



Statens vegvesen

Salting av veger En kunnskapsoversikt

RAPPORT

Teknologiavdelingen

Nr. 2493



Salt SMART

Vegteknologiseksjonen
Dato: 2007-09-17



Statens vegvesen

Vegdirektoratet
Teknologiavdelingen

Postadr.: Postboks 8142 Dep
0033 Oslo
Telefon: (+47 915) 02030
www.vegvesen.no

TEKNOLOGIRAPPORT nr. 2493

Tittel

Salting av veger En kunnskapsoversikt

Utarbeidet av

SINTEF Teknologi og Samfunn
Transportsikkerhet og -informatikk

Dato:

2007-09-17

Saksbehandler

Åge Sivertsen

Prosjektnr:

601422

Kontrollert av

Kai Rune Lysbakken

Antall sider og vedlegg:

48/4

Sammendrag

Denne rapporten omhandler bruken av salt på vinterveger, det vil si kjemiske metoder for snø- og isfjerning og friksjonstiltak. Hensikten med rapporten har vært å samle mest mulig tilgjengelig kunnskap når det gjelder bruk av salt.

Rapporten er skrevet med tanke på en vid målgruppe: Det kan være for ansatte i Statens vegvesen på byggherresiden, saksbehandlere eller ledere med kontakt med publikum og media. På entreprenørsiden kan målgruppene være både kontraktsansvarlige, arbeidsledere eller sjåførere. Rapporten vil også kunne brukes av kommuner, media eller brukerinteresser samt at den kan være grunnlag for lærestoff ved tekniske undervisningsinstitusjoner.

I rapporten er det tatt for seg hva hensikten med bruk av salt er og hvilke mekanismer som utnyttes når det saltes på vinterveger. Aktuelle kjemikalier er beskrevet, men det er lagt størst vekt på natriumklorid siden det er dette kjemikaliet som helt klart dominerer bruken. Det er lagt vekt på å beskrive hvordan salting bør foregå med hensyn på valgt av metode/utstyr og utførelse. Sand blir også kort beskrevet da dette benyttes under de forhold der det ikke er aktuelt å benytte salt. Effekten av salt er beskrevet både med hensyn på trafiksikkerhet og miljøvirkninger.

Summary

This report show the use of salt on winter roads, in other words how chemical methods are used to remove snow and ice, as well as methods for friction control. The purpose of the report is to unite the knowledge available concerning the use of salt on winter roads.

The report is made with different target groups in mind. This includes employees at the Norwegian Public Roads Administration such as administrators of maintenance contracts, executive officers, or executives responsible for public relations. Among contractors this report can be useful for contract managers, supervisors and vehicle operators. The report will also come in hand for municipalities, media and others with interests of the subject. It may also be used as reference when making the syllabus at technical schools.

The report describes the purpose of using salt, and what kinds of mechanisms that are utilized when using salt on winter roads. All possible chemicals are described, though most of the effort is put into describing sodium chloride, which is the most common chemical in use. It has been important to show how the use of salt should be made in terms of methods, equipments and ways of conducting it. A brief description of the use of sand is also included as sand replaces salt under certain conditions. The effects of salt are also shown in the report when you take into consideration traffic safety and how it affects the environment.

Emneord:

vinterdrift, salting



SINTEF Teknologi og samfunn
Transportsikkerhet og -informatikk

Postadresse: 7465 Trondheim
Besøksadresse: S.P. Andersensv. 5
Telefon: 73 59 46 60
Telefaks: 73 59 46 56

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

SINTEF RAPPORT

TITTEL

Salting av veger

En kunnskapsoversikt

FORFATTER(E)

Torgeir Vaa og Kristian Sakshaug

OPPDRAGSGIVER(E)

Statens vegvesen, Teknologiavdelingen

RAPPORTNR. STF50 A1685	GRADERING Åpen	OPPDRAGSGIVERS REF. Åge Sivertsen	
GRADER. DENNE SIDE Åpen	ISBN 978-82-14-04219-1	PROSJEKTNR. 503396	ANTALL SIDER OG BILAG 47
ELEKTRONISK ARKIVKODE I:\pro\503396\Faktabok om salt og salting.doc	PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Torgeir Vaa <i>Torgeir Vaa</i>	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Terje Giæver <i>Terje Giæver</i>	
ARKIVKODE 503396	DATO 2007-06-25	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Ragnhild Wahl, forskningssjef <i>Ragnhild Wahl</i>	
SAMMENDRAG			
<p>Denne rapporten omhandler bruken av salt på vinterveger, det vil si kjemiske metoder for snø- og isfjerning og friksjonstiltak. Den tar for seg hva hensikten med bruk av salt er, hvordan det virker, de aktuelle kjemikalierne og omhandler også både positive og negative effekter av salt.</p> <p>Formålet med rapporten er å gi en oversikt over kunnskap knyttet til temaet salting av veger. Sanding av veger er også kort omtalt fordi sand vil benyttes under forhold der det ikke er aktuelt å bruke salt og motsatt. Det er derfor viktig å vite under hvilke forhold det er aktuelt å benytte det ene eller det andre.</p> <p>Rapporten er skrevet med tanke på en vid målgruppe: Det kan være for ansatte i Statens vegvesen på byggherresiden, saksbehandlere eller ledere med kontakt med publikum og media. På entreprenørsiden kan målgruppene være både kontraksansvarlige, arbeidsledere eller sjåfører. Rapporten håpes også å kunne brukes av kommuner, media eller brukerinteresser samt at den kan være grunnlag for lærestoff ved tekniske undervisningsinstitusjoner.</p>			
STIKKORD	NORSK	ENGELSK	
GRUPPE 1	Veg	Road	
GRUPPE 2	Vinterdrift	Winter Maintenance	
EGENVALGTE	Salting	Salting	
	Kunnskapsoversikt	Knowledge Base	

Forord

Formålet med denne rapporten er å gi en oversikt over kunnskap knyttet til temaet salting av veger. Sanding av veger er også kort omtalt fordi sand vil benyttes under forhold der det ikke er aktuelt å bruke salt og motsatt. Det er derfor viktig å vite under hvilke forhold det er aktuelt å benytte det ene eller det andre.

Rapporten er skrevet med tanke på en vid målgruppe: Det kan være for ansatte i Statens vegvesen på byggherresiden, saksbehandlere eller ledere med kontakt med publikum og media. På entreprenørsiden kan målgruppene være både kontraktsansvarlige, arbeidsledere eller sjåfører. Rapporten håpes også å kunne brukes av kommuner, media eller brukerinteresser. I tillegg håper vi at rapporten kan benyttes som lærestoff ved tekniske undervisningsinstitusjoner.

Rapporten er utarbeidet ved Statens vegvesen, Teknologivdelingen, Trondheim og SINTEF Teknologi og samfunn, Transportsikkerhet og –informatikk. Til støtte for arbeidet har det vært utnevnt en prosjektgruppe bestående av:

Roger Johansen, Statens vegvesen, Region Øst, Romerike distrikt
Øystein Larsen, Statens vegvesen, Vegdirektoratet
Kai Rune Lybakken, Statens vegvesen, Vegdirektoratet
Frode Myrvang, Kolo Vegdekke
Ole Peter Resen-Fellie, Statens vegvesen, Vegdirektoratet
Åge Sivertsen, Statens vegvesen, Vegdirektoratet
Roar Støtterud, Statens vegvesen, Vegdirektoratet
Anne Marit Øksenvåg Johansen, Statens vegvesen, Vegdirektoratet

Prosjektleder ved Statens vegvesen har vært Åge Sivertsen.

