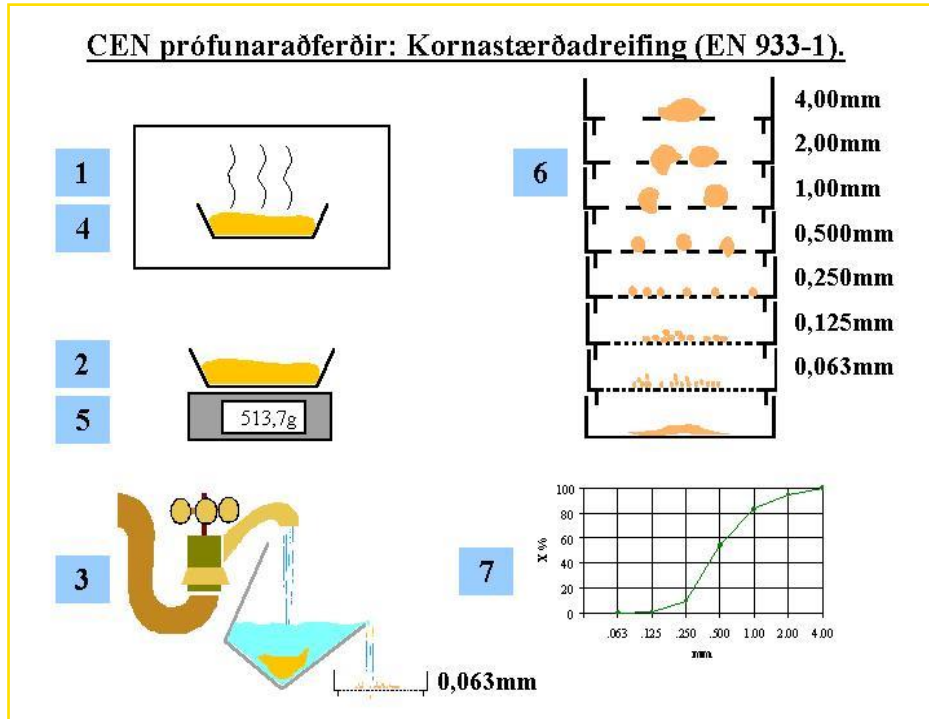
Hugmyndin að þessu verkefni var til komin þar sem ábending hafði borist til stoðdeildar Vegagerðarinnar, þess efnis að núgildandi markalínur Efnisgæðaritsins fyrir hálkuvarnarsand væru ekki allskostar réttar. Í framhaldi af því ákvað fagnefnd um ábendingar til stoðdeildar (Birkir Hrafn Jóakimsson, Gísli Gíslason og Pétur Pétursson) að fela höfundi þessarar greinargerðar að hafa samband við yfirverkstjóra þjónustuvæða Vegagerðarinnar um allt land og óska eftir sýnum af hálkuvarnarsandi.

Alls bárust 18 sýni af hálkuvarnarsandi sem öll voru send til Eflu í kornadreifingarmælingu, en þau eru eftirfandi (í þeirri röð sem þau bárust):

1. Vesturland
 - a. Fossatún, án salts, nnr. 17046
 - b. Fossatún, með salti, nnr. 17046
2. Vestfirðir
 - a. Ofan Kleifabúa, með salti, nnr. 20380
3. Norðurland
 - a. Neðri Mýrar, án salts, nnr. 21369
 - b. Djúpadalsá, án salts, nnr. 15998
 - c. Bláhæð, með salti, nnr. 15908
 - d. Gunnólfsvík, með salti, nnr. 18418
 - e. Skjálfandafljót, með salti, Brekka, nnr. 18352
 - f. Skjálfandafljót, með salti, úr porti, nnr. 18352
 - g. Alda á Hólasandi, með salti, nnr. 22775
 - h. Skútar, með salti, nnr. 22511
 - i. Jökulsá í Kelduhverfi, með salti, nnr. 18370
4. Austurland
 - a. Grímsá, með salti, nnr. 18586
 - b. Eyjar í Breiðdal, með salti, nnr. 16170
 - c. Sléttuá Reyðarfirði, með salti, nnr. 18521
 - d. Brunahvammaháls, án salts, nnr. 22094
 - e. Litli Bakki, með salti, nnr. 20315
5. Suðurland
 - a. Klifandi ofan hringvegur, án salts, nnr. 22966

Eins og sjá má á þessum lista er algengast að hálkuvarnasandur sé blandaður salti í einhverjum mæli, en ekki liggja fyrir tölur um magn salts sem blandað er í sandinn. Alls er 13 sýni sögð vera með salti í einhverjum mæli og 5 sýni án saltblöndunar. Ástæðan fyrir því að flest sýnin eru saltblönduð er væntanlega sú að saltblandaðir haugar eru víða aðgengilegir innan þjónustustöðva og auðvelt að taka sýni á staðnum. Einnig er hugsanlegt að vegna tíðarfars hefði reynst erfitt að afla sýna út frosnum haugum af hreinum sandi, en auðveldara að taka sýni af saltblönduðum, ófrosnum sandi.

Það er mikilvægt að hafa í huga, með tilliti til saltblandaðs hálkuvarnarsands, hvernig mæling á kornadreifingu fer fram. Mynd 1 sýnir á myndrænan hátt hvernig kornadreifingarmæling fer fram, en myndin er tekin úr viðauka 1 í Efnisgæðariti Vegagerðarinnar.



SKÝRINGAR:

- 1 Þurrkað við 110°C í 24 klst. eða þar til þyngdarbreyting er hverfandi
- 2 Vigtað og þyngd skráð með einum aukastaf (tíundapart úr grammi)
- 3 Skolað með þvottasigti til að fjarlægja fínefni sem er < 0,063 mm
- 4 Þurrkað, sbr. 1
- 5 Vigtað, sbr. 2
- 6 Sett í sigtaröð og hrist (helst í hristara)
- 7 Vigtað af hverju sigti og fundið þungahlutfall sem smýgur viðkomandi sigti og sáldurferill dreginn upp

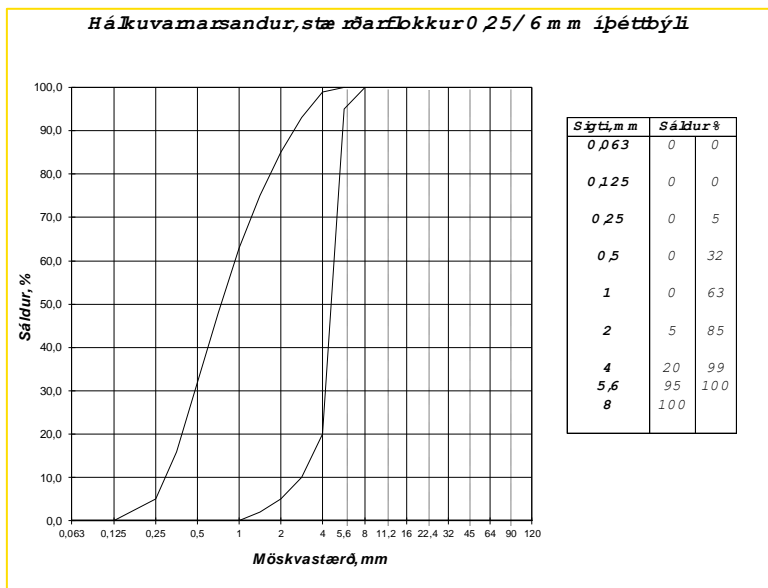
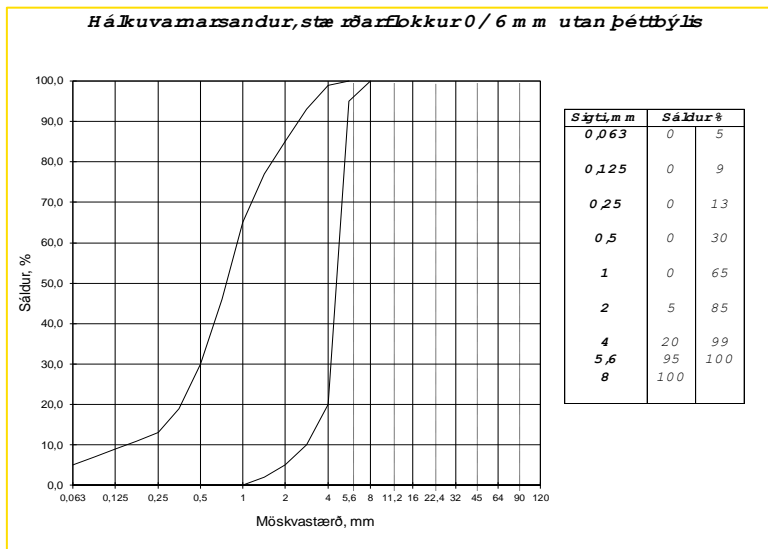
Mynd 1:

Framkvæmd mælingar á kornadreifingu

Eins og sjá má á myndinni er fyrsta skrefið að þurrka sýnið (eftir að hafa skipt aðsendum sandi til að fá marktækt sýni) til að vigta þyngd áður en nokkuð annað er gert (skref 2). Næsta skref (skref 3) felst í því að skola sýnið til að losna við megnið af fínefni, þ.e.a.s. efnis sem er < 0,063 mm. Síðan er sýnið aftur þurrkað (skref 4) og síðan vigtað (skref 5) til fá upplýsingar um magn fínefna og gera sýnið tilbúið til sigtunar á sigtaseríu (skref 6). Að lokum er vigtað hversu mikið situr eftir á hverju sigti og þar með er hægt að tekna upp kornadreifinguna með upplýsingum um hversu mikið smýgur hvert sigti (skref 7).

Af ofangreindu að ráða að salt, hversu mikill hluti sem það er af sýninu, leysist upp í skrefi 3 og **reiknast þar með sem fínefni**, sem það augljóslega er ekki. Þurrsigtun án skolunar gæfi í sjálfu sér líka rangar upplýsingar um kornadreifingu steinefnisins eins og sér, þar sem kornadreifing saltsins væri þá óþekkt stærð, svo og magn salts af heildarsýninu. Af þessum sökum er hér um að ræða

forkönnun á e.t.v. stærra verkefni, þar sem tekið yrði betur á því hver kornastærð steinefnis skuli vera fyrir saltblöndun, svo og einhver ákvæði um magn salts til íblöndunar í hálkuvarnarsand. Eins og fyrr segir eru einungis 5 sýni af 18 án saltblöndunar, en þau gefa þá rétta mynd af kornadreifingu hálkuvarnarsandsins, en hin 13 geta einungis verið túlkuð að vissu marki, án þess að hægt sé að fullyrða hvort þau myndu standast kröfur um kornadreifingu í Efnisgæðaritinu. Mynd 2 a) og b) hér að neðan sýnir hvernig markalínur eru settar fram í ritinu, annars vegar fyrir hálkuvarnarsand utan þéttbýlis og hins vegar innan þéttbýlis.

