

Ice control Technology with 20% salt/water solution on highways,
(Brug af 20 % saltvands opløsning til glatføre bekæmpelse på større veje)
Af civilingeniør J Kr Fønnesbech, Fyns Amt, Danmark.

INDHOLDSFORTEGNELSE.

1. INDLEDNING.

2. SAMMENFATNING OG KONKLUSION

3. BAGGRUND.

- 3.1 Grusning
- 3.2 Tørsalt
- 3.3 Fugtsalt
- 3.4 Mættet saltvand
- 3.5 Snerydning.
- 3.6 Tidligere forsøg.
- 3.7 Saltforbrug.
- 3.8 Erstatning for salt(NaCl).

4. MÆTTET SALTVANDS OPLØSNING.

- 4.1 Fordomme.
- 4.2 Spredeteknik
- 4.3 Blanding af saltlage
- 4.4 Vand til blanding.

5. FORSØGET 1998 - 1999

- 5.1 Forsøgs strækninger
- 5.2 Udkald til saltning.
- 5.3 Restsalt måling.

6. FORSØGS RESULTATER

- 6.1 Usikkerheder
- 6.2 Tværfordeling af saltet på vejen.
- 6.3 Modeller.

7. DIAGRAMMER OVER ENKELT SITUATIONER.

8. EFTERSKRIFT.

9. REFERENCER

1. INDLEDNING.

Formål.

Formålet med at benytte en mættet saltvands opløsning(20%) til glatføre bekæmpelse er, at nedsætte salt forbruget med fastholdt eller hævet niveau for fremkommelighed og sikkerhed.

I dette forsøg fokuseres på mulighederne for at begrænse forbruget af salt, ved hjælp af ændret udbringnings form.

2. SAMMENFATNING OG KONKLUSION

Det er i Fyns amt lykkedes at bruge en mættet saltvands opløsning (20%) til bekæmpelse af glatføre i situationer med rim, frysende våde vej baner, isslag og snevejr.

I vinteren 1998 - 99 blev gennemført systematiske måling af restsalt såvel fra spredning af saltvand, som fra spredning af Fugtsalt (reference). I alt målt restsalt i 1800 punkter.

Forsøgsresultaterne viser at mættet saltvand kan spredes mere jævnt tværs over vejen. Se diagram 1, som også viser, at en større andel af saltet fra saltlagen er til stede 2 timer efter udspredding, end fra fugtsaltet.

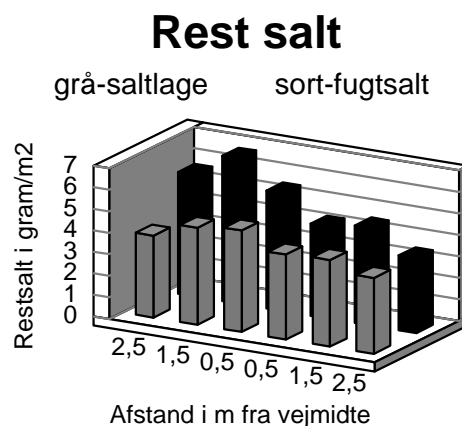


Diagram 1. Tværfordeling efter to timer. Det skal understreges, at der er udspreddt 7,6 gram salt/m² som Fugtsalt og 4,6 gram salt/m² som saltlage.

Den mere ensartede fordeling opnås på trods af at lastbilen der spreder saltvandet kører med en hastighed på 70 km/time.

På de 1800 måleresultater er der gennemført flere statistiske analyser og følgende hoved resultater er opnået:

1. Restsalt målingerne giver et brugbart billede af restsalt mængderne på kørebanen.
2. At relativt mere af saltet fra saltlage end fra Fugtsalt virker på kørebanen er stærkt statistisk signifikant, og dermed sikkert påvist.
3. At ca 90% af saltet fra saltlagen virker på kørebanen, medens det kun gælder

- 60 -65% af saltet fra fugtsaltet.
4. At ved høje trafikintensiteter har trafikken afgørende indflydelse på nedbrydningen af restsalt. Følgende formler er fundet:
Restsalt (saltlage) = $-0,012\% \times TI + 88\%$.
Restsalt (Fugtsalt) = $-0,011\% \times TI + 64\%$. Hvor TI er antal bilpasager.

I praksis virker udspreddning af mættet saltvand straks, hvis der er rim eller is på vejen, medens tør- eller Fugtsalt tager tid.

Ligeledes har det i praksis vist sig at mættet saltvand virker i isslags- og snesituationer, men i disse situationer er 20 ml(4,6gram salt)/m² normalt ikke nok.

I Fyns amt foretages en meget simpel blanding af salt og vand i en 280 m³ beholder, men det sikres samtidigt at der ikke opstår lagdeling i blandingen. Lagdeling, hvor ferskvand ligger over saltvandet, er den farligste situation for brug af mættet saltvand. Hvis det ikke aktivt sikres, at denne lagdeling ikke opstår, vil der på et tidspunkt blive spredt ferskvand med katastrofale følger.

Sammenfattende har brug af mættet saltvand givet så gode resultater, at jeg forventer at Fyns amt i løbet af de næste 10 år går over til udelukkende at bruge denne form for glatføre bekæmpelse. Jeg forventer samtidigt, at den mest benyttede dosering bliver 20 ml/m² eller mindre, men at det i speciel situationer bliver muligt at dosere 40 ml/m².