Prosjektmedarbeidere ved SINTEF har vært Torgeir Vaa og Kristian Sakshaug. Førstnevnte har vært SINTEFs prosjektleder.

Definisjoner/begrepsforklaringer

Antiklumpemiddel:	Tilsettes natriumklorid for å hindre klumpdannelse under transport og lagring. Det mest vanlige tilsetningsstoffet er ferrocyanid ($K_4[Fe(CN)_6]$), og normal dosering er 70-100 mg/kg).
Fastsand:	Varmbefuktet sand som fryser fast til underlaget (ved minusgrader). Gir betydelig større friksjonsøkning enn vanlig sand, og gir mer varig effekt.
Friksjon:	Friksjon er motstanden som oppstår mellom to overflater som glir mot hverandre.
Friksjonstiltak:	Benevningsløs størrelse, μ , som angir forholdet mellom friksjonskraften (bremsekraften) og tyngden. Vanligvis ligger den mellom 0 og 1. Jo høyere tallverdi jo høyere friksjon. Friksjonskoeffisienten er gitt ved formelen: $\mu = \frac{F}{N}$ (F er bremskraften, men N er tyngden)
Friksjonskontroll:	Tiltak på vinterveger med hensikt å opprettholde eller gjenskape god friksjon (bar veg) eller tiltak for bedre friksjonen på vegger der det er is eller snø.
Håndbok 111:	Standard for drift og vedlikehold av vegger
Inhibitor:	Tilsetningsstoff som setter ned korrosjonshastigheten på metall
Salt:	<p>Et salt er i tørr form en kjemisk forbindelse bestående av krystalliserte ioner. Salter dannes typisk i kjemiske reaksjoner mellom en base og en syre.</p> <p>Det vanlige bordsaltet/koksaltet, som i dagligtale omtales som salt, er natriumklorid, NaCl,</p> <p>Salt, NaCl, utvinnes hovedsakelig på to måter. Sjøsalt utvinnes ved at saltvann samles og las fordampe. Saltet blir liggende igjen og kan enkelt transporteres for lagring og bruk. Bergsalt utvinnes fra mineraler. Det finnes saltgruver flere steder i Europa.</p> <p>Hvis ikke annet er sagt, er ordet "salt" ensbetydende med natriumklorid</p>
Saltingsmetoder: (som er beskrevet i boka)	<p>Ulike metoder for å spre ut kjemikalier</p> <ul style="list-style-type: none">• Tørt salt: Strøes vanligvis ut med tallerkenspredere• Befuktet salt: Salt som befuktes med vann, varmtvann, saltløsning eller andre væskeblandinger. Strøes vanligvis ut med saltspredere med tallerkenspreder.• Slurry: Finknuste befuktede saltkorn. Saltet blir knust i en mikser før det befuktes og spres vanligvis ut med en tallerkenspreder.• Saltløsning: Blanding av salt og vann. Blandes opp mot en mettet løsning på ca. 23 vekt% salt. Ferdig løsning i tank på bil spres med tallerkenspreder eller ulike dysespredere.
Ulykkesfrekvens:	Antall ulykker per kjørte kilometer. Angis ofte som antall politirapporterte personskadeulykker per million kjøretøykilometer.
ÅDT:	Årsdøgntrafikk. Gjennomsnittlig antall kjøretøy pr. døgn samlet i begge kjøreretninger.

Innholdsfortegnelse

Definisjoner/begrepsforklaringer	2
Innholdsfortegnelse	3
1 Innledning	4
1.1 Generelle mål for drift og vedlikehold av veger	4
1.2 Virkemidler	4
1.3 Strategier for vinterdrift.....	4
1.4 Omfanget av salting i dag.....	5
2 Egenskaper ved kjemiske metoder.....	6
2.1 Hensikten med bruk av kjemiske metoder	6
2.1.1 Hindre dannelse av is/rim på vegbanen	6
2.1.2 Hindre at snøen kompakteres og fester seg til vegbanen	6
2.1.3 Smelte is- eller snødekke på vegbanen	6
2.1.4 Viktigheten av preventiv salting	6
2.2 Oversikt over kjemikalier.....	7
2.3 Spesielt om natriumklorid	8
3 Metoder og utførelse	10
3.1 Salting	11
3.1.1 Valg av metode, utstyr og mengder	11
3.1.2 Kalibrering av strøpparatene	14
3.1.3 Riktig tidspunkt for salting.....	15
3.1.4 Betydning av riktig brøyting før salting.....	15
3.1.5 Betydning av vegens oppbygging, dekketype og sideområder	15
3.1.6 Betydningen av et godt tilpasset driftsopplegg	16
3.1.7 Metoder for måling av saltkonsentrasjon og frysepunkt i saltløsninger	16
3.2 Kort om sanding	17
4 Beslutningsstøtte for rettidig og riktig strøing	19
5 Effekter av salting.....	22
5.1 Trafikksikkerhet	22
5.2 Framkommelighet	24
5.3 Miljøeffekter.....	26
5.4 Effekter på kjøretøy og vegutstyr.....	30
6 Litteratur	31
Vedlegg 1: Håndbok 111 ”Standard for drift og vedlikehold”, kapittel om ”Framkommelighet, trafikksikkerhet og regularitet om vinteren (Hovedprosess 9)”	34
Vedlegg 2: Oversikt over typer salt	38
Vedlegg 3: Veiledende salttabell.....	42
Vedlegg 4: Teoretisk gjennomgang av vannløst natriumklorid.....	44

1 Innledning

1.1 Generelle mål for drift og vedlikehold av veger

I instruksen for Statens vegvesen heter det blant annet at etaten ”skal arbeide for et sikkert, miljøriktig og effektivt transportsystem”.

En god vinterdrift er av stor betydning for å opprettholde god framkommelighet, regularitet og trafiksikkerhet.

Godt veggrep er den viktigste parameteren for å sikre god framkommelighet og sikkerhet om vinteren. Godt veggrep er viktig for at kjøretøyene har nødvendig evne til å bremse, styre og akselerere. De viktigste oppgaven i vinterdriften er således fjerning av snø og is og friksjonstiltak.

1.2 Virkemidler

Generelt kan man dele inn metoder som kan brukes for fjerning av snø og is og friksjonstiltak inn i tre kategorier:

- *Mekaniske metoder:*
Fjerning av snø og is skjer ved brøyting, fresing og høvling. Bruk av kosting og blåsefunksjon er også prøvd i Norge. For friksjonstiltak brukes sand.
- *Kjemiske metoder:*
Et kjemikalie, som oftest en eller annen type salt, brukes for å smelte eller bryte ned bindinger i snø og is. Kjemiske metoder brukes sjelden alene for å fjerne snø og is, men i kombinasjon med mekaniske metoder. Kjemiske metoder brukes som friksjonstiltak.
- *Termiske metoder:*
Metoden innebærer bruk av energi i form av varme for fjerning av snø og is og friksjonstiltak. Dette er noe som i norsk sammenheng ikke er brukt på veg, men kan i noe grad være brukt på gangarealer.