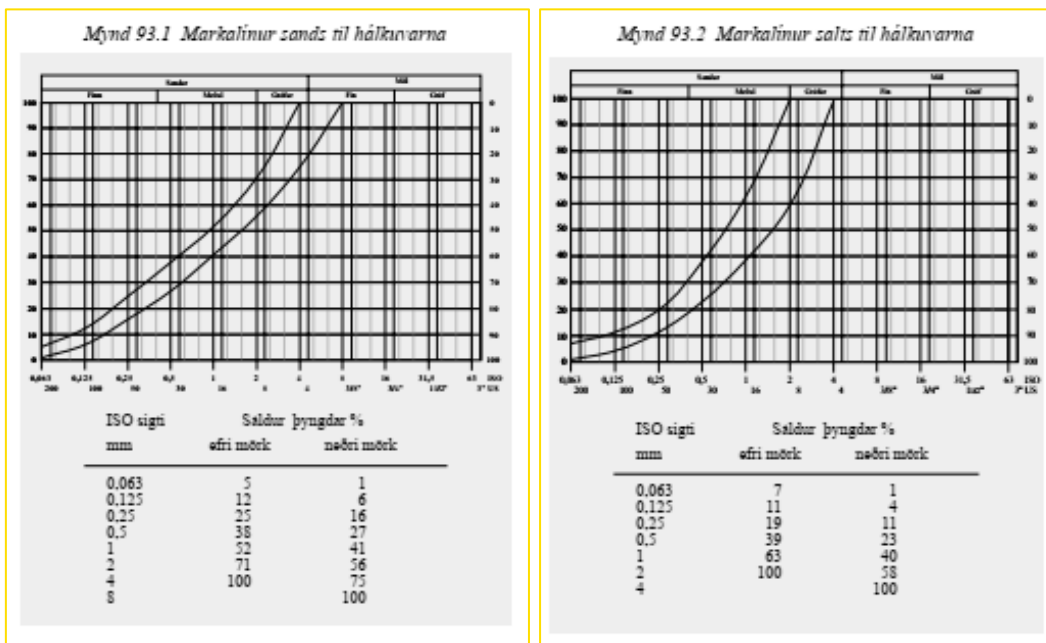


Mynd 2 a) og b):

Markalínur fyrir hálkuvarnarsand utan þéttbýlis og í þéttbýli
Hugmyndin með því að hafa efri mörk sandsins stífari í þéttbýli (0,25 mm sandur með allt að 5% < 0,25 mm) en utan þéttbýlis (0/6 mm sandur með allt að 5% fínefni) er að sporna við svifryksmyndum af völdum hálkuvarna í þéttbýlinu. Í kafla um ályktanir af þessari forrannsókn hér að neðan er velt upp hugmyndum um að breyta þessum markalínum lítillega á grundvelli þeirra niðurstaðna sem fengust úr þessu verkefni.

Þess skal getið að ekki er fjallað sérstaklega um saltblöndun í hálkuvarnarsand í Efnisgæðaritinu, en upplýsingar um saltblöndun sem bárust með sýnunum í þessari forrannsókn benda til að full ástæða sé til að fjalla um og setja fram kröfur um magn (og kornadreifingu) salts sem notað er til íblöndunar. Einnig þarf að taka afstöðu til þess hvort saltblöndun skuli vera krafa eða valkvæð hjá þjónustustöðvum Vegagerðarinnar. Þá má hugsa sér að sett yrðu fram ákvæði um geymsluskilyrði á saltblönduðum hálkuvarnarsandi, þannig að saltið leysist ekki upp og hverfi úr saltblönduðum haugum í rigningum.

Þess má geta til fróðleiks að settar eru fram markalínur í Alverki '95, bæði fyrir kornadreifingu hálkuvarnarsands og fyrir kornadreifingu salts til hálkuvarna. Mynd 3 hér að neðan er skjáskot af kröfunum í Alverki '95.

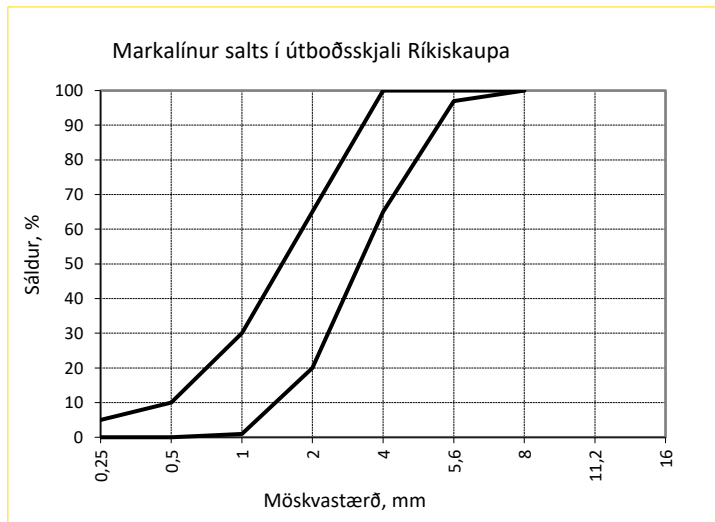


Mynd 3:

Markalínur fyrir hálkuvarnarsand og salt til hálkuvarna í Alverki '95

Ekki kemur beinlínis fram að sandi og salti sé blandað saman, en um magn til dreifingar segir: *“Magn efna sem dreift er skal vera í samræmi við fyrirmæli. Við hálkuvörn skal aka á þeim hraða sem gefur besta raun við dreifingu salts eða sands”*. Að mati höfundar eru þessar markalínur fyrir hálkuvarnarsand of grófkorna miðað við kröfur nútímans, þar sem allt að 25% sandsins mátti vera á milli 4 mm og 8 mm. Þessar upplýsingar eru því frekar settar hér inn í sögulegu samhengi en ekki endilaga til eftirbreytni. Varðandi markalínur fyrir salt til hálkuvarna vekur athygli að það á að vera tiltölulega fíngert, þar sem allt saltið á að smjúga 2 til 4 mm sigtið.

Í nýlegu útboðsskjali um saltkaup Vegagerðarinnar (Ríkiskaup 2020) koma fram ákveðnar kröfur til saltsins, meðal annars um hver kornadreifing þess skuli vera. Að vísu eru þær kröfur sem settar eru fram aðeins misvísandi, þar sem í texta eru gerðar stífar kröfur til kornadreifingar saltsins en í töflu með tölugildum markalína. Ef tekið er mark á textanum og markalínurnar teiknaðar upp samkvæmt því, eru kröfurnar eins og sjá má á mynd 4 hér að neðan.

**Mynd 4**

Markalínur innflutts hálkuvarnarsalts

Svo er að skilja á útboðsgögnunum að saltið sé ætlað til nota til hálkuvarna og rykbindingar. Ekki verður fjallað nánar um salt til íblöndunar í hálkuvarnarsand í þessari skýrslu, en reikna má með að um sama salt sé að ræða og sýnt er á mynd 4 hér að ofan.

Í kafla 4 eru settar fram ýmsar heimildir um hálkuvarnir í nágrannalöndunum, reyndar í belg og bíðu á þessu stigi, til frekari greiningar á þeim síðar.

2 Niðurstöður prófana

2.1 Almennt

Eins og fram kom í inngangi bárust 18 sýni frá þjónustustöðvum Vegagerðarinnar, þar af 5 sýni án saltblöndunar og 13 sýni sem sögð voru saltblönduð (án upplýsinga um magn eða aðferðir við saltblöndun). Tafla 1 sýnir niðurstöður mælinga Eflu á kornadreifingu allra sýnanna.

Tafla 1:

Kornadreifing sýna af hálkuvarnarsandi

Sigti, mm	Skjálf- andafljót, salt, port, 18352	Skjálf- anda-fljót, salt, Brekka, 18352	Djúpa- dalsá, án salts, 15998	Jökulsá, Keldu- hverfi, salt, 18370	Gunnólfs- vík, salt, 18418	Brunahv.- háls, án salts, 22094	Alda Hóla- sandi, salt, 22511	Neðri Mýrar, án salts, 21369	Skútar, salt, 22511
0,063	10,1	7,0	0,8	11,9	6,9	7,8	7,8	0,6	8,5
0,125	11	8	1	14	8	10	14	1	9
0,25	16	13	1	20	12	15	22	1	9
0,5	31	31	2	35	25	21	33	1	9
1	49	47	9	54	38	33	50	5	10
2	63	63	31	75	55	51	70	25	14
4	80	82	71	90	77	78	94	68	35
5,6	91	96	93	96	93	94	98	93	88
8	100	100	99	99	100	100	99	100	100
11,2			100	100			100		
16									

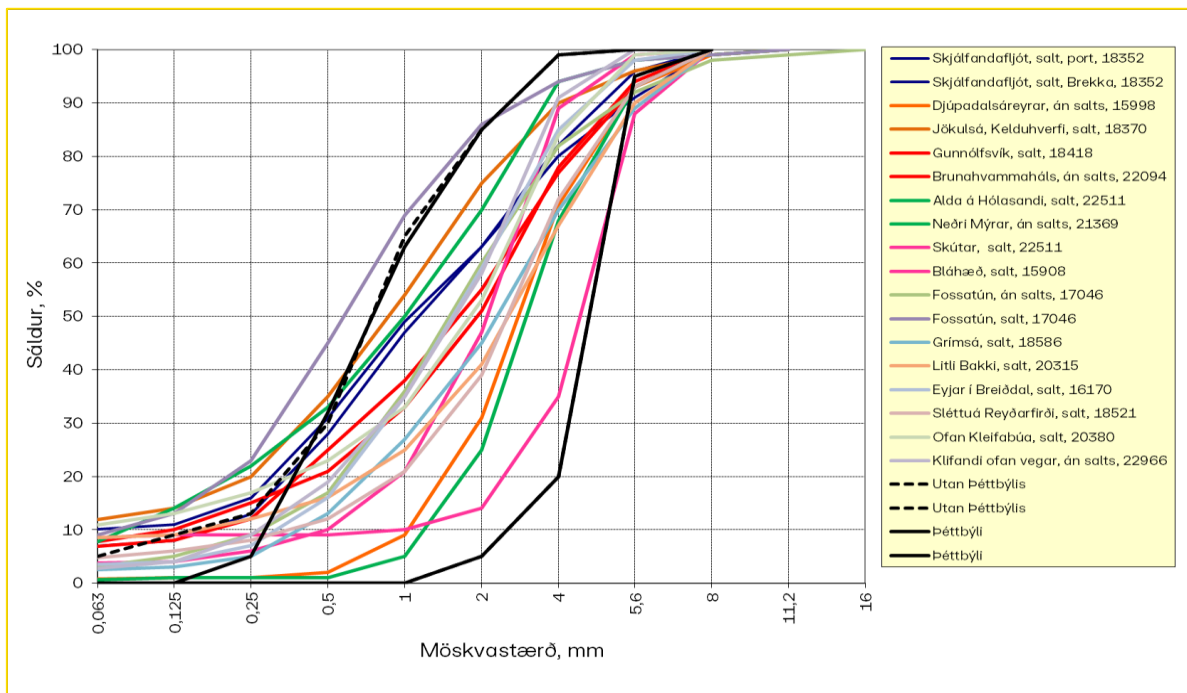
Sjá framhald á töflu á næstu síðu:

Tafla 1, framhald:

Kornadreifing sýna af hálkuvarnarsandi

Sigti, mm	Bláhæð, salt, 15908	Fossa-tún, án salts, 17046	Fossa-tún, salt, 17046	Grímsá, salt, 18586	Litli Bakki, salt, 20315	Eyjar Breiðdal, salt, 16170	Sléttuá Reyðarfirði, salt, 18521	Ofan Kleifabúa, salt, 20380	Klifandi ofan vegar, án salts, 22966
0,063	3,8	3,2	9,1	2,5	8,6	3,5	4,8	10,9	2,8
0,125	4	5	13	3	9	4	6	13	4
0,25	6	9	23	5	12	7	8	17	9
0,5	10	17	45	13	16	16	12	23	19
1	21	36	69	27	25	35	21	33	35
2	47	60	86	45	41	59	39	53	58
4	89	82	94	70	67	85	72	84	91
5,6	99	92	98	89	90	98	93	99	100
8	100	98	99	100	100	100	100	100	
11,2		99	100						
16		100							

Í töflu 1 er sýnunum ekki raðað á skipulagðan hátt, heldur er kornadreifingin sett fram í þeirri röð sem sýnin bárust. Sama er að segja um mynd 5 hér að neðan, þar sem allar 18 kornakúrfurnar eru settar fram á einni mynd, óháð því hvort um er að ræða saltblandaðan sand eða ekki.



Mynd 5

Kornadreifing 18 sýna af hálkuvarnarsandi með og án salts

Bent skal á að töluleg gildi fyrir allar kornakúrfurnar er að finna í töflu 1 hér að framan. Markalínurnar (utan þéttbýlis og í þéttbýli) eru teknar beint úr Efnisgæðariti Vegagerðarinnar, sjá töflu 2. Tekið skal fram hér að fjallað er um það í samantekt þessarar skýrslu hvort þetta verkefni gefi tilefni til að leggja til breytingar á þessum markalínum á einhvern hátt, auk frekari krafna til hálkuvarnarefna.