3. BAGGRUND.

3.1 Grusning

På større veje i Danmark er grusning forladt for mange år siden. Grusning er ikke effektiv. Gruset eller jorden i rabatterne er dyrt at bortskaffe senere, som forurenede jord. Endelig bruges ved grusning alligevel en del salt til iblanding.

3.2 Tørsalt

Tørsalt bruges kun i begrænset omfang på større veje i Danmark. F.eks i forbindelse med snevejr. Til præventiv saltning er tørsalt ubrugelig, idet det blæser af vejen før det kan gøre gavn. Typisk blev tidligere udspreddt 40 g/m² tørsalt pr gang. Hastigheden for udbringning skal være lav for at undgå turbulens, som straks blæser saltet af vejen.

3.3 Fugtsalt

Fugtsalt har i Danmark afløst tørsalt. Umiddelbart før saltet spredes via spredetallerken tilsættes mættet saltvand, således at saltet er fugtigt og dermed hurtigt binder til vejen. Typisk udspreddes 10 g/m², det vil sige 7 gram salt og 3 gram mættet saltvand, i alt 7,6 gram ren salt/m². Hastigheden for udbringning kan hæves i forhold til tørsalt, men skal stadig være under lovlig hastighed for lastbiler.

3.4 Mættet saltvand

Bruges i dag lidt i combi spredere, hvor der er mulighed for at bruge såvel mættet saltvand som fugtsalt.

Det er almindeligt anerkendt i Danmark, at ved udspredning med mættet saltvand kan doseringen sættes yderligere ned. I forsøget, som her beskrives, er konsekvent brugt 20 ml/m² svarende til 4.6 gram ren salt/m². I forsøget er desuden brugt rene saltvandsspredere, uden mulighed for at udsprede fugtsalt.

3.5 Snerydning.

Snerydning vil kun blive kort omtalt. Det forsøges at salte præventivt før snefald, henholdsvis med fugtsalt og saltlage. Under snevejret fjernes sneen mekanisk med sneplove, hvorefter der igen efter snevejrets ophør, saltes for at fjerne resten af sneen. I disse situationer vil normalt blive brugt 15 g/m² fugtsalt. Med mættet saltvand har vi kun kunnet dosere med 20 ml/m², så der er evt. kørt en ekstra runde, efter snevejrets ophør.

3.6 Tidligere forsøg.

Det vides, at der tidligere er gennemført forsøg der viser restsalt mængden efter 1000 overkørsler efter udspredning af hhv. Tørsalt, fugtsalt og mættet saltvand.

Forsøgene viser klart, at tørsalt kun giver relativt lidt restsalt, fugtsalt giver middel restsalt, medens mættet saltvand giver relativt meget restsalt.

3.7 Saltforbrug.

Fyns amt har de seneste år brugt mellem 5.000 og 18.000 tons salt (NaCl) pr år til glatføre bekæmpelse. Det kan også skrives mellem 0,5 kg/m² og 2 kg/m² vejareal pr år. Ved en normal præventiv saltning med fugtsalt udbringes 7,6 g/m² ren salt. Mængderne er så store, at forbruget giver anledning til bekymring for grundvandet. Ligeledes har der været undersøgelser der viser en negativ effekt på beplantninger tæt på vejen.

3.8 Erstatning for salt(NaCl).

Brugen af salt (NaCl) er i Danmark dominerende i glatføre bekæmpelsen, da det er pris billigt og effektivt. Desuden er det en fordel, at NaCl af alle er velkendt, som køkken salt. Det opfattes dermed ikke som værende giftigt.

Disse fordele gør at erstatnings midler for NaCl har svært ved at slå igennem. Hvis en ændret sprednings form kan nedsætte forbruget, kan det dyrere CMA (calcium magnesium acetat) måske blive et realistisk alternativ.

4. MÆTTET SALTVANDS OPLØSNING.

4.1 Fordomme.

På trods af viden om at udspredning af mættet saltvand giver relativt meget restsalt på vejen, er brugen ikke slået igennem for alvor. Det skyldes nok en del fordomme

mod saltvand. Nogle af disse fordomme vil jeg gennemgå i det følgende.

4.1.1 “Frossen vand er is og dermed glat”.

På grund af det indlysende rigtige i overskriften er spredning af saltvand psykologisk set utiltalende.

“Det er jo netop frossen vand der giver problemer med glatføre”!

“Ved at tilføre vand, skal der endnu mere salt til at sikre en salt koncentration så vandet er flydende på trods af temperaturer under frysepunktet”!

En nærmere studium af fase diagrammet for saltvand viser dog, at den tilførte vandmængde er forsvindende i de normale saltnings situationer. Først når det er rigtigt koldt har det betydning og i disse tilfælde, er der også ved brug af fugtsalt, brug for ekstra undersøgelser, der kan vise hvordan glatføre undgås.

4.1.2 “Saltlage kan kun spredes jævnt med dyser på en bom, altså kun i kørespor eller ved at spærre for resten af trafikken”.

Det var også vore første erfaringer, men efterfølgende har vi fået konstrueret bagud rettede sidedyser, således at der spredes med bom i køre sporet og bagud rettede sidedyser i de spor, der ligger ved siden af og med fuld tilfredsstillende fordeling.

4.1.3 “Udsprede saltlage kan pludselig blive glat!”