Denne rapporten omhandler bruken av salt på vinterveger, det vil si kjemiske metoder for snø- og isfjerning og friksjonstiltak. Den vil ta for seg hva hensikten med bruk av salt er, hvordan det virker, de aktuelle kjemikaliene og til slutt se på både positive og negative effekter av salt.

1.3 Strategier for vinterdrift

I henhold til Håndbok 111 ”Standard for drift og vedlikehold”¹, utføres vinterdrift av veger etter to ulike strategier:

1. *Strategi vinterveg:* Omfatter veger hvor det er akseptabelt med snø- og isdekke hele eller deler av vinteren.
2. *Strategi bar veg:* Omfatter veger som skal være snø- og isfrie hele vinteren. ”Bar veg” skal omfatte kjørebane mellom ytterkant av kantlinjene.

For å oppnå bar veg under vinterforhold brukes kjemiske metoder. En effektiv bruk av salt kan normalt ikke utføres ved lavere dekktemperaturer enn ca. -10°C da det kan oppstå fare for gjenfrysing ved uttynning av saltblandingen. Under slike forhold aksepteres drifting etter strategi vinterveg. For at salt skal virke effektivt er en avhengig av en viss trafikk for å knuse ned saltkorn og for å fordele det over vegbanen slik at det går over i en saltløsning. Veger med lavere ÅDT enn 1500 anses derfor ikke som egnet for bruk av salt.

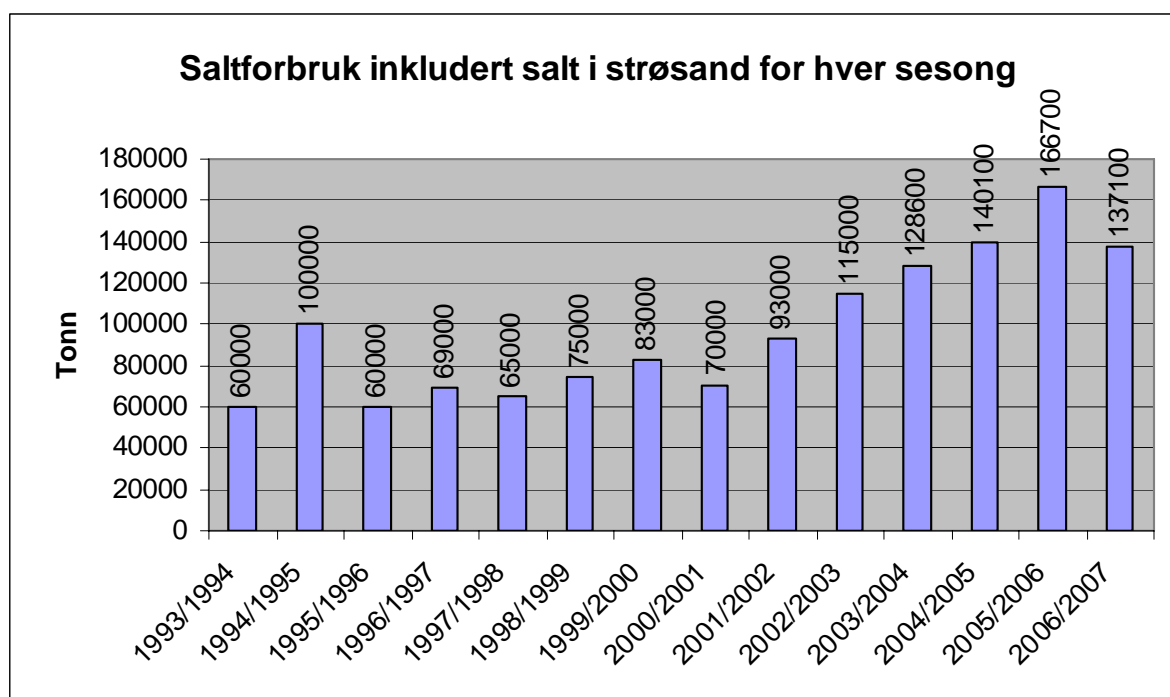
¹ Kapittelet om ”Framkommelighet, trafiksikkerhet og regularitet om vinteren (hovedprosess 9) er i sin helhet gjengitt i vedlegg 1.

Hvilke veger som skal driftes etter de ulike strategiene, avgjøres av Statens vegvesen. De viktigste kriteriene for valg av strategi bar veg er trafikkgrunnlaget, viktige transportruter for næringslivet og klimatiske forhold.

I Håndbok 111 er kravet at preventiv salting skal iverksettes hvis det forventes friksjon under 0,4. Ved salting etter snøfall er kravet at det skal være bar veg i løpet av 2-6 timer avhengig av trafikkgrunnlaget.

1.4 Omfanget av salting i dag

Salt har vært brukt i vinterdriften av vegnettet i Norge siden før 1970. Figuren under viser saltforbruket, inklusive salt i strøsand, på fylkes- og riksvegnettet i perioden 1993 – 2007.



Figur 1: Forbruket av salt fra sesongen 1993/1994 til 2006/2007.

I 2005/2006 ble 22 % av riksvegnettet driftet etter strategi bar veg, som tilsvarer ca 6000 kilometer veg. På dette vegnettet ble det brukt ca. 124 000 tonn salt. Samme vinter ble det brukt 435 000 tonn sand på riks- og fylkesvegnettet. Forbruket vil naturlig variere fra vinter til vinter ut fra vær- og føreforhold.

Årsaken til den sterke økningen i de senere år kan skyldes flere forhold. Andelen av veger som driftes etter strategi bar veg har økt noe i de senere årene etter hvert som funksjonskontraktene er blitt satt ut på anbud etter 2003. På veger med strategi vinterveg er det gitt mer åpning for bruk av salt som har medført en økning av forbruket. Det er også innført ulike varianter av mellomstrategier med bruk av salt som virkemiddel. En ser også en tendens i dagens kontraktsregime at for lav brøytekapasitet kompenseres med økt bruk av salt.

2 Egenskaper ved kjemiske metoder

2.1 Hensikten med bruk av kjemiske metoder

(Kilde: Larsen, Lysbakken, Nonstad og Sivertsen 2007)

Når en bruker kjemikalier på vinterveger er det tre viktige kjemiske *egenskaper* man utnytter:

1. *Senkning av frysepunktet til vann*
2. *Endring kornstrukturen og bindinger i snøen*
3. *Smelting av is*

Ut fra disse kjemiske egenskapene kan man si at et kjemikalie i vinterdriften brukes med tre *hensikter*. Disse hensiktene og hvordan de henger sammen med de kjemiske egenskapene blir forklart nedenfor:

2.1.1 Hindre dannelse av is/rim på vegbanen

Ved å tilsette salt til vann senkes frysepunktet til vannet. Hvor mye frysepunktet senkes avhenger av hva slags type salt som tilsettes og ikke minst mengden salt som tilsettes. Dette kan vises i et såkalt fasediagram. Fasediagrammet viser frysepunktet for en blanding av vann og salt som en funksjon av mengden salt. Et slikt fasediagram vises på side 8.