Tafla 2

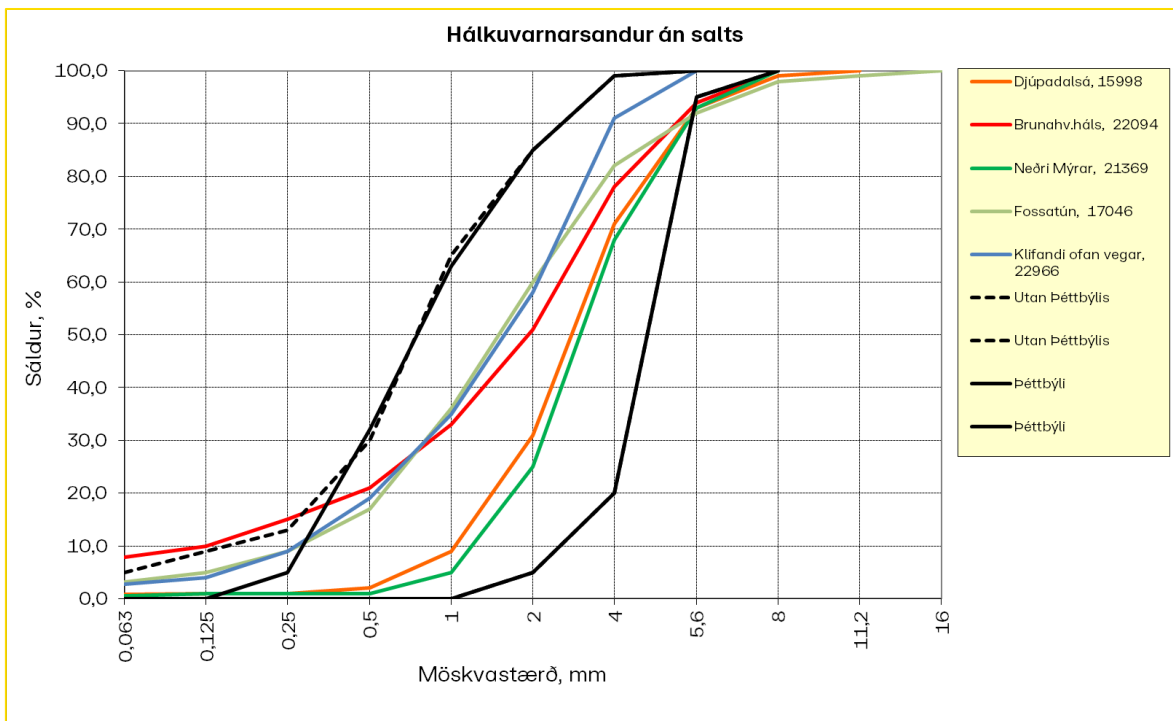
Markalínur hálkuvarnarsands í Efnisgæðariti Vegagerðarinnar

Sigti	Markalínur hálkuvarnarsands í Efnisgæðariti Vegagerðarinnar			
	Utan Þéttbýlis		Þéttbýli	
0,063	0	5	0	0
0,125	0	9	0	0
0,25	0	13	0	5
0,5	0	30	0	32
1	0	65	0	63
2	5	85	5	85
4	20	99	20	99
5,6	95	100	95	100
8	100	100	100	100

Eins og mynd 4 ber með sér er kornadreifing hálkuvarnarsands sem notaður er hérlendis afar breytileg. Eins og bent var á í inngangi, hefur saltblöndun áhrif á mælt fínefnamagn þar sem þyngd saltsins mælist sem fínefni þegar það leysist upp. Það verður því að taka fínefnamagn saltblandaðs sands með fyrirvara, en reynt verður að meta lauslega hvort fínefni í saltblönduðum sandi hafi verið til staðar eða ekki. Í þeim 13 tilfellum af 18, þar sem salti er blandað í sandinn, liggja ekki fyrir mælingar á kornadreifingu sandsins fyrir íblöndun salts. Vera má að kornadreifing sandsins liggja fyrir í einhverjum tilfellum fyrir íblöndun, en ekki verður farið í frekari sýnatöku á þessu stigi þessarar forrannsóknar. Hins vegar eru settar fram ákveðnar hugmyndir um meðhöndlun hálkuvarnarsands og íblöndun salts í hann ef svo ber undir í lokakafli þessarar skýrslu.

2.2 Hálkuvarnarsandur án salts

Eins og fram hefur komið eru 5 sýni sem bárust af hálkuvarnarsandi án íblöndunar salts. Kornadreifing sýnanna er sýnd á mynd 6 hér að neðan.



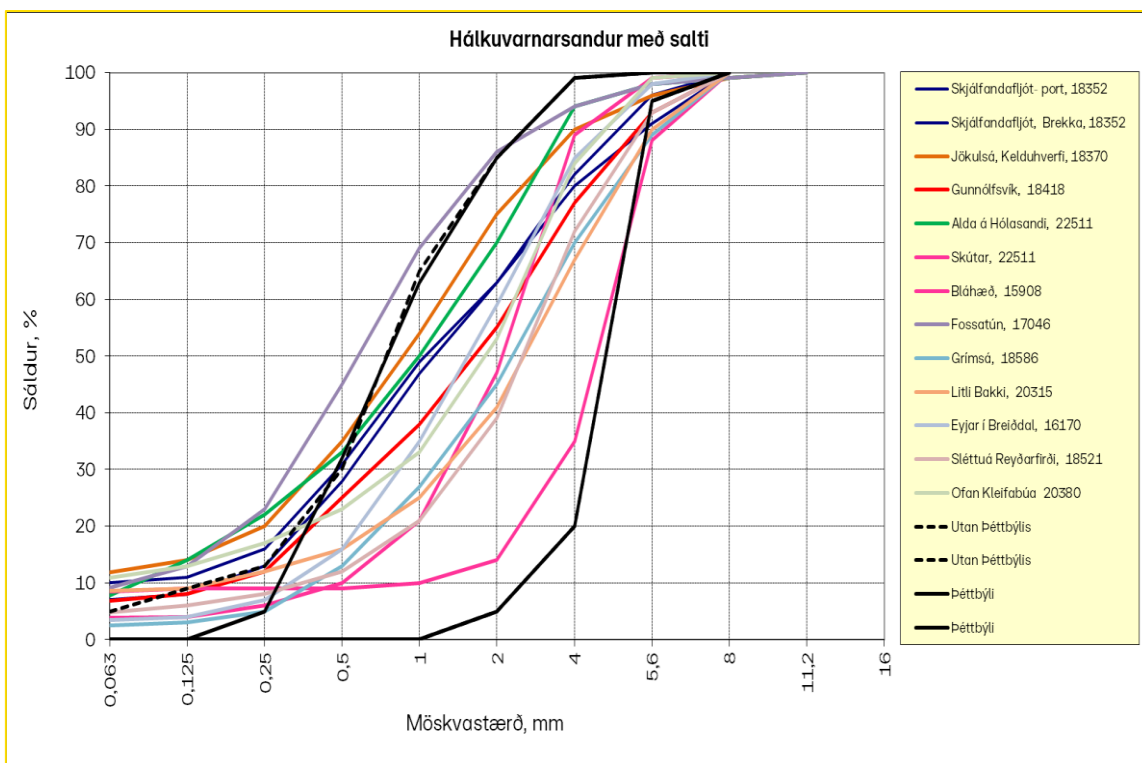
Mynd 6

Kornadreifing 5 sýna af hálkuvarnarsandi án salts

Eins og sést á myndinni eru tvö sýni nokkuð vel flokkuð og með lítið af steinefni undir 0,5 mm, en það eru sýni af Norðursvæði, Djúpadalsá og Neðri Mýrar. Í þessum tilfellum hefur greinilega verið tekið undan mesta fínefnið, en reyndar eru um 7% efnisins > 5,6 mm, sem er ívið meira en nógildandi markalínur gera ráð fyrir, en mörkin eru nú að 5% að hámarki megi vera stærri en 5,6 mm. Þó má segja að kornadreifing þessara tveggja sýna sé að mestu innan marka fyrir hálkuvarnarsand í þéttbýli. Kornadreifing sýnanna frá Fossatúni og Klifanda ofan vegar eru nokkurn veginn innan markalína sem gilda fyrir sand utan þéttbýlis með um 3% fínefni (< 0,063 mm), en leyfilegt magn fínefna er 5% samkvæmt nógildandi ákvæðum í Efnisgæðaritinu. Sýnið frá Brunahvammahálsi er með um 8% fínefni, sem er nokkuð yfir mörkum Efnisgæðaritsins. Að mati höfundar er varla svigrúm til að leyfa aukið magn fínefna í hálkuvarnarsandi, en óvíst er hvort mörkin verði jafnvel þrengd. Það myndi kalla á frekari vinnslu sands til hálkuvarna og þá með því að harpa fínasta efnið frá fyrir notkun á sandinum.

2.3 Hálkuvarnarsandur með saltíblöndun

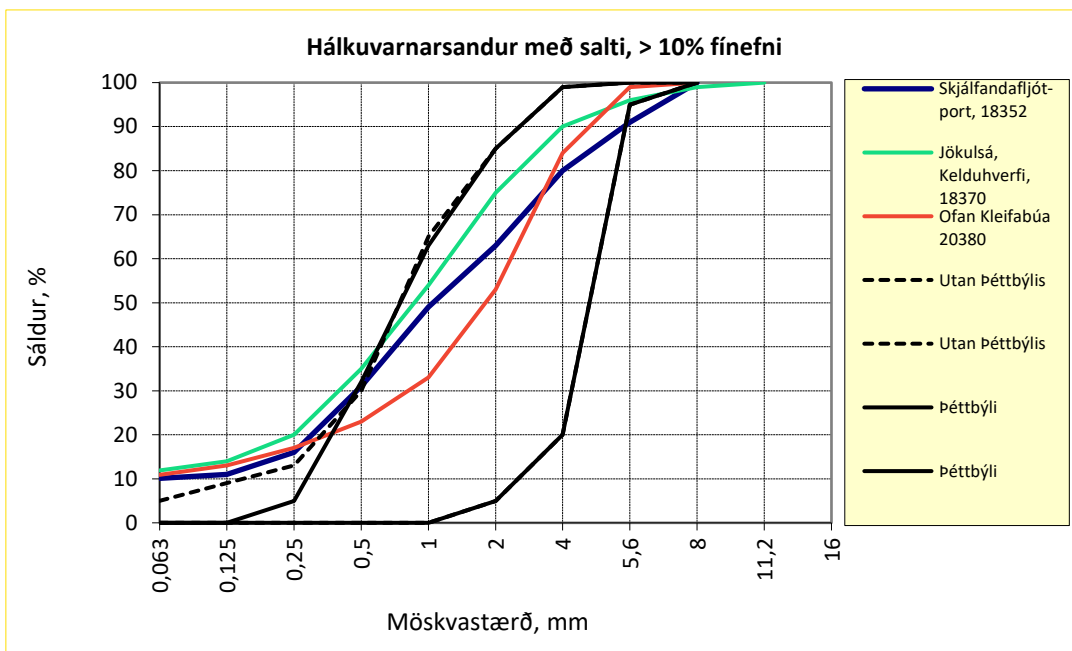
Þegar kemur að túlkun gagna á hálkuvarnarsandi með saltíblöndun vandast málin, þar sem salt reiknast sem fínefni (óháð kornadreifingu saltsins) þegar kornadreifing er mæld. Eitt og annað má þó lesa úr kornakúrfunum á mynd 7, án þess að hægt sé að magngreina beint hvað af fínefnunum er í raun fínefni og hversu mikið er salt. Til dæmis má gera ráð fyrir að þar sem kornakúrfan er lárétt frá fínefnagildinu (0,063 mm sigti) og eitthvað í átt að grófara efni sé í raun mæling á salti. Það er þá ekki fyrir en kúrfan fer að halla í átt að grófara efni sé um að ræða fínefni. Sumar kúrfurnar halla strax frá fínefnasigtinu og því má ætla að í þeim tilfellum sé um að ræða fínefni að einhverju marki, en ekki hægt að áætla hversu mikið það er.