Nej. Jeg er sikker på, at postulatet er et resultat af lagdeling. Postulatet må være fremkommet fra situationer, hvor der ved et uheld er spredt ferskvand. Hvis der ved et uheld er kommet noget ferskvand i tanken, vil der opstå en meget stabil lagdeling og på et tidspunkt vil det være ferskvand der udspredes! Denne meget stabile lagdeling omtales under salt blande anlæg og det skal altid sikres, at der ikke opstår lagdeling. Er lagdelingen først fjernet kan den ikke opstå igen uden ny tilførsel af vand eller salt.

4.2 Spredeteknik

Grund ideen har været at skabe en sprede form, der sikrer en ensartet spredning i 3 kørespor, i alt op til 10,5 meters bredde, uden at genere øvrig trafik. Det er opnået med en konstruktion, hvor spredning fra bom klarer de 3,5 meter spor som køretøjet bevæger sig i. Spredning på de to spor som ligger til hver side for køretøjet klares ved hjælp af bagud rettede sidedyser. For at undgå forstøvning af strålerne fra sidedyserne er de optimeret med hensyn til at udsende sammenhængende stråler, der giver store dråber. Desuden er de indstillet således, at vind hastigheden på langs ad køretøjet svarer til strålens bagud rettede hastighed. Derved opnås at vindens indflydelse på strålen minimeres. Kørsels hastigheden for udsprede er sat til 70 km/time da det er den maksimalt lovlige hastighed i Danmark for lastbiler. Af hensyn til usikkerheden med hensyn til den hastighed chaufføren reelt kører med, skal fremtidige spredere dimensioneres til også at sprede korrekt ved 80 km/time.

På de prototyper af saltvands spredere Fyns amt har brugt nu, har regulerings mulighederne været begrænsede. Der kan kun spredes 20 ml/m² og enten bruges alle side dyser til en side eller ingen. Det har til gengæld givet meget enkle og pris billige spredere. Hastigheden måles med radar og derud fra doseres. Det giver en pålidelig og nøjagtig dosering.

4.3 Blanding af saltlage

Saltvand er tungere end ferskvand. Derfor dannes en meget stabil lagdeling, hvis saltvand og ferskvand føres sammen uden styret blanding. Det samme gælder hvis der er tale om to portioner saltvand med forskellig koncentration.

4.3.1 Forsøg med lagdeling

For at undersøge stabiliteten i lagdelingen opbyggede vi et lille forsøgsanlæg. Anlægget består af en 6 liter beholder, hvori der er mulighed for at skabe cirkulation ved at pumpe vand ud og ind i beholderen. Pumpe kapaciteten er ca 0,1 liter pr minut, hvilket også kan skrives 6 liter pr time. Efter normal udregning er opholdstiden i beholderen 1 time.

I beholderen fyldes 3 liter mættet saltvand i bunden og herover 3 liter ferskvand. For visuelt at følge forsøget er saltvandet farvet blå.

Forsøgs data:

Forsøg den 22-8 99, 3 liter saltlage giver 8 cm, forsøget starter kl 13.10.

Kl	cm saltlage	
13.10	8,0	
14.05	8,5	
15,20	9,0	Gennemsnit 0,4 cm/time
16,20	9,4	
17,20	9,8	
20,50	11,3	
Herefter dosering fra oven (gennem ferskvand)		
20,53	11,3	
20,59	8,5	
21,03	7,8	Gennemsnit 0,4 cm/minut
21,07	5,0	
21,10	4,3	

I 8 timer pumpedes saltvand ud af bunden og blev igen i en fordeler slange ført ind i bunden for at give cirkulation. Det betød at skille fladen mellem ferskvand og saltvand flyttede sig 0,4 cm/time.

Herefter ændredes forsøget. Der pumpedes stadig ud fra bunden, men nu til førtes det udpumpede saltvand med en fordeler slange oven i ferskvandet. Herefter flyttede skille fladen sig med 0,4 cm/minut.

I forsøget går blandingen 60 gange hurtigere når det tunge saltvand doseres oven i det lette ferskvand. Selvfølgelig vil resultatet være det samme, hvis det lette ferskvand i stedet føres ind i bunden, under det tunge saltvand.

I et virkeligt anlæg er lagdelingen endnu mere stabil. Det skyldes, at rent praktisk har forsøgs pumpen været placeret i bunden i saltlagen. Pumpen har derved givet anledning til en del turbulens og har forøget blandingen i første del af forsøget væsentligt.

4.3.2 Praktisk opbygning af anlæg til saltvands blanding.

I praksis har Fyns Amt opbygget en 280 m³ beholder hvor der pumpes ud fra overfladen og i blandings fasen pumpes ind(recirkuleres) i bunden af beholderen. Recirkulationen fortsættes til overfladen har 20 % salt indhold. Derved undgås lagdeling måske ikke helt teoretisk set, men al saltvand der udspreddes har minimum

20 % salt indhold. I praksis har det vist sig at der ingen lagdeling bliver. Selve opløsningen af saltet, foretages direkte i beholderen. Der er i beholderen placeret en kraftig omrører(propel) som igangsættes når der skal opblandes salt, efter at der først er tilsat ferskvand. Saltes hældes derefter i umiddelbart foran propellen, som sørger for at det ikke straks bundfældes. I praksis fungerer systemet, selvom anlægget er meget simpelt. Fyns amt bruger vakuum salt til blandingen.

4.4 Vand til blanding

I Fyns Amts store blandings anlæg bruges grundvand. Det skyldes at anlægget ligger langt fra havet og at der ikke på stedet er mangel på vand.