Ved å strø salt på vegen kan en altså hindre at det dannes is eller rim ved 0 °C. Hvis det er vann på vegen etter for eksempel regn eller smeltevann fra vegkanten og temperaturen er synkende tilføres saltet for å hindre tilfrysing på vegbane. Et annet eksempel er hvis det felles ut fukt på ei kald vegbane så vil det normalt kunne dannes rim på vegbanen. Ved å påføre salt før utfelling av fukt vil unngå man at denne fryser til is.

2.1.2 Hindre at snøen kompakteres og fester seg til vegbanen

Ved å tilføre salt i snø endres kornstrukturen til snøen. Snøkornene binder seg ikke til hverandre og snøen kan ikke kompakteres. Dette for å hindre at det dannes et snø- og senere isdekke på vegen og at snøen er lett og fjerne mekanisk med snøplog. Hensikten med å salte rett før og under snøvær er ikke å tilsette så mye salt at snøen smelter, men å tilsette tilstrekkelig salt til at snøen er lett å fjerne mekanisk.

2.1.3 Smelte is- eller snødekke på vegbanen

Ved å påføre salt på snø eller is vil denne smelte, det vil si gå over fra fast form til væskeform. Hvor mye is som kan smeltes avhenger av mengden salt som påføres, men også hva slags type salt som påføres og ikke minst hva temperaturen er.

Ved å påføre salt vil snø- eller isdekket delvis smelte og gå i oppløsning, og kan deretter lettere fjernes mekanisk. I utgangspunktet er dette en situasjon en ikke ønsker. Det er et mål å sette i gang tiltak tidsnok slik at det ikke oppstår snø- eller isdekke, og dermed glatt vegbane. I noen tilfeller vil det likevel være behov for å smelte gjenværende is på veger.

2.1.4 Viktigheten av preventiv salting

Det å salte for å hindre dannelse av is eller rim på vegbanen, samt det å salte i forkant av snøvær for å hindre snødekke på vegen, kalles *preventiv salting*. Å bruke salt preventivt er det ønskelige. Det er altså to årsaker til det. Første argument gjelder i forhold til trafikksikkerhet. Salting bør skje før vegbanen er blitt glatt, slik at en ikke får forhold som kommer overraskende på trafikantene. Punkt nummer to gjelder saltforbruk. Det er ønskelig å få størst mulig effekt på vegen ved å bruke minst mulig salt, og som før nevnt kreves det vesentlig mer salt for å smelte is enn for hindre dannelse av is. Salting for å smelte snø eller is er ikke preventiv salting.

2.2 Oversikt over kjemikalier

Kjemikalier som har de beskrevne egenskapene i forhold til frysepunktnedsettelse og smelting av is kan inndeles i følgende hoved- og undergrupper som vist nedenfor:

Kloridsalter

- Natriumklorid (NaCl).
(Hvis ikke annet er sagt, er ordet "salt" ensbetydende med natriumklorid)
- Magnesiumklorid ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$)
- Kalsiumklorid ($CaCl_2 \cdot 2H_2O$)

Organiske salter

- Eddiksyresalter
 - Kalsium-magnesiumacetat (forkortes CMA)
 - Kalsiumacetat
- Maursyresalter
 - Natriumformiat
 - Kalsiumformiat
- Urea

Natriumklorid (vanlig "koksalt"), står for over 99,5 % av bruken av kjemiske strømidler. Magnesiumkloridløsning anvendes også en del, både som befruktingsvæske ved utstrøing av befuktet salt og til støvdemping i tunneler og på veger og gater om vinteren. Mange av de øvrige stoffene anvendes i dag i første rekke på flyplasser. Noen av disse kan være interessante for utprøving på veg for å få fram alternativer som kan benyttes der det er ønskelig å redusere bruken av natriumklorid.

I funksjonskontraktene er det presisert at andre salter enn NaCl kan bare benyttes etter avtale med aktuelle vegmyndighet.

Det fins en rekke produkter på markedet innenfor de ulike salttypene som er listet opp ovenfor. I vedlegg 2 er vist bruksområder, fordeler og ulemper for ulike typer kjemiske strømidler.

Noen av produktene som er listet opp i vedlegg 2 er salter med tilsetningsstoffer som har frysepunktnedsettende og/eller korrosjonsdempende effekt (inhibitor). Caliber M1000 er et eksempel på et slikt produkt hvor hovedbestandelen er en magnesiumkloridløsning (30 % konsentrasjon) tilsatt maissirup i forholdet 9:1. Hovedvirkningen av å tilsette maissirup er en senking av frysepunktet, og andre sukkertyper og biprodukter fra sukkerproduksjon som melasse er dokumentert å ha en tilsvarende frysepunktnedsettende virkning også i kombinasjon med natriumklorid.

Det kommer stadig nye produkter slik at det kan være stoffer som ikke er kommet med i vedlegg 2. For praktisk anvendelse vil det uansett være slik at det er natriumklorid som vil være det dominerende saltet på norske veger.

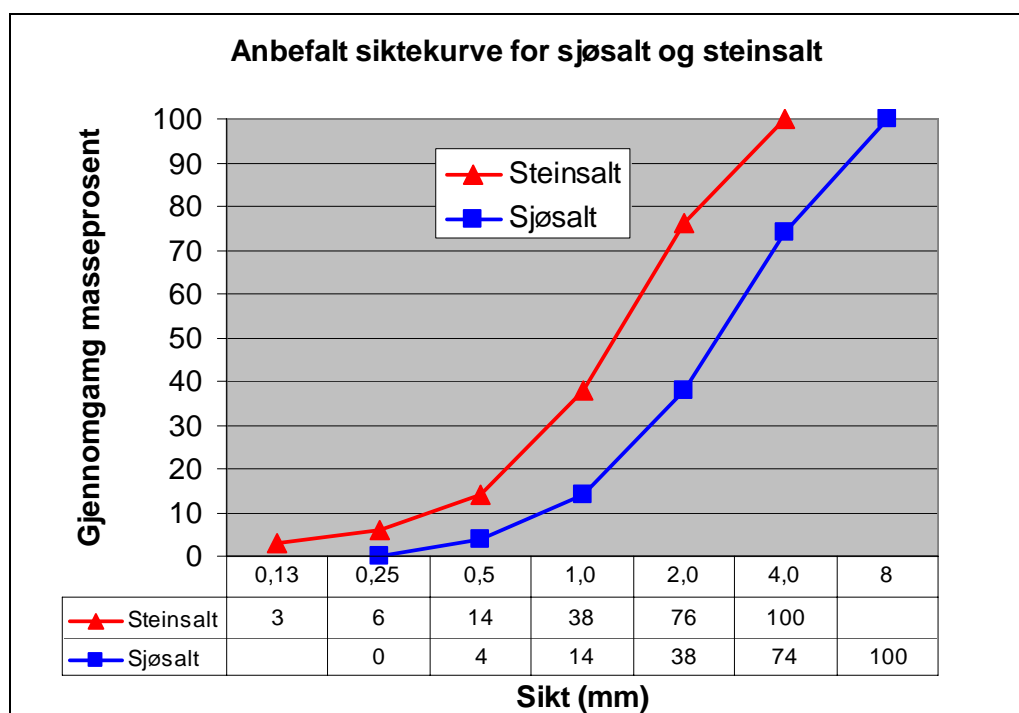
For å unngå at saltet blir forsteinet under transport og i lager, tilsettes en liten mengde (70-100 mg/kg) antiklumpemiddel i form av ferrocyanid ($Na_4[Fe(CN)_6]$). Det er gjennomført en omfattende analyse av eventuelle skadelige virkninger av antiklumpemiddel. Konklusjonen er at antiklumpemiddelet som benyttes ikke medfører noen helserisiko ved riktig bruk. Ferrocyanid spaltes imidlertid av UV-lys, så i noen tilfeller vil det kunne oppstå negative miljøvirkninger. Drikkevann som inneholder mer vegsalt enn tillatt/anbefalt i drikkevannsforskriften kan overskride grenseverdien for fritt cyanid dersom drikkevannet renses i et UV-basert renseanlegg.