Mynd 7

Kornadreifing 13 sýna af hálkuvarnarsandi með saltíblöndun

Eins og sjá má er kornadreifing sýnanna af saltblandaða sandinum æði misjöfn en, eins og fram hefur komið, skekkir saltið mælinguna þar sem það mælist sem fínefni og dregur þar með kúrfuna upp og út fyrir markalínurnar. Segja má að illmögulegt er að túlka mynd 7 eins og hún birtist í heild sinni og því eru hér að neðan settar fram sundurliðaðar, valdar kúrfur, nokkrar saman á hverri mynd. Fyrst eru teknar saman kornakúrfur sem mælast með > 10% fínefni, sjá mynd 8 hér að neðan.

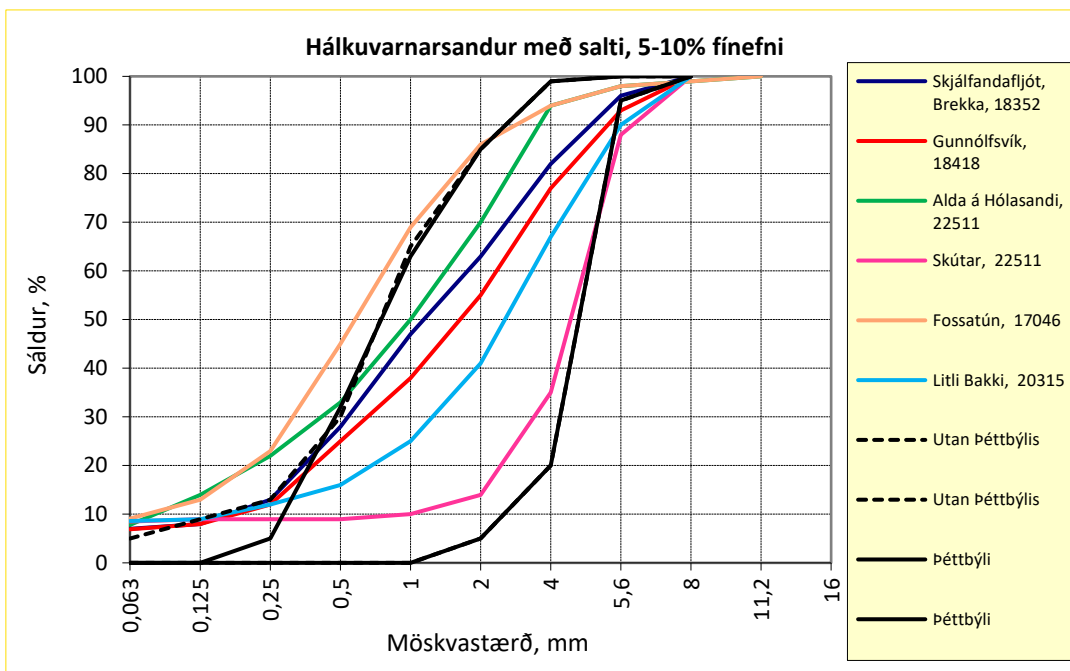


Mynd 8

Kornadreifing þriggja sýna af hálkuvarnarsandi með salti sem mælist með > 10% fínefni

Kornadreifing þessara þriggja sýna er nokkuð breytileg, þar sem sýni frá Jökulsá í Kelduhverfi er fíngerðust, sýni frá námu Ofan Kleifabúa er grófgerðust og sýnið frá Skjálfandaflijóti (port) er mitt á milli að stærstum hluta. Þó sker Skjálfandaflijótið sig úr með 9% yfir 5,6 mm sigtinu, en sýnið Ofan Kleifabúa mælist nánast allt undir 5,6 mm sigtinu. Sýnin er öll nokkuð áþekkt í fínefnamagni (mælast með 10-12% fínefni), en ekki er gott að segja til um hversu mikið af því sem mælist sem fínefni er salt sem leysist upp við mælinguna á kornakúrfu. Það eina sem hægt er að segja er að ef saltið er 5 til 10% af þunga sýnisins, þá færast allar kúrfurnar inn fyrir markalínur utan þéttbýlis og Skjálfandaflijtssýnið jafnvel inn fyrir markalínu í þéttbýli (fyrir utan magn yfirstærða). Sú tilgáta er dregin af því að nánast jafn mikið mælist undir sigti 0,063 mm og undir 0,125 mm sigtinu, en eykst um 4% undir 0,25 mm sigtinu. Hins vegar er nokkur stígangi, sérstaklega í sýninu frá Jökulsá, sem stígur hratt í sáldri, sérstaklega frá 0,25 mm og upp úr. Sýnið frá námu Ofan Kleifabúa gæti verið innan allra marka ef allt sem mælist fínefni (10,9%) er uppleyst salt. Lengra verður ekki komist í túlkunum á þessum sýnum, enda alls óvíst hversu miklu salti var blandað í sandinn og auk þess hver kornadreifing saltsins var.

Á mynd 9 eru nokkuð fjölbreytilegar kornakúrfur, allt frá því að mælast mjög fínefnaríkar yfir í að vera grófar. Allar þessar markalínur mælast sem sagt með of mikið fínefni miðað við markalínur en nokkuð víst er að svo er ekki í öllum tilfellum.

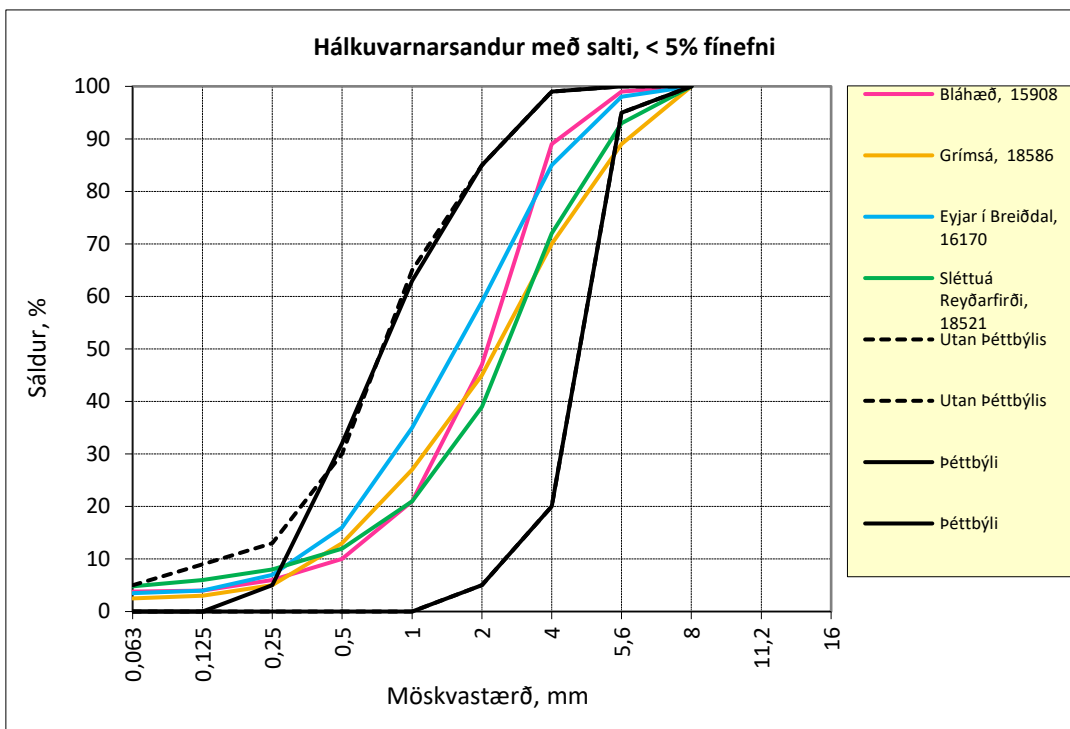


Mynd 9

Kornadreifing sex sýna af hálkuvarnarsandi með salti sem mælist með 5-10% finefni

Það augljósa á þessari mynd er að kúrfan af Skútasýninu er svo til alveg lárétt, alveg frá 0,063 mm sigtinu og upp í 1 mm sigtið. Því má telja að þarna sé nánast alveg um hreint salt að ræða, en að sandur komi fram í litlum mæli milli sigta 1 og 2 mm, sjá einnig töfli 1 hér að framan. Kúrfa Skútaefnisins kemur einnig út með mikið af yfirstærðum (mælist með > 12% yfir 5,6 mm), en þessi háa 5 af salti alveg upp í 1 mm gerir það að verkum að útreikningar valda því að kúrfan verður grófari en raun ber vitni. Í raun má reikna með að lítið sem ekkert sé af yfirstærðum í þessum hálkuvarnarsandi. Aðrar kornakúrfur eru mun brattari, en þó bendir kúrfan frá Litla Bakka til þess að lítið sé af finefnum í því sýni og saltið skekki þá kúrfu í sömu átt og hvað Skúta varðar. Því má reikna með að í því tilviki er líklegt að yfirstærðir yfir 5,6 mm sigti væru innan marka að frádregnu saltinu. Sýnið frá Gunnólfsvík gæti líka verið með litlu finefni, en líklegt er að nokkuð sé af finefni í efninu frá Skjálfandaflljóti, Öldu á Hólasandi og Fossatúni sé með umtalsverðu finefni. Ekki er alveg víst að þau efni myndu falla innan marka hvað finefnismagn varðar, síst þó efnið frá Fossatúni sem virðist vera ríkt af sandi undir 2 mm sigtinu (86% mælast undir 2 mm). Lengra verður ekki komist í túlkunum á þessum sýnum, enda alls óvíst hversu miklu salti var blandað í sandinn og auk þess hver kornadreifing saltsins var.

Á mynd 10 má sjá kornakúrfur þeirra fjögurra sýna sem mældust með < 5% finefni.



Mynd 10

Kornadreifing fjögurra sýna af hálkuvarnarsandi með salti sem mælist með 5-10% fínefni

Í fyrsta lagi má í þessum tilfellum fullyrða að ekki er mikið salt í sýnunum og þau falla nánast alveg innan marka fyrir hálkuvarnarsand utan þéttbýlis, nema yfirstærðir mælast heldur miklar í sýni frá Grímsá og Sléttuá. Ef allt sem mælist sem fínefni í þeim er salt gætu þær þó fallið innan markalína hvað grófleika varðar. Í öðru lagi er ekki ólíklegt að sýnin myndu öll falla innan marka fyrir hálkuvarnarsand í þéttbýli, ef marka má að þær hafi verið saltblandaðar og að saltið hafi ekki allt rignt í burtu fyrir sýnatöku. Lengra verður ekki komist í túlkunum á þessum sýnum, enda alls óvíst hversu miklu salti var blandað í sandinn og auk þess hver kornadreifing saltsins var.

Ofangreindar niðurstöður kornadreifingar á saltblönduðum sandi á myndum 8 til 10 benda til þess að mismiklu salti hafi verið blandað í sýnin sem á annað borð voru blönduð salti samkvæmt upplýsingum frá þjónustustöðvum Vegagerðarinnar. Lögun kornadreifingarferlanna bendir einnig til þess að í sumum tilfellum hafi hálkuvarnarsandurinn verið með fínefni í umtalsverðu magni (brattir ferlar ofan 0,063 mm sigtis), en aðrir alveg fínefnalausir (láréttir ferlar ofan 0,063 mm sigtisins).

Enn skal ítrekað að hér er um að ræða forrannsókn á greiningu hálkuvarnarsands, sem kallar á frekari rannsóknir og e.t.v. breytt verklag og ákvæði um meðhöndlun sandsins. Nú þegar liggur fyrir að ráðast í berggreiningar á þeim 18 sýnum af hálkuvarnarsandi sem þessi skýrsla fjallar um. Einnig verður metið brothlutfall sýnanna. Það verður áhugavert að sjá niðurstöður þeirra prófana og verður þar um mikilvægt innlegg í þetta verkefni að ræða.