Der har i pressen været stillet spørgsmålstegn ved om det kan være rigtigt at der anvendes "drikkevand" til dette formål. I vinteren 1999/2000 blev brugt under 10.000 m³ vand til salt opløsning, hvilket dækkede ca 20 % af saltnings behovet på hovedveje i Fyns amt.

På et mindre anlæg, på Ærø, bruger Fyns Amt havvand i stedet. Det giver også den fordel, at der på forhånd er op til 3% salt i vandet. Anlægget har nu fungeret i 2 år uden at der har været problemer.

Der overvejes også andre muligheder for at skaffe vand. Det kan være affalds produkt fra industrien, f.eks. Indeholdende CaCl, eller vand fra rensningsanlæg.

5. FORSØGET 1998 - 1999

5.1 Forsøgs strækninger

Forsøgene er gennemført på henholdsvis 2 sporede hovedveje med meget trafik og på 2 sporede veje med let trafik. Klimaet er typisk kystklima og vejene er overalt under kote 100 m. Vejene er typisk danske asfalt veje. Asfalt overfladen er på måle stedet valgt relativ tæt med max 8 mm sten størrelse af hensyn til måle metoden. Selve måle stederne er placeret i åbent land og placeringen valg så der er nogenlunde ensartethed mellem saltlage strækningen og reference strækningen med hensyn til geografisk retning og kyst nærhed, samt belægningens art og alder samt vedrørende trafikens omfang.

Saltlage: Vej 206 km 8 og 8,5, årsdøgntrafik 7200, E10 (ækvivalente 10 tons aksler) 575 pr døgn, reference vej 714.

Vej 602 km 54 og 54,5, årsdøgntrafik 1300, E10 50 pr døgn, reference vej 730.

Fugtsalt: Vej 714 km 8,8 og 9,3, årsdøgntrafik 5300, E10 250 pr døgn

Vej 730 km 3 og 3,5, årsdøgntrafik 1900, E10 110 pr døgn.

5.2 Udkald til saltning.

Under forsøget er saltningen gennemført efter sædvanlige retningslinier i Fyns Amt. I de fleste tilfælde er udkald sket for at salte præventivt på grund af udsigt til glat føre. Udkald til saltning sker centralt for hele Fyn og baseres på luft- og vej temperatur samt fugtigheds målinger fra måle stationer i vejene ud over Fyn. Disse målinger kombineres med modeller og vejrudsigt fra Dansk Meteorologisk institut. Præventiv saltning udføres normalt med 10 gram fugtsalt/m² (7,6 gram ren salt) og 20 ml saltvand /m² (4,6 gram ren salt).

5.3 Restsaltmåling.

Der måles restsalt i 6 punkter tværs over vejen. Måle punkterne er placeret $\frac{1}{2}$ m, $1\frac{1}{2}$ m og $2\frac{1}{2}$ m fra vejens center linie. Målingen gentages 500 m længere fremme på vejen. Der måles 2, 5 og 10 timer efter udspredding af fugtsalt / saltlage. Ved hver ny måling rykkes måle punktet 10 m for ikke at få forstyrrelser fra forrige måling. Restsalt målingen foretages med en saltstok (Sobo 20) som i hele tal angiver restsalt i g/m². Måleresultaterne føres i skema, som efterfølgende lagres i database.

6. FORSØGS RESULTATER

I alt målt restsalt på ca 1800 punkter i vinteren 1998-1999. Data fra disse målinger er på forskellig vis bearbejdet for at få viden om hvordan salt nedbrydes/fjernes afhængig af udspreddings metode.

6.1 Usikkerheder

Måle metoder medfører, at der er en stor spredning på enkelt resultater. Ses bare på aflæsnings nøjagtigheden er den \pm (plus/minus) $\frac{1}{2}$ på måle værdier, der hyppigt er under 5. Statistisk viser resultatet også når der ses på tværsnits midler, at spredningen er på 15 til 50%. Når der statistisk er set på tværsnits midler er det forudsat, at de to målinger med 500 meters afstand med hensyn til udspredding og nedbrydning er ens. Data fra situationer med præventiv saltning på grund af forventet rim har været underkastet en varians analyse med følgende resultat:
80 % korrelation og 1 gram/m² spredning på middelværdierne af hvert enkelt måle sæt. (Det tyder på god overensstemmelse).

Konklusionen med hensyn til usikkerheder er: **“at restsalt målingerne giver et brugbart billede af restsalt mængderne på kørebanen”**.

6.2 Tværfordeling af saltet på vejen.

På baggrund af de mange enkeltmålinger er der gennemført en samlet analyse af spredemetodernes fordeling af saltet. Det er gennemført meget simpelt ved at tage middelværdien af den målte restsalt mængde 2 timer efter udspredding af salt for alle måleresultater. Resultatet ses i diagram 1.

Det er tydeligt, at saltlage sprederen giver den mest ensartede fordeling på tværs af vejen. I praksis har det i Fyns amt betydet, at der sættes mere fokus på indstilling af fugtsalt sprederne, men det er desværre en kendt sag, at det er meget vanskelig at opnå en symmetrisk fordeling ved hjælp af spredetallerken.