2.3 Spesielt om natriumklorid

Grunnen til at natriumklorid benyttes i så stor grad, er både knyttet til egenskaper og pris: Natriumklorid har god virkning under de fleste forhold ned mot laveste brukstemperatur, og effektene ved bruk som preventivt tiltak og til fjerning av is er godt dokumenterte.

NaCl leveres både som sjøsalt, steinsalt og vakuumsalt. Vakuumsalt er det reneste produktet og lages ved å tørke under vakuum en løsning som framstilles ved å pumpe vann inn i steinsalt.

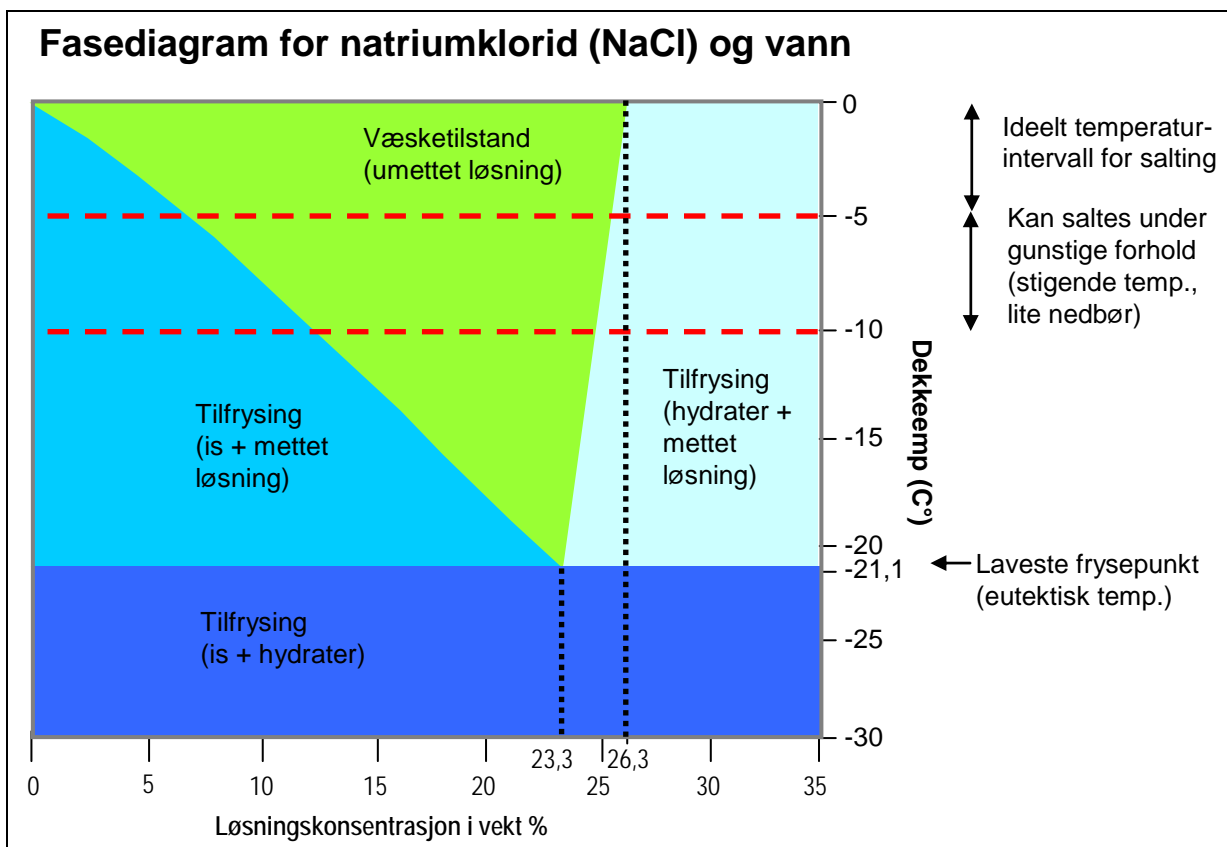
Fordelen med steinsalt framfor sjøsalt er at steinsaltet inneholder svært lite fuktighet (ca 0,5 %), mens vanninnholdet i sjøsalt kan være opp mot 3 %. Dette gjør at steinsalt kommer noe mer gunstig ut prismessig. For øvrig er de to salttypene ganske likeverdige. Sjøsalt knuses noe lettere ned enn steinsalt, men dette kompenseres av at steinsalt har en noe finere gradering, konferer anbefalt siktekurve på *Figur 2* nedenfor.



Figur 2: Anbefalt siktekurve for sjøsalt og steinsalt.

En løsning av NaCl og vann, vil ved ”optimal” konsentrasjon holde seg flytende ned til ca $-21,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, dvs. at frysepunktet settes ned $-21,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ved laveste frysepunkt er konsentrasjonen 23,3 vektprosent NaCl. Ved så lave temperaturer skal det imidlertid minimale vannmengder til før saltløsningen uttynnes så mye at den fryser. Dette kan heller ikke kompenseres på en sikker måte med å tilføre mer salt da en dermed risikerer å få en ”overmettet” saltløsning. Ved overmettet løsning dannes det hydrater. Hydrater er krystaller som består både av salt og vann. Forklaringen på dette er at en saltløsning vil oppføre seg forskjellig avhengig av temperatur og saltkonsentrasjon. I *Figur 3* er det vist fasediagrammet for NaCl og vann², som illustrerer hvilke faser blandingen opptrer i ved endret sammensetning.

² *Figur 3* viser bare et utsnitt av fasediagrammet innenfor de mest aktuelle områder av saltkonsentrasjon og temperatur. En mer fullstendig utgave av fasediagrammet er vist i vedlegg 4 som gir en teoretisk gjennomgang av vannopløst natriumklorid.