3 Samantekt

Segja má að niðurstöður þessarar forrannsóknar á hálkuvarnarsandi vekji upp nokkrar spurningar sem vert er að leita svara við hvað varðar kröfur til hálkuvarnarefna sem notuð eru vítt og breitt um landið:

- *Er ástæða til að skerpa á kröfum sem gerðar eru til hálkuvarnarefna? Að mati höfundar er brýn þörf á að skoða hvaða kröfur skuli gera til hálkuvarnarsands, e.t.v. með tilliti til umferðarmagns. Að lágmarki þarf að liggja fyrir mæling á kornadreifingu sands fyrir saltblöndun (ef það stendur til) til að tryggja að hann sé innan markalína og sérstaklega með tilliti til fínefnamagns, undirstærða og yfirstærða. Einnig ætti að liggja fyrir berggreining af sandinum, svo og brothlutfall hans. Ef brothlutfall er lítið (mikið af rúnnuðum kornum) er meiri hættu á að sandurinn rúlli út af veginum og nýtist því ekki sem skyldi. Vel brotinn sandur (t.d. úr vinnslu á bergi) hefur meiri möguleika á að sitja fastur á vegyfirborðinu. Styrkleiki sandsins skiptir líka máli og er e.t.v. hægt að meta hann út frá berggreiningunni. Ef sandur er of veikur er hættu á að hann molni niður undan umferð, virkni hans minnki og valdi auk þess svifryksmengun.*
- *Er ástæða til að setja fram ákvæði um kröfur til hálkuvarnarsalts og saltblöndunar í sand? Eins og fram kemur í inngangi þessa rits eru gerðar ákveðnar kröfur til salts sem vegagerðin kaupir, meðal annars varðandi kornadreifingu hans og fleira. Bent skal á að kröfurnar þar að lútandi eru misvísandi í útboðsskjölum Ríkiskaupa og þarfnast leiðréttinga, en eru í grunninn líklega raunhæfar. Varðandi íblöndun salts í hálkuvarnarsand virðast ekki vera neinar skjalfestar kröfur eða leiðbeiningar um magn salts í hálkuvarnarsand, aðferðir við íblöndun eða geymsluskilyrði til að varna því að salt leysist upp og leki burt í rigningum. Meta þarf hvaða kröfur skuli setja fram varðandi þessi atriði. Einnig þarf að taka afstöðu til þess hvort saltblöndun verði gerð að kröfu, eða hvort það er valkvætt milli þjónustustöðva hvort salti er blandað í sandinn eða ekki.*
- *Er ástæða til að breyta markalínum hálkuvarnarsands, innan og utan þéttbýlis? Það kemur fram í þessari forrannsókn að í sumum tilfellum er of mikið fínefni í hálkuvarnarsandi miðað við markalínur og einnig kemur fyrir að of mikið er af yfirstærðum. Þetta má fullyrða út frá kornadreifingu sýna sem ekki voru saltblönduð, en ekki er hægt að fullyrða nákvæmlega hvernig kornakúrfur saltblönduðu sýnanna voru fyrir íblöndun. Þess vegna er hér um forrannsókn að ræða og þyrfti að fara í frekari rannsóknir á kornadreifingu hálkuvarnarsands áður en hann er blandaður salti. Markalínur hálkuvarnarsands sem nú eru í Efnisgæðaritinu voru settar fram fyrir nokkrum árum og eru byggðar á heimildum frá Noregi og Svíþjóð sem Skúli Þórðarson, þáverandi starfsmaður þjónustusviðs Vegagerðarinnar, hafði aflað. Taka þarf afstöðu til hvort leyfa megi 5% fínefni í sandi sem notaður er utan þéttbýlis eða hvort sömu kröfur skuli gilda um allan hálkuvarnarsand. Einnig þarf að taka afstöðu til hvort rýmka megi kröfur um yfirstærðir, þar sem líkur eru á að í mörgum tilfellum séu þær > 5%, sérstaklega þegar sandurinn tengist framleiðslu á flokkuðu klæðingarefni. Í öllu falli ætti að vera tímabært að setja fram umferðarviðmið, hvort heldur ársdagsumferð (ÁDU) eða vetrardagsumferð (VDU) í stað þess að notast við frekar óljós mörk á þéttbýli og utan þess.*

Það er ljóst að mikilvægt er að settar verði skýrar línur um gerð hálkuvarnarsands og gæði hans, ekki síst af tvennum ástæðum. Annars vegar má líta svo á að um umferðaröryggismál sé að ræða og að tryggja þurfi hámarksvirkni hálkuvarnarsands með tilliti til hemlunarviðnáms. Hins vegar má segja að um lýðheilsumál sé að ræða, sérstaklega í þéttbýli, en ef mikið er af undirstærðum í sandinum er hætt við að það stuðli að aukinni svifryksmyndun. Einnig er hætta á að veikar berggerðir (til dæmis gropinn sandur) molni niður undan umferð og geti á þann hátt framkallað aukið svifryk. Það er því full ástæða til að huga betur að efnisgæðum hálkuvarnarsands sem notaður er vítt og breytt um landið og samræma kröfur og leiðbeiningar um notkun hans.

Það kemur fram í kafla 4 hér að neðan um heimildakönnun að sandnotkun til hálkuvarna getur haft ýmis neikvæð áhrif og að notkun salts hafi aukist mikið á undanförunum árum eða áratugum á kostnað sandnotkunar. Taka þarf afstöðu til þess hvort Vegagerðin muni breyta áherslum sínum til hálkuvarna í framtíðinni, bæði með frekari rannsóknum og samstarfi við innlenda og erlenda sérfræðinga. Einnig mætti skoða hvort gerlegt væri að sópa upp hálkuvarnarsand til endurnotkunar, en það kallar á að sandurinn sé vel slitsterkur og þröngt flokkaður, t.d. 2/6 mm. Þetta á helst við þar sem sandað er í þéttbýli. Slíkt verklag til endurnotkunar myndi þá klárlega flokkast sem umhverfismál.

Til stendur að skoða tengsl milli framleiðslu klæðingarefnis og hálkuvarnarsands, þ.e.a.s. að gert sé ráð fyrir að sandurinn sem harpast frá, t.d. við framleiðslu 8/16 mm klæðingarefnis, verði nýtilegur til hálkuvarna. Setja þarf fram verklagsreglur um framleiðsluna, þannig að ekki verði of mikið af yfirstærðum í hálkuvarnarsandinum og jafnframt að tryggt verði að fínefni verði innan marka við framleiðsluna. Það gefur auga leið að ef lítið er af undirstærðum í flokkuðu klæðingarefni er hætta á að mikið verði af yfirstærðum í t.d. 0/6 eða 2/6 mm hálkuvarnarsandi. Þessi efnismál í heild sinni þurfa að skoðast í samræði við svæði Vegagerðarinnar og framleiðendur klæðingarefna og hálkuvarnarsands. Einnig þarf að kanna hvernig upplýsingar um niðurstöður prófana á klæðingarefni (t.d. LA prófi, kúlnakvörn og brothlutfalli) geti gefið vísbendingar um efnisgæði hálkuvarnarsandsins sem verður til við framleiðslu klæðingarinnar.

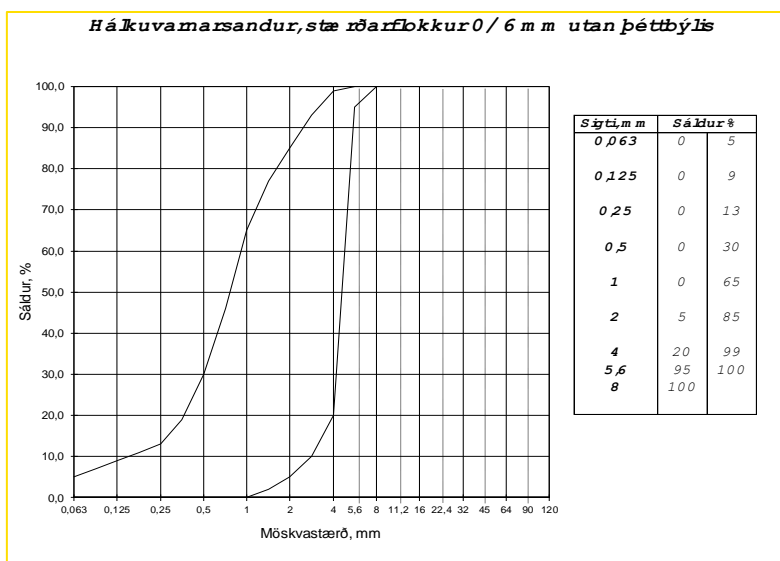
Að lokum má geta þess að Vegagerðin mun leggja áherslu á að sá hálkuvarnar-sandur sem hún notar á sínar götur og vegi uppfylli kröfur sem lágmarki svifryksmyndun sem frá sandinum gæti stafað. Benda má á að sama ætti að vera uppi á teningnum hjá sveitarfélögum sem nota hálkuvarnarsand, t.d. á göngu- og hjólastíga og í vissum tilfellum á götur einnig. Því er stoðdeild Vegagerðarinnar fús til samstarfs við sveitarfélög um frekari rannsóknir, leiðbeiningar og kröfur. Æskilegt er að samræmi verði í kröfuköflum útboðslýsinga hjá öllum aðilum sem nota hálkuvarnarsand á götur og stíga annað borð.

4 Ýmsar heimildir um hálkuvarnir

Heimild: Úr kafla 2 í Efnisgæðaritinu 2022, bls. 21 og 22:

2.6.7 Hálkuvarnarsandur

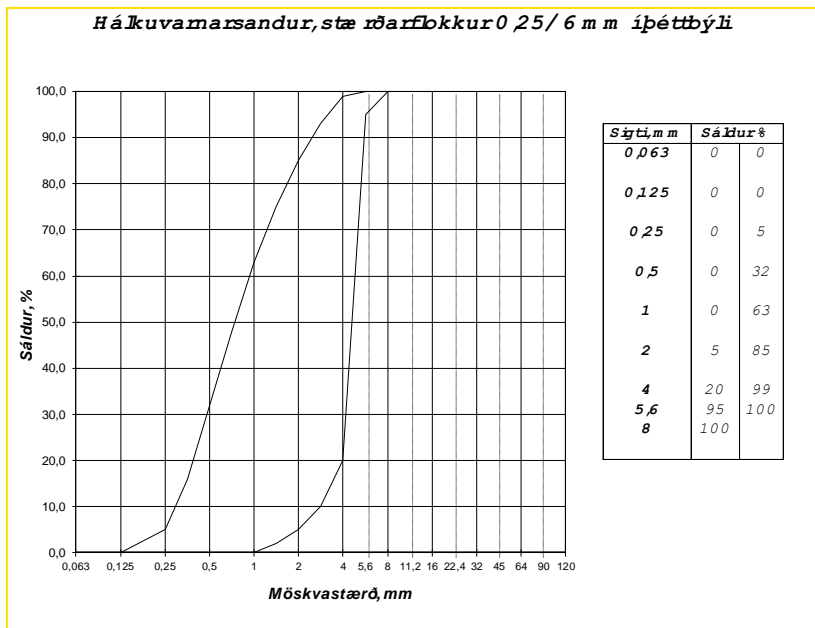
Að frátöldum umferðarmestu vegum á Íslandi, sem eingöngu eru hálkuvarðir með salti, er sandur notaður til hálkuvarna á meginhluta vegakerfisins, á þeim vegköflum sem á annað borð eru með skilgreindar hálkuvarnir skv. þjónustureglum. Nauðsynlegt er að sandur til hálkuvarna sé tiltölulega fínefnasnauður og alls ekki of grófur. Þetta hefur með virkni hálkuvarnar að gera, en jafnframt til að tryggja jafna dreifingu með efnisdreifurum. Ef sandurinn er of grófur getur verið hætt á steinkasti sem leiðir til skemmda á bifreiðum. Hálkuvarnarsandur þarf helst að hafa hátt brothlutfall til að veita gott viðnám og festast í yfirborðinu. Á myndum 2-8 og 2-9 eru settar fram markalínur fyrir hálkuvarnarsand sem, með lítilsháttar breytingum, byggja á rannsókn norsku Vegagerðarinnar¹. Í þéttbýli er mjög mikilvægt að tryggja að ekki sé svifryk (smærra en 10 míkrometrar, 0,01 mm) í hálkuvarnarsandi og er við þær aðstæður mælt með að lítið af sandinum sé smærri en 0,250 mm (sjá markalínur á mynd 2-9). Með þvotti á hálkuvarnarsandi er hægt að losna að mestu við svifryk úr efninu.