Gennemsnit fordeling efter 2 timer

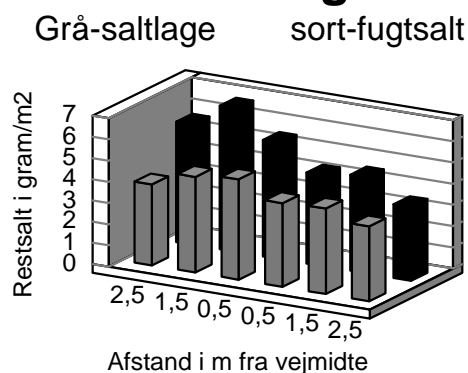


Diagram 1. Tværfordeling efter to timer. Det skal understreges, at der er udspreddt 7,6 gram salt/m² som fugtsalt og 4,6 gram salt/m² som saltlage.

Af gennemsnittet for restsalt efter 2 timer fremgår i øvrigt, for saltlage, at der er 89 % af den udspreddte mængde til rest, hvor der for fugtsalt kun er 66 % tilbage. Den nødvendige udspreddte mængde kan dermed ved brug af saltlage reduceres med 26% $((89-66)/89*100)\%$

6.3 Modeller.

De følgende modeller og diagrammer er baseret på middelværdien af de 12 saltstok målinger der er udført ved hvert måle sted. Data er samlet i målesæt, omfattende alle de målinger der hører til en enkelt udspreddning. For modellerne gælder at data omhandler målinger for saltning som forebyggelse af glatføre, altså ikke sne eller isslag.

6.3.1 Model for salt nedbrydning, primært som funktion af tid [2].

Modellen er gennemført af Henrik Spliid som en variations analyse, hvor vej, tid og en simpel trafikmodel (her skelnedes kun mellem svag trafik og kraftig trafik) indgår. Modellen giver en lille afhængighed trafikken, se tabel 1

Vej nr / metode	Relativ restsalt mængde					
	Svag trafik			Kraftig trafik		
	2 timer	5 timer	10 timer	2 timer	5 timer	10 timer
206 / saltlage	89	69	47	84	64	42
714 / fugtsalt	68	54	38	54	40	25

Tabel 1. Relativ restsalt mængde som funktion af tid og trafik. Kun observationer hvor der er saltet præventivt mod glatføre, altså ikke sne eller isslag.

Ud fra de benyttede data er et omtrentligt 95% konfidensinterval for forskellen på at benytte saltlage i stedet for fugtsalt beregnet til $0.17 \pm 2 \times 0.025$, dvs intervallet

0.12-0.22.

Den fundne effekt fra udspretnings metoden er således stærkt statistisk signifikant, og er dermed sikkert påvist.[2]

Resultatet er underbygget i en anden analyse på samme data udført af Thomas Glue, som påviste at der er over 99%-signifikans for, at forskellen mellem de to sprednings typer ikke er tilfældig, og at spredning med saltlage giver generelt det højeste relative salt niveau på vejene. [3]

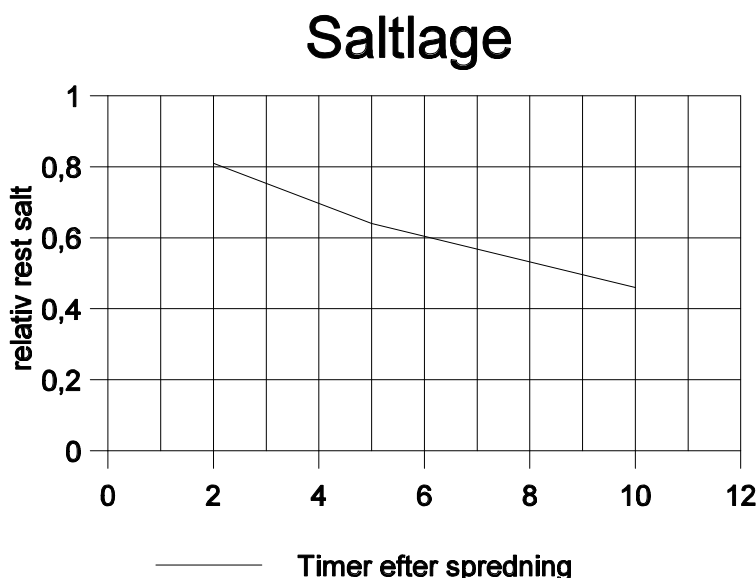
Det ses af tabellen, at fugtsalt tilsyneladende er mest påvirket af trafikken. Ved svag trafik er der relativt fjernet "21 %" fugtsalt mere efter 2 timer end der er fjernet saltlage. Ved kraftig trafik er der fjernet "30 %" mere. Hvis tallene tages direkte betyder det, at ved kraftig trafik kan der udspredes 36 % mindre salt som saltlage end som fugtsalt og samtidig kan opnås samme restsalt mængde efter 2 timer.

Tilsvarende ved 10 timer hvor forskellen er endnu større, nemlig 40 %. Udfra disse tal vil det være på den sikre side overfor fugtsalt at antage, at nedbrydningen af restsalt efter 2 timer er ens uanset spredning metode. Det passer også med den i praksis observerede situation, at efter to timer er fugtsalt opløst og optræder på vejen på samme måde som saltlage.

Variations analysen viser dog at tallene ikke er statistisk signifikante. Der vil senere blive gennemgået en anden model [4], hvor trafikken er medtaget efter døgn variation, som viser samme tendens, men på statistisk signifikant måde..