Figur 3: Fasediagram for natriumklorid og vann

Som et eksempel er det i fasediagrammet lagt inn en vannrett, stiplet linje på ca -5 °C som følges. Helt til venstre i diagrammet er det rent vann og mot høyre er det en økende saltkonsentrasjon. Til venstre vil alt vann være frosset til is (blått felt), men etter hvert som det tilsettes salt, vil noe av isen tinte og vi får en blanding av ren is og mettet saltløsning. Ved et saltinnhold på ca 8 vektprosent vil all isen være tint opp (grønt felt). Med et saltinnhold mellom ca 8 og 26 vektprosent, vil alt vannet være i en umettet saltoppløsning.

Hvis mettet saltløsning ligger på vegbanen, kan en få hydratdannelse dersom:

- noe av vannet fordamper
- temperaturen faller

Det er usikkert i hvor stort omfang en kan få dannet hydrater på en vegbane og hvor glatt vegbane dette kan gi. Det er i midlertidig slik at ved å tilføre for mye salt på vegbanen kan en få overmettet løsning og frysepunktet vil dermed øke.

Målet er å ligge i det området som er merket med "Væsketilstand". Jo lavere dekketemperaturen er, jo trangere er grensene for saltinnhold for å få et vellykket resultat. Ved dekketemperatur på -10 °C må saltinnholdet ligge mellom ca 14 og 25 vektprosent for å unngå glatt veg, tilsvarende må det ved -15 °C ligge mellom ca 19 og 24 vektprosent. Det er altså viktig også å følge med på at konsentrasjonen av salt i en løsning ikke blir for sterk.

Det ideelle temperaturintervall for salting er en vegbanetemperatur mellom 0 og -5 °C. Under gunstige forhold (stigende temperatur og lite nedbør) kan det saltes helt ned mot -10 °C.

3 Metoder og utførelse

Målsettingen er å oppnå ønsket resultat med hensyn på friksjons- og kjøreforhold med minst mulig uheldig påvirkning av miljøet, det vil si minst mulig forbruk av salt. Dette innebærer at det må legges vekt på:

- kalibrering av strøpparatene
- riktig innstilling av tallerken
- valg av riktig metode, utstyr og mengder
- valg av riktig tidspunkt i forhold til nedbør og trafikk
- riktig brøyting
- å ta hensyn til vegens oppbygging, dekketype og sideområder
- et godt tilpasset driftsopplegg

Salt (i første rekke natriumklorid) anvendes på veger som driftes etter *strategi bar veg*. I tillegg kan salt anvendes på veger med strategi vinterveg når det er tynn is eller rim på vegbanen og en dekketemperatur rundt 0 °C. Slike forhold finner vi særlig i overgangsperiodene høst/vinter og vinter/vår.

Enkelte typer salt kan også benyttes til støvdemping i tunneler og på gater i byområder om vinteren (for eksempel løsning med magnesiumklorid).

Sand anvendes på veger som driftes etter strategi vinterveg. I tillegg kan sand anvendes på veger med bar veg strategi når temperaturforholdene ikke tillater salting med NaCl.

3.1 Salting

3.1.1 Valg av metode, utstyr og mengder

Følgende metoder benyttes ved strøing med salt:

- Tørt salt
- Befuktet salt
- Slurry (befuktet salt som er knust og rørt ut til en grøtaktig masse)
- Saltløsning

Tabell 1 viser hvilke metoder som anbefales anvendt under ulike føreforhold.

Tabell 1: Oversikt over metoder (natriumklorid) som kan anvendes ved salting med natriumklorid under ulike vær- og føreforhold.

	Vær- og føreforhold	Metode
Preventiv salting før: <ul style="list-style-type: none">• rimfrost• underkjølt regn• regn på frossen vegbane• snøvær	Tørr og fuktig, bar veg	Befuktet salt
		Slurry
		Saltløsning
	Våt, bar veg	Tørt salt
		Befuktet salt
		Slurry
Salting på is eller snø	Rimfrost/tynn is	Befuktet salt
		Slurry
		Saltløsning
	Tykk is	Befuktet salt
Under snøvær ¹	Tørt salt	

¹ I utgangspunktet saltes det ikke under snøvær, men ved vedvarende nedbør kan det utføres salting i kombinasjon med brøyting for å hindre at snøen fryser fast til underlaget og danner uønsket snøsåle. Saltmengden må vurderes både ut fra temperatur og tid på døgnet.

Trafikkmengden har betydning for effekten av saltet. Saltkornene må knuses ned for å kunne løses opp og få effekt raskt, samtidig som trafikken bidrar til å fordele saltet over hele kjørebane. I tillegg er en avhengig av trafikk for at vegen skal tørke opp. Ut fra dette anbefales ikke at veger med ÅDT mindre enn 1500 saltes. Unntak kan gjøres i overgangsperiodene høst/vinter og vinter/vår.

I det følgende er de ulike saltingsmetodene kommentert nærmere.

Strøing med tørt salt

Ved *tørr vegoverflate*, er problemet med denne metoden at saltet ikke blir liggende i ro på vegen. Trafikken vil fjerne det meste i løpet av kort tid og før det gir noen virkning (dvs før saltkornene er knust av trafikken). Tiden er avhengig av farten og trafikkmengden. Tester som er gjennomført viser at når 5 kjøretøyer har passert med en fart på 65 km/t, finnes bare 30 % igjen av den utsprede mengde salt på vegen. Etter at 100 kjøretøyer har passert er det bare 15 % av saltmengden igjen på vegen. Dette har medført at nye metoder har blitt utviklet for å få bedre nytte av saltet.

Tørt salt gir god effekt når det brukes i forbindelse med nedbør.

Strøing med befuktet salt

Befuktet salt er saltkorn som er befuktet med væske under utspredning. Hensikten er i første rekke å bedre vedheften mellom saltkornene og vegdekket. I tillegg bidrar befuktningen også til at saltet virker raskere. Dette fordi det er saltløsningen, og ikke tørrsaltet, som smelter isen/snøen. Ved å befukte saltet med vann vil det dannes en saltløsning som starter smelteprosessen med en gang når den kommer i kontakt med snøen eller isen.

Befuktet salt kleber seg bedre til vegbanen enn tørt salt og har raskere virkning. Dette betyr at befuktet salt kan strøs ut i langt mindre mengder enn tørt salt, og likevel gi et bedre resultat. En annen fordel er at man kan strø ut befuktet salt i forebyggende hensikt og få god effekt. Til befuktning har det til nå vært mest vanlig å benytte 20-22 % saltløsning basert på natriumklorid. Det er også gjort forsøk med bruk av magnesiumkloridløsning som befuktingsvæske i Oslo og på Gjøvik/Toten. Rent vann kan også benyttes til befuktning, men da fortrinnsvis kokende vann, se *Figur 4*. Erfaringer tyder på at en skal være forsiktig med kaldt vann som befuktingsvæske. Særlig gjelder dette dersom vegbanen er nedkjølt (kaldere enn -5°C).



Figur 4: Befuktet salt med kokende vann som befuktingsvæske

Strøing med slurry

Slurry er befuktet salt som er knust og rørt ut til en grøtaktig masse. Hensikten er å oppnå god vedheft til vegdekket og rask effekt. Dette er en god metode for preventiv salting. I tillegg gir den god kontroll med strøbildet med liten andel som faller utenfor vegbanen.

Det kreves eget utstyr for å spre slurry.