Mynd 2-8:

Markalínur fyrir 0/6 mm hálkuvarnarsand utan þéttbýlis

¹ Feltforsök með ulik strömsandskvalitet, Vegdirektoratet, Vegavdelingen 2017.

**Mynd 2-9:**

Markalínur fyrir 0,25/6 mm hálkuvarnarsand í þéttbýli

Heimild: Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger, kapittel 9:

Vanlig strømengde er ca. 200 gram per kvadratmeter. Strøsenda skal ikke ha sandkorn med diameter over 6 mm da dette øker faren for skader på bilruter ved steinsprut. Disse metodene har en god effekt på våt og ru is, men varigheten er begrenset på veier med mye trafikk. Store kjøretøy har en tendens til å blåse sanda av veien pga. turbulens, og etter få kjøretøy ligger mesteparten av sanda i grøftkanten. Tiltaket må derfor gjentas ofte på veier med mye tungtrafikk og høy fart. Etter 50–100 biler er effekten i hjulsporene ofte borte.

Trafikverket, vintervæghållning:

Varför användas salt i stället för sand?

Svar: På högtrafikerade vägar med snabba temperaturväxlingar fungerar det inte att använda sand. Sand blåser bort eller körs bort av trafiken. Ofta tar det bara någon halvtimme innan vägen är lika hal igen. För att säkra framkomligheten på sådana vägar skulle vi vara tvungna att använda så stora mängder sand att det skulle få en väldigt negativ miljöpåverkan.

Vi är medvetna om att salt också har negativa miljöeffekter. Salt kan påverka växtlighet, vegetation och vatten närmast vägbanan. Salt kan också öka problemet med rost. I vårt uppdrag att bekämpa halkan på de högtrafikerade vägarna finns idag inga alternativ som har mindre påverkan på miljön.

Heimild: VTI rapport 276 frá 1984: Halkbekämpningsmetoder eftir Kent Gustafson:**2.1 Nuvarande halkbekämpning**

Halkbekämpning sker idag på kemisk eller mekanisk väg. Kemisk väg innebär spridning av salt, NaCl och i undantagsfall CaCl₂, och mekanisk betyder främst plogning och spridning av friktionshöjande medel, sand. Med mekanisk halkbekämpning avses vanligen även isrivning. Det svenska

statsvegnetið er í hovudsak indelat í tre kategorier nær det gæller halkbekæmpning. Indelningin er utfôrd enligt fôljande:

Vægtyp	Trafikmængd ÅDT	Total væglængd km
A-saltvæg	1500-	16350
B-saltvæg	800-1500	8548
Sandad væg	0-800	72102

Í sandin inblandas salt fôr att bli a fôrþættra sandningens varaktighet. Saltet gôr att sandin fæster þættre pà vægutan og þærmed ligger kvar VTI RAPPORT 276något længre. Saltet fôrhindrar også att sandin fryser í upplag og att driftstôrningarna við sandspridningin blir få. Kvantitetin salt/m³ som tillsættes ligger mellan 25 kg/m³ og 60 kg/m³. Fôr att fôrþættra sandens varaktighet har man tidigare også prôvat s k vattensandning (Hubendick, 1973), som innebær att man fôrst Sprider ut sandin og omedelbart dæfter vatten. Dâ vattnet fryser, sâ fryser sandkornin fast till vægutan. Genom vattensandningin fôrþættras friktionin, og varaktighetin ôkar jæmfôrt med normal sandning. Att metoden trots detta inte anvændes idag beror fræmst pà att den kræver stabil væderlek med temperaturer mellan ca -2 og -10 OC og att anvændandit av dubbdæck medfôr att sandin ganska snabbt slits bort og effekten fôrsvinner. Den mekaniska halkbekæmpningin beskrivs utfôrligare í avsnitt 5.

Sama heimild:

5 MEKANISK HALKBEKÆMPNING

Mekanisk halkbekæmpning innebær spridning av friktionshôjande medel, í de flesta fall sand. Sandspridning utfôres fôr att få en snabb fôrþættring av friktionin, speciellt dâ við låga temperaturer, nær salt o dyl inte ær verksamt. Sandningin har inte enbart en friktionshôjande effekt, utan den kan æven sâgas ha en psykologisk effekt fôr trafikantin. Genom att sandin ær vâl synlig, visar den att væghållarin fôrretagit åtgærder fôr att motverka halkin og bilisterna torde dærigenom kôra något mera lugnt og avspænt.

Andra friktionsmedel æn sand som kan anvændas ær bli a krossgrus og slaggprodukter. Krossgrus (0-18 mm) og makadam (4-12) har tidligere prôvats (Bengtsson, 1980) og pà icke isiga eller pà våta vintervægbanor kan det krossade materialet ligger kvar længre æn sandningssand. Í flera fall har også sandning med krossgrus, som hæmtats dírekt frân leverantôrin, visat sig bli billigare æn att anvænda saltinblandad sandningssand. Anvændandit av krossat material fôr sandning kan også fôrventas ôka í takt med att tillgængen pà naturgrus og -sand minskas. Slagg har også prôvats (Hubendick, 1973) fôr sandning men í relativt liten omfættning. Tillgængen pà slaggprodukter ær relativt liten, vilket gôr att materialet endast fått mycket begrænsad anvændning, t ex omkring en del gruvors anrikningverk og jærnverk.

Det friktionstillskott som erhålles med sandning ær relativt máttligt. Ôkningin í friktion ger inte en godtagbar sâkerhet fôr framfôrandit av fordonit, men det medfôr ændock en fôrþættring av

framkomligheten. Vid en undersökning utförd av VTI (Öberg, 1978) på sandadevägar varierade vägytans friktionsförändring vid sandning från en sänkning med 0,03 till en höjning med 0,18. I genomsnitt höjdes friktionen med 0,09. Vid försöken var friktionsnivån omkring $f=0,3$. Mekanisk, halkbekämpning med sand e d har även vissa begränsningar och nackdelar. Metodens främsta begränsning ligger i den korta varaktigheten av friktionsförbättringen. I den sandningsstudie som omtalades ovan framkom att det friktionstillskott som sandningen medförde avtog kontinuerligt och efter ca 300 fordonspassager var tillskottet borta. Det förhållande att trafiken p g a fartvinden relativt snabbt försämrar sandningens effekt gör att metoden är mindre lämplig för hårdare trafikerade vägar.

Till sandningens nackdelar kan också räknas de kostnader som är förknippade med metoden. Kostnaden för sandningsmaterial har ökat och därtill kommer att sand och grus inom vissa regioner är bristmaterial. Likaså måste man lägga till de kostnader som uppkommer p g a sandningen när det gäller renhållning av vägar och dagvattensystem efter en vintersäsong.

Sammansättningen av sandningsmaterialet har en viss betydelse för bl a friktionseffekten. Större partiklar, omkring 20 mm och större, är olämpliga p g a att de kan vara till skada för fordon och fotgängare (stenskottsrisik). Likaså kastas det grövre materialet bort från vägytan snabbare än det något finare sandmaterialet. Allt för fina partiklar är inte heller lämpliga för sandning. De mycket fina partiklarna ligger inte kvar på vägytan utan blåser mycket snabbt bort av t o m lätta vindar och trafiken. Finare partiklar ökar också risken för attsanden skall frysa i upplag. En stor del fint material i sandningssanden bidrar inte heller till att förbättra friktionseffekten, utan den kan t o m medföra att friktionen blir något lägre.

För att inte sanden skall frysa ihop vid lagring och därmed bli svårbehandlad tillsättes en liten mängd salt. Vanligen blandas ca 25-60 kg salt per m^3 sand. Syftet med saltinblandningen är också att förbättra friktion och varaktighet genom att saltet bidrar till att sanden smälter ner något i is/snölagret. Därmed får sanden bättre fäste och blåser inte lika lätt bort. Saltet gör också att hantering av sanden underlättas och spridningen blir mer homogen.

För att förbättra sandens långtidsverkan används ibland större kvantiteter salt inblandat i sanden. I några amerikanska stater rekommenderas i vissa fall sand : saltförhållanden som 6:1, 5:1 och i något fall t o m 1:1. Med större saltinblandning fås en större smältverkan. Samtidigt ökar sandens långtidseffekt genom att sanden fastnar bättre på vägen och även fryser fast i ytskiktet då saltets verkan avtagit.

Spridning av sand sker ibland genomgående över sammanhängande vägsträckor och ibland sker endast punktsandning av partier med dålig linjeföring (t ex kurvor och backar). I Sverige rekommenderas en giva om 0,3 - 0,4 m^3/km tvåfältig väg. Friktionen ökar inte nämnvärt över en viss gräns med ökad mängd sand. Vid sandning på isvägbana nås denna maximala gräns för friktionsförbättring relativt snabbt. Att sprida mer än ca 0,5 m^3/km innebär ingen ytterligare friktionsförbättring utan endast en onödig kostnad.

Heimild: Magnus Ljungberg 2001: Vinterväghållning och expertsystem – en kunskapsöversikt. VTI

Vid denna tid har det också blivit väghållarens ansvar att sköta vinterväghållningen. Sand började användas i backar på 1920-talet. Mer allmän blev användningen av sand på 30-talet och mot slutet av 30-talet började man att blanda i

salt i sanden för att hindra den från att frysa ihop. De första försöken med salt, kemisk halkbekämpning, utfördes i Sverige vintern 1949/50 men metoden började i Sverige inte att användas i någon större utsträckning förrän i slutet av 1960-talet.

Sama heimild:

4.4 Halkbekämpning

Halkbekämpningens mål är att förhindra att halka uppstår eller höja friktionen på en vägbana. Det finns två grundtyper av halkbekämpning, mekanisk halkbekämpning och kemisk halkbekämpning. De två metoderna är utförligt beskrivna i detta kapitel.

Mekanisk halkbekämpning, normalt sandning, utförs på vägar med en årsmedeldygnstrafik på under ca 1500 fordon. Denna gräns varierar något och är generellt lägre i Södra Sverige än i norra Sverige. För att minska saltförbrukningen har gränsen höjts från tidigare ca 1000 fordon. Sandning utförs även på större vägar vid låga temperaturer. Den temperatur när större vägar börjar sandas beror på vägens standardklass men varierar mellan -6°C och -8°C , se kapitel 7. Kemisk halkbekämpning är den halkbekämpningsmetod som i huvudsak utförs på de större vägarna.

4.4.1 Mekanisk halkbekämpning

Mekanisk halkbekämpning innebär att påföra vägen ett material som ökar friktionen mellan däck och vägbana. Sand är det vanligaste materialet.

Utvecklingen under 90-talet för mekanisk halkbekämpning har i huvudsak varit en utveckling från traditionellt saltinblandad sand till en större användning av fraktionsmaterial utan saltinblandning. På methodsidan har Vägverket Produktion utvecklat två nya metoder för mekanisk halkbekämpning, Hottstone och Friction Maker.

4.4.1.1 Sandning

Sandning av backar har förekommit länge i Sverige. Sandning av hela vägar har pågått sedan 30-talet.

Den sand som används är oftast 0-8 mm med ca 3 vikt-% saltinblandning. Både naturgrus och krossgrus används. Krossgrus är att föredra både p.g.a. bättre vidhäftningsegenskaper och begränsad tillgång på naturgrus. Saltinblandning sker för att förhindra att sanden klumpar sig vid låga temperaturer. Spridningen sker med flakmonterade spridare med tallrik eller med en dragen spridare som fylls på från flaket. En normal giva är $0,3\text{--}0,4\text{ m}^3/\text{km}$, vilket motsvarar ca $150\text{--}250\text{ g}/\text{m}^2$. Med 3% saltinblandning i sanden blir mängden salt som sprids i samband med

sandning ca $4\text{--}7\text{ g}/\text{m}^2$, vilket är en ganska betydande mängd. Normalt sprids vid saltning med befuktat salt ca $8\text{ g salt}/\text{m}^2$.