6.3.2 Nedbrydning af saltlagen på kørebanen[1].

Udføres der en lineær eller eksponentiel regressions analyse fås følgende kurver og ligninger:



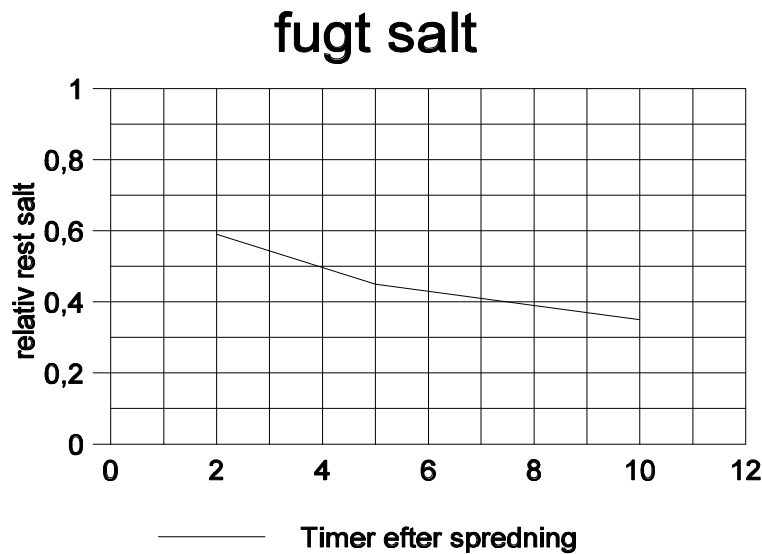
Figur 1 Regression

kurver for saltlage på vej 206.

Regressions kurven for vej 206 kan tilnærmes med følgende formel:

$$Y = 0,88 - 0,042 \times X$$

Dette resultat kan tolkes, som om at 85 - 90 % af den udsprede lage havner på kørebanen.



Figur 2 Regressions kurve for fugtsalt på vej 714

Regressions kurven for vej 714 kan tilnærmes med følgende formel:

$$Y = 0,63 - 0,030 \times X$$

Dette resultat kan tolkes, som om at 60-65 % af den udsprede fugtsalt havner på kørebanen.

6.3.3 Salt nedbrydning som funktion af trafik intensiteten.[4]

I dette afsnit beskrives resultatet af lineære regressionsanalyser på trafikintensitetens betydning for restsalt mængderne.

Analysen er udført på de enkelte veje hver for sig. Af tabel 2 fremgår det for vejene 206 og 714, at trafik intensiteten(TI) har en virkning på den relative restsalt mængde. Forklarings graderne er på hhv. 16.9 og 18.1%. Det gør TI til den bedst forklarende enkelt faktor. TI giver ingen forklaring af restsalt mængderne på vejene 602 og 730.

Denne forskel i forklaring af variation i restsalt mængden mellem tæt- og tyndt trafikerede veje kan tolkes på følgende måde:

Kun forholdsvis høje trafikintensiteter har en virkning på udvikling i restsalt mængde.

Effekten på de lavt trafikerede veje er lille sammenlignet med andre faktorer.

Vej	Variations beskrivelse [%]	Signifikans niveau (Pr>F)
206	160	<0,0001
602	8	57
714	181	<0,0001
730	2	75

Tabel 2. Beskrivelse af TI's variations forklaring af den relative restsalt mængde. Signifikans niveau for om TI har en virkning på den relative restsalt mængde.

For restsalt på vej 206 (saltlage) er fundet formlen:

$$\text{Restsalt i \%} = - 0,012\% \times \text{TI} + 88\%$$

For restsalt på vej 714 (fugtsalt) er fundet formlen:

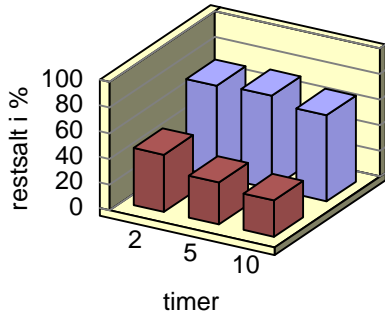
$$\text{Restsalt i \%} = - 0,011\% \times \text{TI} + 64\%$$

Der er tilsyneladende 88% af saltet fra saltlage, som fra starten lander på kørebanen og bindes så hårdt at trafikken skal slide det af, medens der kun er 64% af saltet fra fugt salt, der gør gavn på kørebanen.