Strøing med saltløsning

Bruk av saltløsning direkte på vegen gir flere fordeler i forhold til de andre metodene. Hensikten er å oppnå god vedheft til vegdekket og rask effekt med et minimalt saltforbruk. Dette er særlig effektivt som preventivt tiltak. Saltløsning er også godt egnet som smeltemiddel på rim og tynne ishinner.

Ved bruk av saltløsning blir en stor del av saltet liggende på vegbanen som aktiv forebyggende væske, selv om det kan forekomme sprut og avrenning. Dette medfører at forbruket av salt kan reduseres kraftig. I forhold til tørt salt kreves bare $\frac{1}{4}$ av saltmengden for å få samme effekten.

En annen stor fordel med saltløsningen er at den gir momentan virkning fordi den ikke behøver trafikkbearbeiding. Siden det brukes mindre mengde salt, vil opptørkingen av vegbanen gå mye raskere enn ved andre saltingsmetoder.

På snø- og issåle er saltløsning ikke egnet. Dette fordi saltløsningen ikke i samme grad er i stand til å trenge ned i (penetrere) sålen, og fordi saltløsningen vil bli tynnet ut.

Metoden krever at man har blandeutstyr for saltløsning og dertil egnet utstyr for utspreddning.

Type strøapparater

Tabell 2 nedenfor viser hvilke typer strøapparat som kan anvendes ved de ulike saltingsmetoder

Tabell 2: Type strøapparat som kan anvendes for ulike former for salt

Strømateriale	Type strøapparat
Tørt salt	Ren tørrsaltspreder Saltspreder med befuktningsutstyr Kombispreder
Befuktet salt	Saltspreder med befuktningsutstyr Kombispreder
Slurry	Spreder med slurrykvern (montert på Saltspreder med befuktningsutstyr eller kombispreder)
Saltløsning	Ren saltløsningsspreder Kombispreder

Ved bruk av tørt salt bør utspreddningsfarten ikke være høyere enn 30 km/t. Farten under strøing med befuktet salt skal normalt ikke være over 40 km/t, mens den ved bruk av saltløsning kan økes til 55 km/t.

Saltmengder

Det skal saltes med så små saltmengder som mulig. Årsakene til dette er flere:

- Jo mindre saltmengder som brukes jo raskere vil vegdekket tørke opp. Dette fører til mindre andel av vinteren med fuktig veg og dermed mindre sporslitasje og ulemper for trafikantene. Det gir også mindre tilsmussing av kjøretøy og omgivelser.
- Mindre mengder salt fører til mindre ulemper for miljøet
- Mindre mengder salt reduserer kostnadene til strøing

Når det gjelder anbefalte saltmengder på ulike typer føre og med ulike saltingsmetoder henvises til vedlegg 3.

Som det framgår av tabellen i vedlegg 3, må saltmengden økes med synkende temperatur for å ha tilstrekkelig effekt. Samtidig blir toleransene for å legge ut riktige mengder stadig mindre, slik det går fram av fasediagrammet (se side 9). For små saltmengder kan føre til gjenfrysing og for store mengder fører til at det dannes hydrater som gir glatt veg. Dette er bakgrunnen for at det normalt ikke skal saltes ved dekketemperaturer lavere enn $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

På grunn av den raskere og bedre effekten når trafikkbelastningen er stor, trengs det mindre salt på høytrafikkerte enn på lavtrafikkerte veger for å oppnå et godt resultat.

Temperaturutviklingen har betydning for hvorvidt det er forsvarlig å salte. Synkende temperatur når saltingen gjennomføres er ugunstig selv om temperaturen er høyere enn $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hvis det forventes temperaturer under dette, bør det utvises forsiktighet med saltingen. Etter langvarige kuldeperioder er det magasinert store kuldemengder i vegkroppen. Selv om lufttemperaturen stiger opp mot 0 grader kan vegoverflaten fortsatt være kald, og effekten av saltet kan være dårlig.

3.1.2 Kalibrering av strøpparatene

For å sikre riktig dosering er det viktig at strøpparatene kalibreres slik at de gir en mengde som er i samsvar med det apparatet er innstilt på. Kalibreringsrutinen vil som oftest være angitt i instruksjonsboka. *Figur 5* viser oppsamling av tørt salt som ledd i kalibrering av sprederen.



Figur 5: Oppsamling av tørt salt som ledd i kalibreringen

Kalibrering bør foretas anslagsvis en gang i måneden i bruksperioden, ved ny forsyning av salt og ved skifte av salttype.

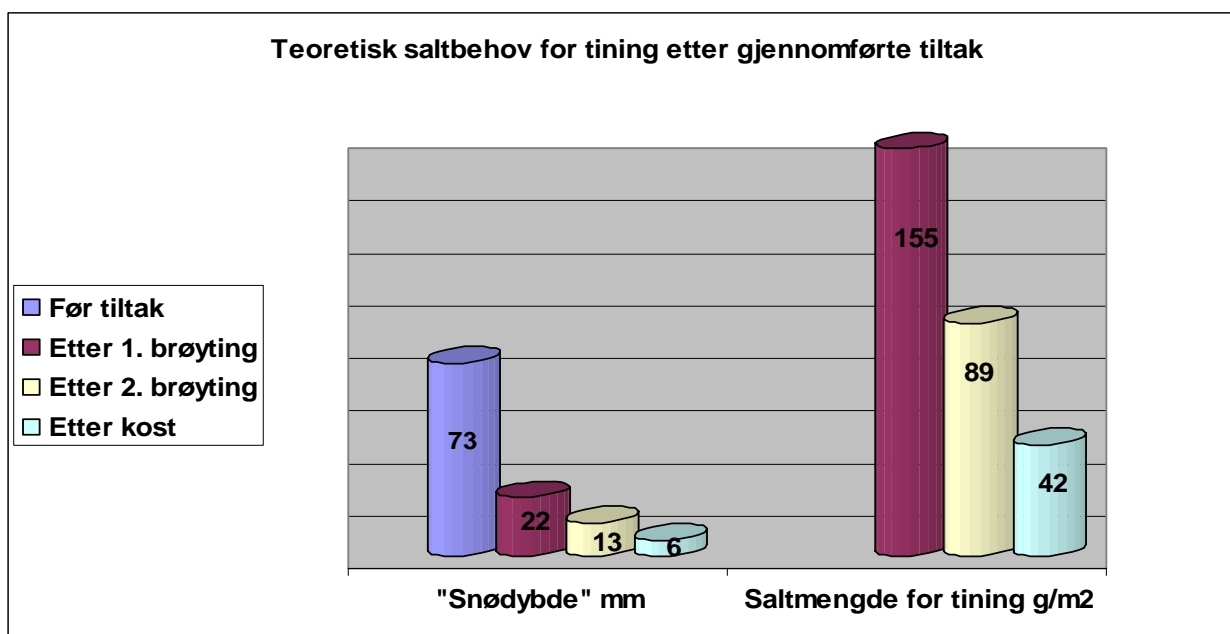
3.1.3 Riktig tidspunkt for salting

Rettidig innsats når det gjelder strøing er av avgjørende betydning for å oppnå et tilfredsstillende resultat av saltingen. Særlig gjelder dette i forhold til preventiv salting slik at en helt unngår glatte veger.