Utrustningen som används vid sandning är antingen en flakmonterad spridare eller en påhängsspridare eller en dragen spridare, se figur 4.6. Flakmonterade spridare använder en spridartallrik för att sprida sanden. Matningen av sand i en påhängsspridare eller en dragen spridare sker antingen med vagga eller med valsar.



Figur 4.6 Sandspridare, dragen (epoke)

Andra sandfraktioner används också och då framförallt fraktion 2–4 mm. Anledningen att använda denna fraktion är att den inte klumpar sig vid låga temperaturer och att man därför inte behöver blanda i salt. Erfarenheterna av detta

material är goda. Den friktionshöjande effekten är lika bra som för vanlig sand.

Denna fraktion används framförallt i tätorter, men användningen på landsbygden har ökat. Nackdelen är att det lättare rullar av vägbanan om vägen är bar.

Andra material som används är framförallt kalksten, (Öberg et al., 1991).

Kalksten fungerar lika bra som sand om rätt kvalitet används. En fördel är att kalksten motverkar försurning i naturen. Kalksten är en fullgod ersättare till sand om rätt kvalitet finns inom ekonomiskt avstånd. Slaggprodukter från järntillverkning kan användas med samma resultat som sand om det kontrolleras att produkten inte innehåller skadliga restprodukter. I närheten av järnverken är detta ett realistiskt alternativ då slaggprodukterna är ofta billiga.

En svensk undersökning av Öberg, (Öberg, 1978), testade hur sandningen påverkade friktionen och reshastigheten. Friktionstalet, uppmätt med BV11, höjdes med i genomsnitt 0,1 av sandning. Verkan avklingade dock snabbt, efter ca 300 fordonspassager var friktionen samma som innan sandningen. Hastigheten på de sandade vägarna ökade i genomsnitt med 2,4 km/h.

En kanadensisk undersökning, (Comfort & Dinovitzer, 1996), visar att sandning ger en förbättrad friktion. Friktionsförbättringen är större på is än på snö.

Inverkan av sandningen minskar efter att det första fordonet har passerat. Effekten försämras mycket lite av de följande fordonen. Kornstorleksfördelningen på sanden har inte en signifikant inverkan på friktionsnivån.

Sandupptagning är idag ett krav från beställarna för att spara på naturresurser.

Sanden kan i vissa fall återanvändas som sandningssand om det tillåts ur miljösynpunkt och inte innehåller för mycket föroreningar. Sandupptagning sker på våren efter sandningssäsongen. De maskiner som används är vanliga sopmaskiner.

Sand lagras oftast utomhus i högar. Lagring i stora bergrum och sandningssilos förekommer också.

4.4.1.1 Friction Maker

Friction Maker är en gammal mekanisk halkbekämpningsmetod, som under senare år vidareutvecklats av Vägverket Produktion, där hett vatten blandas med sanden i samband med spridningen. I bakänden på flaket monteras en vattentank på 2,5 m³. Vattnet värms med en dieselbrännare och har en temperatur på ca 85°C 46 VTI meddelande 902 när det blandas med sanden i spridaren. Blandningsförhållandet är ca 25 g vatten till 100 g sand. Materialet som används är normalt krossat grus 0–4 mm utan saltinblandning.

Spridaren er av páfängstyp. Kapaciteten är ca 20 km. Den blöta varma sanden smälter lite av snön eller isen på vägbanan innan sanden fryser fast. Metoden fungerar även på icke snötäckta vägar. Sanden fryser fast även på dessa.

I Norge har metoden utvärderats under vintern 1998/99 (Dahlen & Stötterud, 1999). Resultaten från den utvärderingen visar att Friction Maker[®] är en mycket intressant metod. Varaktigheten, dvs. efter hur många fordonspassager som friktionstalet har sjunkit till samma nivå som innan åtgärden, är 10-20 gånger längre än för traditionell sandning med saltinblandad sand. Uppmätta friktionsnivåer låg också väsentligt högre med Friction Maker[®] än för traditionell sandning. Skillnaden var mindre om vägbanan var täckt med lös snö eller om det snöade under mätperioden.

4.4.1.2 Hottstone

Hottstone är en mekanisk halkbekämpningsmetod, utvecklad av Vägverket Produktion, där krossat grus värms innan det sprids. I en sandspridare monteras rör som är kopplade till en dieselbrännare. Dieselbrännaren värmer luften i rören som i sin tur värmer stenmaterialet. Stenmaterialet i behållaren värms till ca 180°C.

Spridningen sker med tallriksspridare. Materialet som används är normalt 0-6 mm krossat grus utan saltinblandning. Det heta stenmaterialet smälter lite av snön eller isen på vägbanan innan det fryser fast. Till skillnad mot Friction Maker kan Hottstone inte användas på icke snötäckta vägar, då metoden i sig inte tillför något vatten som gör att stenarna fryser fast.

I den norska undersökningen där Friction Maker utvärderades ingick också en utvärdering av Hottstone. Då den spridarutrustning som användes vid försöken inte fungerade tillfredställande blev antalet försök med metoden få. De försök som gjordes indikerar ändå att metoden är väsentligt bättre än traditionell sandning men sämre än Friction Maker. Dessa resultat gäller både för varaktigheten och uppnådda friktionsnivåer.

Heimildalisti í sömu heimild:

9 Referenser

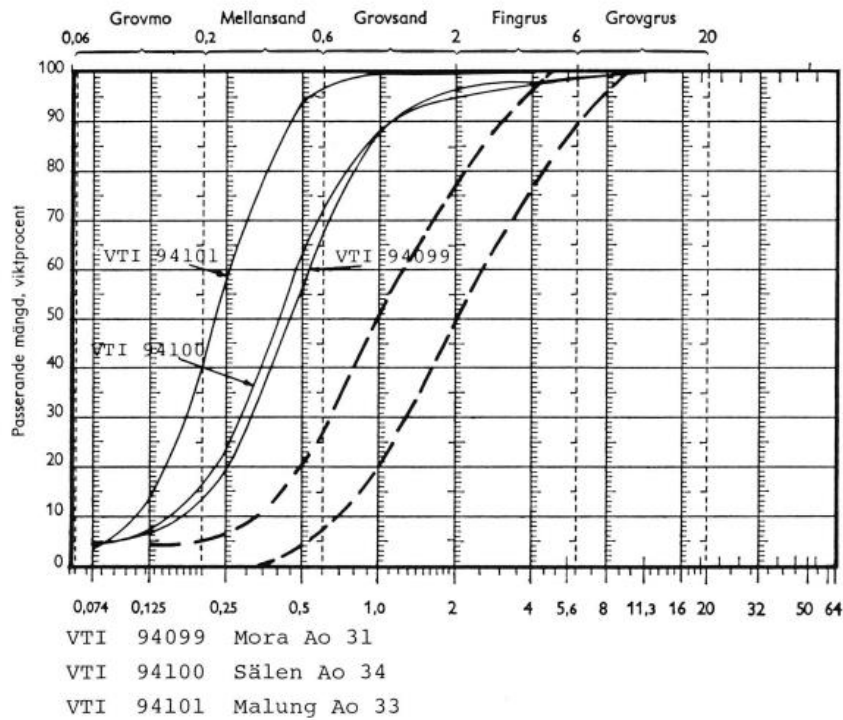
- Andersen, Ö: Equipment for Removal of Snow and Slush. Xth PIARC International Winter Road Congress. VTI. Luleå, Sweden, 1998.
- Axelson, L: DRIFT 96, Vägagstjänster. Vägverket. Borlänge, 1996.
- Backman, B & Forslöf, L: Mobil fryspunktsmätning. Rapport Vägverket. Borlänge, 2000.
- Blackburn, R & McGrane, E & Bauer, K & Fleeger, E: Current Status of U.S. Anti-Icing Technology Development. 1387. TRB. Washington, D.C., 1992.
- Blomqvist, G: Impact of De-icing Salt on Roadside Vegetation - A Literature Review. VTI Rapport 427A. Linköping, 1998.
- Bogren, J: Application of a Local Climatological Model for Prediction of Air and Road Surface Temperatures. Naturgeografiska Institutionen. Göteborgs Universitet. Göteborg, 1990.
- Bogren, J: A Local Climatology Model for Stretchwise Road Surface Temperature Information. 8th International Road Weather Conference. Birmingham, 1996.
- Bogren, J & Gustavsson, T & Ölander, J: Halkans klimatologi. Ur boken: Vinterdrift av vägar, gator, järnvägar och flygfält. CDU. Göteborg, 1999.
- Brorson, B & Ifver, J & Rydgren, H: Injuries from Single Vehicle Crashes and Snow Depth. Accident Analysis & Prevention. Vol. 20. No. 5. pp. 367-377. 1988.
- Brüde, U & Larsson, J: Samband vintertid mellan väderlek – vägag – trafikolyckor. Statistisk bearbetning och analys. VTI rapport 210. VTI, Linköping, 1981.

- Comfort, G & Dinovitzer, A: Field Tests of Winter Sands on Packed Snow and Bare Ice Surfaces. MAT-96-01. Ontario Min. of Transp. Downsview, 1996.
- Dahlen, J & Stötterud, R: Uttestning av varmsandmetodene Hottstone og Friction Maker vinteren 1998/99. Rapport nr. 2105. Statens Vegvesen. Oslo, 1999.
- Ericsson, B: Projekt Restsalt - En sammanfattning av kunskapsläget. Delrapport Rapport nr. 1995:062. Bergab, Vägverket. Borlänge, 1995.
- Frimodig, L & Heijkenskjöld, K & Eriksson, D: VViS road Weather Information System. 9th International Road Weather Conference. SIRWEC. Luleå, Sweden, 1998.
- Giarratano, J & Riley, G: Expert Systems: Principles and Programming. 1st ed. International Thomson Publishing. Boston, 1998.
- Gustafson, K: Halka på olika väguppbyggnader. Rapport Nr 216. Statens väg och transportforskningsinstitut. Linköping, 1981.
- Gustafsson, A: Rapportsammanställning, Grundpaket Drift; 1. Slitstålsstudier för snöröjning 1995-1999 Joma 6000. Internrapport Vägverket Produktion. Borlänge, 1999.
- Gustavsson, A & Malmberg, Å: Kunskapssystem för vinterväghållning: Rapport fälttest vintern 1993-94. Vägverket, Arena. Göteborg, 1994.
- Gustavsson, E & Yakoub, J: Sekundär miljöpåverkan av vintersalning Meddelande 798. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping, 1996.
- Gustavsson, T: Modelling of Local Climate - with applications to winter road conditions. Naturgeografiska institutionen. Göteborgs Universitet. Göteborg, 1990. VTI meddelande 902 75
- Hajek, J & Hurdal, B: Comparison of Rule-Based and Neural Network Solutions for a Structured Selection Problem. TRB, 1993.
- Hanna, PB & Papagiannakis, TA & Hanna, AS: Knowledge-Based Expert System for Flexible Pavement Routine Maintenance. 1992 TAC Annual Conference. Quebec, Quebec, 1992.
- Harmon, P & Sawyer, B: Creating Expert Systems – For Business and Industry. First ed. John Wiley & Sons, Inc. New York, 1989.
- Henrysson, G: Saltmall vid kemisk halkbekämpning. Internrapport Vägverket Produktion. Borlänge, 2000a.
- Henrysson, G: Vinterväghållningsmetoder i Sverige. 2000b.
- Hubendick, P-E: Vinterväghållning. Biblioteksförlaget. Stockholm, 1961.
- Ihs, A & Gustafson, K: Kalciummagnesiumacetat (CMA) – ett alternativt halkbekämpningsmedel. Litteraturstudie. Meddelande 789. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping, 1996.
- Ihs, A & Gustafson, K & Persson, K: Evaluation of CMA/NaCl mixture. Meddelande 788A. VTI. Linköping, 1996a.
- Ihs, A & Gustafson, K & Persson, K & Öberg, G & Wretling, P: Haveriutredning – vinterväghållning. VTI notat 43-1996. VTI. Linköping, 1996b.
- Jaquet, J: Winter Maintenance by Winterman. IXth PIARC International Winter Road Congress. Seefeld, 1994.
- Johansson, A: Vinterdrift av vägar, gator, järnvägar och flygfält. CDU. Stockholm, 2000.
- Johansson, Ö: Olycksfall och skadeutfall vintertid. 1997:50. Vägverket. Borlänge, 1997.
- Jutengren, K: Vägmiljöns korrosivitet och dess beroende av vägsaltning. Teknisk Rapport 1986:14. Statens Provningsanstalt. Borås, 1986.
- Kaminski, D & Mohan, S: PASCON: An Expert System for Passive Snow Control on Highways. TRB Record 1304. TRB. Washington, D.C., 1991.
- Kuempel, DA: Accident Study Validates Benefits of Preventive Maintenance. The American City & County. Vol 109. No 5. p 52. 1994.