7. DIAGRAMMER FRA ENKELT SITUATIONER.

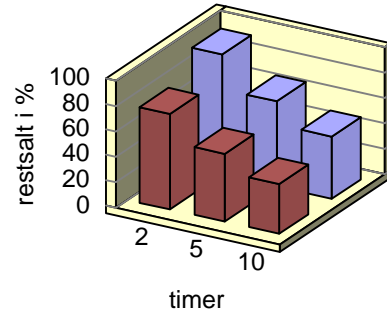
Rimfrost 21/11 kl 7

brun- fugtsalt, blå- saltlage



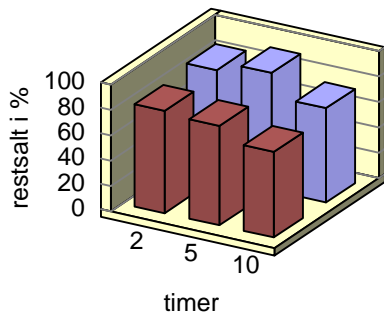
Rimfrost 24/11 kl 3

brun fugtsalt, blå- saltlage



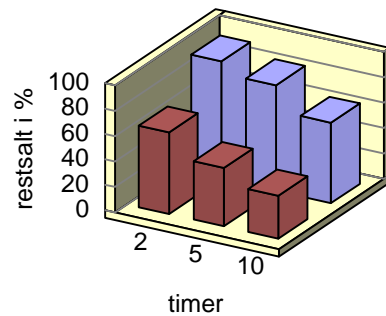
Lav temp. 30/11 kl 19

brun- fugtsalt, blå- saltlage



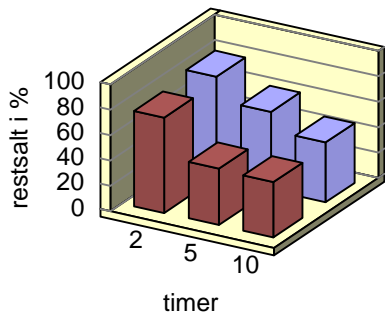
Rim 2/12 kl 3

brun fugtsalt, blå saltlage



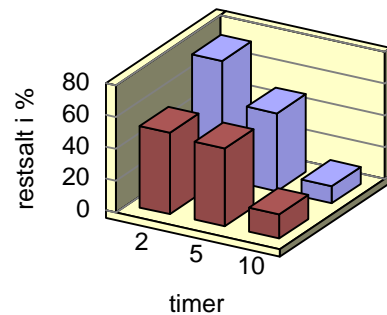
Rim 3/12 kl 4

brun- fugtsalt, blå- saltlage



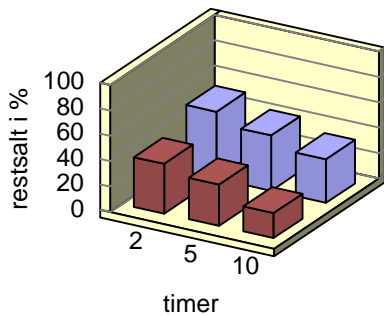
Lav vejtemp. 20/12 kl 3

brun- fugtsalt, blå- saltlage



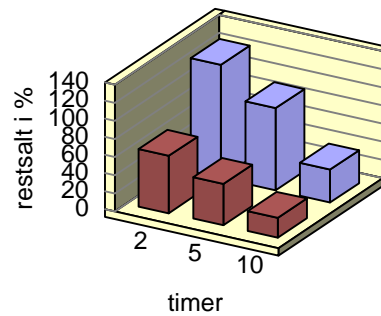
Lav vejtemp 20/12 kl 16

brun- fugtsalt, blå- saltlage



Rim 21/12 kl 4

brun- fugtsalt, blå- saltlage

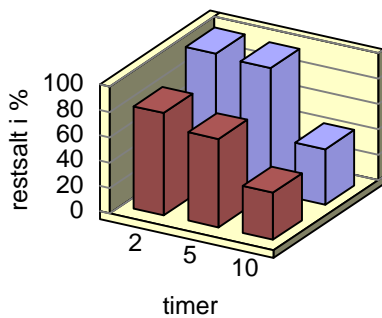


I den engelske oversættelse er 21/12 kl 4 forkert, idet y-aksen er sat til max 100 og derved bliver saltlage 2 timer også 100.

Kun observationer fra præventiv saltning mod glatføre er vist i disse diagrammer.

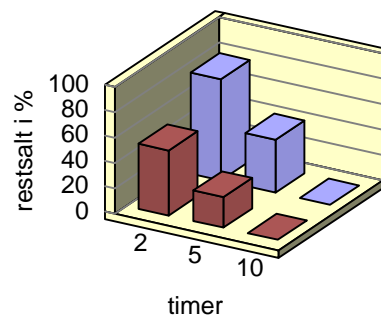
Sne 22/12 kl 9

brun- fugtsalt, blå- saltlage



Rim 29/12 kl 10

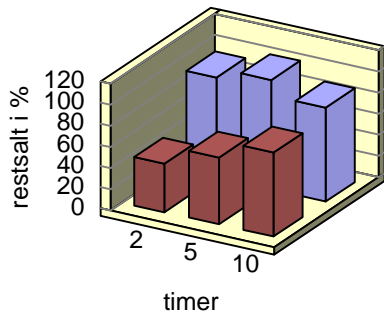
brun- fugtsalt, blå- saltlage



De næste eksempler er ikke med i den engelske oversættelse.