- Lindqvist, S: Studier av halka på väg. GUNI Rapport 12. Naturgeografiska Institutionen, Göteborgs Universitet. Göteborg, 1979.
- Malmberg, Å & Axelson, L: Expertsystem: En förstudie och prototyp. Högskolan Östersund, 1991.
- Minsk, LD: Snow and Ice Control Manual for Transportation Facilities. First ed. McGraw-Hill. New York, 1998.
- Montelius, J-O: Vinterväghållning, historik. Vägverket, 1999.
- Möller, S & Bogren, J & Gustavsson, T: Informationssystem. Ur boken: Vinterdrift av vägar, gator, järnvägar och flygfält. CDU. Göteborg, 1999.
- Nassif, S: Anti-Icing Technology: Summaries of State Experiences. FHWA test and Evaluation Project No. 28. CRREL. Hanover, 1995.
- Nilsson, G & Obrenovic, A: Årstidsdifferentierade hastighetsgränser. VTI Rapport 435. Linköping, 1998.
- Nordbö, I & Vestli, M & Sölvberg, I: METAKREK: Knowledge Acquisition As Modeling. Expert Systems With Applications. Vol 3. pp. 269-275. 1991.
- Norström, E & Berg, FE & Paulsen, T: ROAD-94. 9th PIARC International Winter Road Congress. Seefeld, 1994.
- Perry, AH & Symons, LJ: Highway Meteorology. First edition ed. E & FN Spon. London, 1991.76 VTI meddelande 902
- Persson, K & Ihs, A: Kalciumklorid i vinterväghållningen. Litteraturstudie. Meddelande 829. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping, 1998.
- Ragnarsson, G & Öberg, G: Inverkan av snöväder på väglag, fordonshastighet och bränsleförbrukning. Meddelande 513. VTI, Linköping, 1986.
- Russell, S & Norvig, P: Artificial Intelligence – A Modern Approach. First ed. Prentice hall. Upper Saddle River, 1995.
- Sahlin, L: RWIS Development in Sweden. 9th International Road Weather Conference. SIRWEC. Luleå, Sweden, 1998.
- Sandahl, K: Knowledge Acquisition and Projekt Management. IDA, Linköping University, 2000.
- Smith, P: An Introduktion to Knowledge Engineering. 1st edition ed. International Thomson Computer Press. London, 1996.
- Stefik, M: Introduction to Knowledge Systems. First ed. Morgan Kaufmann Publishers, Inc. San Francisco, 1995.
- Stötterud, R: Utstyr for fjerning av slaps og snö. Vedlikeholdskontoret 93-311. Statens Vegvesen. Oslo, 1993.
- Stötterud, R & Reitan, KM: Use of Brine on Roads: Results - winter season 1990–1991. Norwegian Public Roads Administration. Oslo, 1991.
- Sävenhed, H: Relation between winter road maintenance and road safety. 399A. VTI, Linköping, 1995.
- Takle, ES & Thomson, PC: Use of Expert Systems for Roadway Weather Maintenance Decisions. 1996 Semisesquicentennial Transportation Proceedings, 1996.
- Thornes, J: Thermal mapping and road-weather information systems for highway engineers. Highway Meteorology. E & FN Spon. London, 1991.
- Thornes, JE: The Cost-Benefit of Winter Road Maintenance in the United Kingdom. 8th International Road Weather Conference. SIRWEC. Birmingham, UK, 1996.
- Torstensson, S: Driftområde Ljungarum – en översikt. 2000.
- Turunen, M: Measuring Salt and Freezing Temperature on Roadways. 8th International Road Weather Conference. SIRWEC. Birmingham, UK, 1996.
- Vaa, T & Sakshaug, K: Road Salting and traffic Safety. STF63 A95005. SINTEF. Trondheim, 1995.

- Wallman, C-G: Driver Behaviour on Winter Roads. VTI Rapport 419A. VTI, Linköping, 1997.
- Wallman, C-G & Wretling, P & Öberg, G: Effekter av vinterväghållning: Stateof-the-Art. Rapport 423. VTI, Linköping, 1997.
- Weast, R: Handbook of Chemistry and Physics. CRC Press. Cleveland, OH, 1975.
- Wennerström, H: Vinter 2000, remiss. Vägverket. Borlänge, 1999.
- Woodham, D: Ice Detection and Highway Weather Information Systems FHWA Experimental ProjectNo. 13. CDOT-DTD-R-93-10. Colorado DoT. Denver, 1993.
- Vägverket: Kurs 526, Vinterväghållning. Vägverket, Borlänge, 1994.
- Vägverket: Halkbekämpning. Kurs i vinterväghållning. Vägverket, Borlänge, 1995.
- Vägverket: Metodbeskrivning 110:1996, Bestämning av friktion på vinterväglag med retardationsmätare. 1996:15. Borlänge, 1996.VTI meddelande 902 77
- Vägverket: Vägverkets Årsredovisning 1999. Publikation 2000:21. Borlänge, 2000.
- Öberg, G: Effekter av sandning, Trafik och friktionsstudier. Report 164. VTI, Linköping, 1978.
- Öberg, G: Friktion och reshastighet på vägar med olika vinterväghållning. VTI Rapport 218. VTI, Linköping, 1981.
- Öberg, G: Förändrade kostnader vid övergång från kemisk till mekanisk halkbekämpning. Beräkningar och antaganden från tidigare undersökningar. VTI Notat T 18. VTI, Linköping., 1987.
- Öberg, G: Low Cost Winter Maintenance – Swedish Experiences. VTI Särtryck 237. VTI, Linköping, 1995.
- Öberg, G: Osaltad vinterväghållning och sänkt hastighetsgräns vintern 1994/96 och 1995/96 på E4 i Region Norr. effekt på väglag och hastighet. Notat 65-1996. VTI, Linköping, 1996.
- Öberg, G & Arnberg, PW & Carlsson, G & Helmers, G & Jutengren, K & Land, P-G: Försök med osaltade vägar. Huvudrapport. Rapport 282. Statens vägoch trafikinstitut, Linköping, 1985.
- Öberg, G & Gustafson, K & Axelson, L: MINSALT. VTI rapport 369. VTI, Linköping, 1991.

Heimild: Gudrun Öberg 1978: Effekter av sandning. VTI



Figur 5. Sikningskurvor för sandningssand från ovanstående arbetsområden. De sträckade linjerna anger det siktområde inom vilket sandningsanden bör vara enligt vägverket.

Heimild: Gudrun Öberg 1995: Low Cost Winter Maintenance - Swedish Experiences.

Um salt: To be effective in the use of salt is to use the "right" salt and to handle it with care. One important factor is that the vehicle or boat that transports the salt shall be clean before the transport, which means that the salt will stay clean, if even the storage place is clean. The salt shall be covered so no rain can fall on it. Another factor is to have the right size of the salt. Sweden has chosen the following sizes (14):

< 0.16mm	0 - 5 %
< 0.5 mm	5 - 26 %
< 1 mm	26 - 50 %
< 2 mm	65 - 100 %
< 3 mm	95 - 100 %

Mechanical deicing

Sanding is an old ice control measure which has been used since the breakthrough of motoring. The material normally used, is sand, 0-8 mm, mixed with between 2-5 % by weight of salt. Salt is primarily added to facilitate the storage of sand in cold weather and partly to improve its adhesion and durability (4).

In a Swedish study (19) road sanding resulted in the following changes:

- The mean coefficient of friction increased on average by 0.1.
- The mean speed increased on average by 2.5 km/h.

- The calculated stopping distance was shortened by, 8 m on average.
- The friction increase diminished continuously and disappeared completely after approximately 300 passages.

Crushed stone aggregates, usually of 2-5 mm fraction have been used for several years, mostly in urban environments. The most common use is in central urban areas and on pedestrian and bicycle paths. However, this material is used to an increasing extent on the entire road network. The costs are roughly the same as for a sand/salt mixture and the results are generally good (4).

The advantages of crushed stone aggregate over sand can be summerized as follows:

- Better long-term effect, which reduces the frequency of spreading.
- Better skid resistance.
- Needs no addition of salt.
- Can be re-used.
- Good availability.

The drawbacks are chiefly as follows:

- Poor effect on hoar frost and black ice.
- Difficult to combine with the use of snow blowers.
- Flying stones striking vehicles.
- Troublesome for cyclists.
- Blasting effect, loss of heavy metals from paint and car body.

Heimild: <https://www.cargill.com/salt-vs.-sand-for-winter-road-safety>

Sand is the original winter maintenance material. Sand is the first material that was used to help increase the friction of icy road surfaces in the winter. In recent decades, though, sand has largely been replaced by chemical deicers like sodium chloride and magnesium chloride. Chemical deicers have been found to be a lot more effective at restoring roads to safe friction levels after a snowstorm than sand. However, sand is still used for winter maintenance and there are instances where sand still makes sense.

The first thing to consider about sand and abrasives is that they have no ice melting capacity. They will not function as either deicers or anti-icers in the conventional sense. That is, they are not going to actually remove snow or ice from the road. What they can do is give you a temporary increase in road friction on iced pavements. Sand can help reduce slippery roads and ultimately reduce accidents just like removing the ice and snow. Sand can get us to where we want to be, it is just a question of which tool is the most appropriate for the given conditions.

If you want to use sand, there are a few caveats that you should bear in mind. The first one is that dry sand is not effective. The reason for its ineffectiveness is that there have been numerous studies that have shown dry sand is very easily blown off the road by moderate amounts of traffic action. If you are going to use sand, you should use wetted sand. You should pre-wet the sand with water or with a deicing liquid. Wetting the sand will help protect it from being knocked off by traffic action. Studies have shown that pre-wetting sand will enable you to reduce your sanding application rate by as much as 50%.

Sand is not environmentally innocuous. There is no such thing as an environmentally perfect material or chemical, as all materials have their own characteristic environmental impact. From an environmental friendly scale perspective, sand is better than deicing chemical. You should use sand whenever you possibly can to avoid the effects of deicing chemicals. Your ultimate environmental strategy should always be to identify the particular chemical, which can be used in the smallest amount, which works best for specific conditions.

Sand will impact air quality. Sand contributes to PM10 levels. PM10 refers to very tiny particles. These particles can form as sand is crushed by traffic action. They are tiny particles that are smaller than about 10 micron in size. They are small enough that they can remain suspended in the air and can have detrimental effects on air quality.

The use of sand will cause buildup of sediment and turbidity in waterways impacting aquatic ecosystems negatively. There have been studies by ecological experts that have concluded that the detrimental environmental effects of sand generally outweigh those of ice melting chemicals. This doesn't mean that we should never use sand. It simply means that we should use sand when it is appropriate, specifically, if the temperature is so cold that regular deicing chemicals won't melt the ice. Sand can provide temporary friction until the temperature warms up enough that the deicers start to work. Another instance where sand can work is if you have strongly bonded hard pack of ice or snow on the road that plows can't remove. In that case, sanding is a good option until the plows are able to come through and remove the compacted snow and ice.

Heimild: Youtube, sjá <https://www.youtube.com/watch?v=YWi5m2WPXfc>