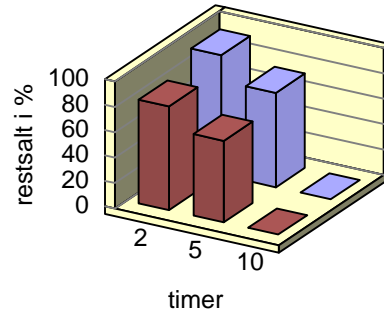
Rim 31/12 kl 20

brun- fugtsalt, blå- saltlage



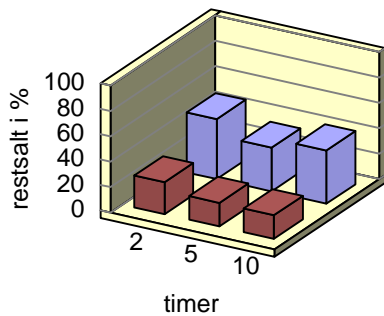
Pletvis glat 4/1 kl 4

brun- fugtsalt, blå- saltlage



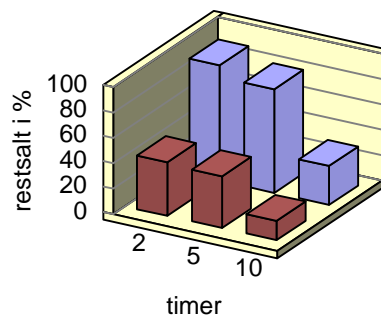
Lav. temp. 7/1 kl 14

brun- fugtsalt, blå- saltlage



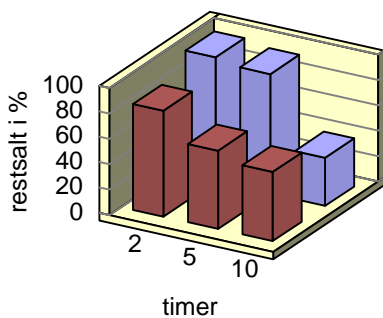
Sne 9/1 kl 5

brun- fugtsalt, blå- saltlage



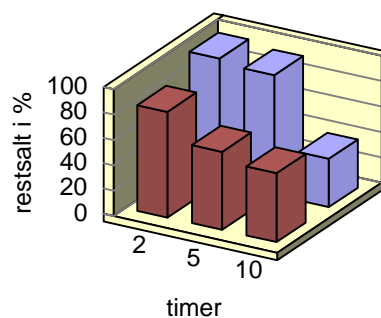
Snebyger 10/1 kl 18

brun- fugtsalt, blå- saltlage



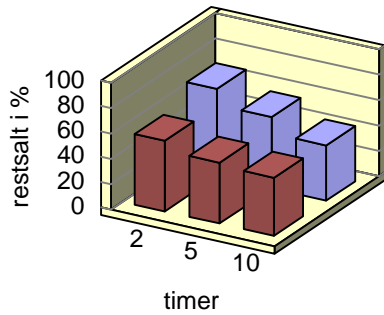
Snebyger 11/1 kl 4

brun- fugtsalt, blå- saltlage



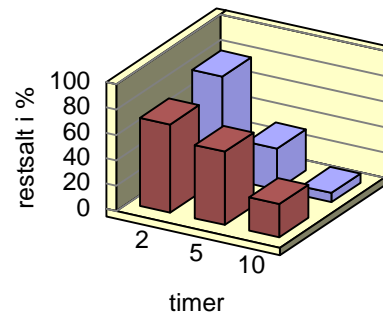
Lav temp. 17/1 kl 4

brun- fugtsalt, blå- saltlage



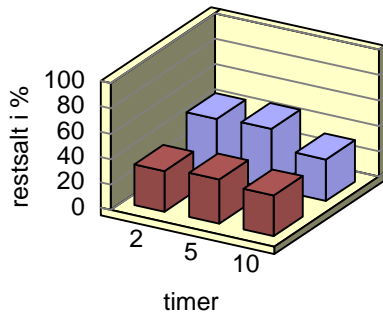
Pletvis glat 27/1 kl 20

brun- fugtsalt, blå- saltlage



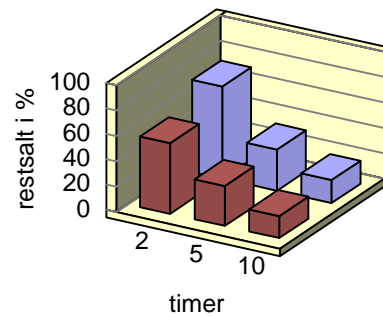
Pletvis glat 28/1 kl 18

brun- fugtsalt, blå- saltlage



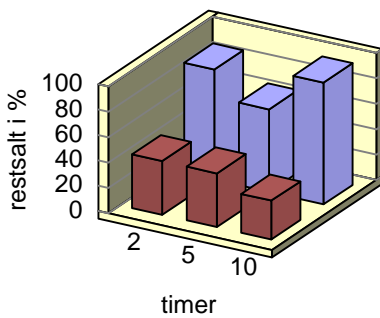
Faldende vejtemp. 27/1 kl 4

brun- fugtsalt, blå- saltlage



Rim 30/1 kl 5

brun- fugtsalt, blå- saltlage



8. EFTERSKRIFT.

Forhåbentligt kan disse forsøg bidrage til yderligere udvikling og yderligere nedsættelse af salt forbruget og samtidig fastholdelse eller hævnning af niveauet for fremkommelighed og sikkerhed. Til det brug vil jeg invitere alle til at komme med gode råd og bruge de forsøgs data, som alligevel er indsamlet. Evt henvendelse kan ske på e-mail til jkf@vej.fyns-amt.dk

Jens Kr Fønnesbech

9. REFERENCER:

- [1] Saltlage spredning på trafikveje. Fyns amt 1999/2000, J. Kr. Fønnesbech og Knud Bjørn Prahl.
- [2] Analyse af Saltdata, December 1999, Henrik Spliid, Danmark.
- [3] Indledende overvejelser over restsalt mængdernes afhængighed af de målte parametre. 1.marts 2000, Thomas Glue, Danmark.
- [4] Restsalt mængdernes afhængighed af trafikken, marts 2000, Thomas Glue, Danmark.

Det er planen, at de nævnte rapporter vil blive lagt på internettet (www.fyns-amt.dk), sammen med en Corel Quattro Pro 8 fil, som indeholder alle de rå data. Sidstnævnte lægges ud med det forfængelige håb, at andre kan benytte data til at lave endnu bedre modeller for nedbrydning af restsalt.