Ved salting med befuktet salt går både nedknusning av salt og opptøring av vegbanen raskere jo større trafikken er i perioden etter saltingen er utført. Det betyr at salting før rushtrafikken har en mye bedre virkning enn ved salting om natta når trafikken er liten.

3.1.4 Betydning av riktig brøyting før salting

Snø og slaps skal fjernes *før* det saltes. Det finnes utstyr som fjerner snø og slaps effektivt, også fra sporete veier. Flere plogtyper er konstruert slik at de kan følge vegoverflaten bedre enn tidligere. *Jo mindre snø eller slaps som er igjen på vegbanen, jo mindre saltmengde trengs.* For å illustrere dette er det tatt utgangspunkt i et forsøk hvor gjenværende snødybde ble målt etter 1. og 2. gangs brøyting³ og til slutt etter kosting. På bakgrunn av disse dataene er det beregnet hvor mye salt som teoretisk sett behøves for å smelte snøen ved en temperatur på -2°C . Resultatet er vist på Figur 6 nedenfor.



Figur 6: Teoretisk saltbehov for tining av snø etter gjennomførte tiltak (Raufoss 2006)

Salting før snøvær (preventiv salting) vil hindre at snøen fryser fast til underlaget, og det blir lettere å brøyte effektivt. Ved vedvarende snøvær kan det også bli aktuelt å salte under snøværet for å hindre fastfrysing. (For øvrig skal det som en hovedregel ikke saltes under snøvær.) Saltmengden må vurderes både ut fra temperatur og tid på døgnet.

3.1.5 Betydning av vegens oppbygging, dekketype og sideområder

Selve vegkonstruksjonen har betydning for hvordan saltet virker. Dette har blant annet sammenheng med varmestrømmen fra undergrunnen og opp i vegkroppen. Derfor kan det med synkende temperatur danne seg is på en bru- eller kulvertkonstruksjon selv om den tilstøtende vegen er bar. Dette skyldes at et brudekket raskt får samme temperatur som lufta, mens en vegkonstruksjon ikke kjøles ned like fort. Vegkonstruksjonen magasinerer mye varme og den får

³ Fra plogforsøk på Raufoss 2006. Plog med lameller og gummiskjær ble benyttet. Gjennomsnittlig spordybde ble målt til 25 mm.

tilført varme fra nedenfra.

Samme effekt som på bruer kan en få på en vegkonstruksjon som er isolert mot telehiv eller er oppbygd av lette fyllmaterialer. Slik isolasjon stopper varmestrømmen fra undergrunnen og toppdekket kjøles følgelig raskere ned enn på tradisjonelt oppbygde veger. En lignende effekt kan en også få på strekninger hvor det er lagt porøse asfaltdekker. På strekninger med konstruksjoner som avviker fra en tradisjonelt oppbygd veg, er det spesielt viktig å følge med på vegbanetemperaturen og ta hensyn til dette ved valg av strømetode og saltmengder.

Erfaringer tyder på at en må bruke mer salt på betongdekker enn på asfaltdekker for å få samme effekt. En har også indikasjoner på at ulike typer asfaltdekker krever ulik saltmengde for å unngå ising under ellers like forhold.

3.1.6 Betydningen av et godt tilpasset driftsopplegg

I forhold til driftsopplegget vil rodelengden ha avgjørende betydning, og dessuten er det viktig at rodene er satt opp med tilstrekkelig og riktig maskinutstyr for å kunne drifte vegen i henhold til kontraktsbestemmelsene. Rodelengden bør normalt ikke være over 25-30 km slik at brøyte- og strøbilen kan rekke over roden innen 1 time. Korte rodelengder er viktig for å kunne holde en høy brøytefrekvens ved større nedbørsintensitet, og vil også sikre kort overfartsstid både ved preventive tiltak og for å fjerne rim og ishinner. Ved preventive tiltak er dette viktig fordi en da kan foreta saltingen så nært som mulig opp til starten på vær-situasjonen som tiltaket skal virke på.

3.1.7 Metoder for måling av saltkonsentrasjon og frysepunkt i saltløsninger

Den vanlige måten å måle saltkonsentrasjon på ved produksjon av saltløsning er å benytte et aerometer. Innblanding av salt i vann øker tettheten, og en spesifikk tetthet har en tilhørende konsentrasjon som leses av på skalaen på aerometeret som plasseres i væskeløsningen. Et alternativ til aerometer er å benytte et refraktometer, se *Figur 7*.



Figur 7: Refraktometer

På vegen er det flere måter å måle saltmengden på. En mulighet er å benytte refraktometer gjennom å ta opp en dråpe fra en fuktig/våt vegbane. Andre muligheter er å bruke instrumenter som måler den elektriske motstanden som funksjon av saltløsningens konsentrasjon. Det fins både stasjonære instrumenter i form av vegbanesensorer (frysepunkt) eller mobilt utstyr som SOBO 20 (gram salt/m²), se *Figur 8*.



Figur 8: SOBO 20 i bruk for måling av restsalt

3.2 Kort om sanding

Ved ”strategi vinterveg” er sand det dominerende strømaterialiet. Det er også aktuelt å benytte på veger med strategi bar veg under forhold da salting ikke er tilrådelig (for eksempel ved for lave temperaturer).

For strøing med sand kan det benyttes følgende metoder og materialer:

- Fastsandmetode
- Strøing med tørr sand
- Strøing med saltblandet sand

Grusmaterialene som benyttes for strøing med sand kan enten være produsert av siktet naturgrus eller knuste masser av enten naturgrus eller knust fjell. Det er dokumentert at en fraksjon på 0-4 mm i de fleste tilfeller gir like god effekt på vegen som andre gruskvaliteter med større tilslag av grovere fraksjoner, samtidig som innhold av store steinstørrelser medfører skade på bilparken på grunn av steinsprut.

Fastsand

Fastsandmetoden er basert på at varmt vann tilsettes sanden ved utstrøing. Metoden anvendes fortrinnsvis ved *dekketemperaturer under 0 °C*, og vil i de fleste tilfeller gi et vesentlig bedre resultat enn ved strøing med tørr eller saltblandet sand. Selv om det beste resultatet oppnås på et hardt snø- eller isdekke, kan metoden med fordel også brukes på tynne ishinner. Fastsandmetoden gir en varighet som er 20-50 ganger lengre enn det som oppnås med tørr eller saltblandet sand. Selv på veger med ÅDT opp mot 1500 biler per døgn og stor tungtrafikkandel kan et tiltak med fastsand vare opp til 4-5 døgn. Metoden er også testet på veger med ÅDT opp mot 10.000 med godt resultat, men da må tiltaket selvsagt gjentas oftere enn ved lavere trafikkmengder.

Etter strøing med fastsand øker friksjonskoeffisienten normalt med 0,20-0,30. I praksis betyr dette at en kan oppnå en friksjonskoeffisient på 0,4-0,5 på et snø-/isdekke som i utgangspunktet har en

friksjonskoeffisient på 0,20. Friksjonstilskuddet kan være 2-3 ganger bedre enn med tørr eller saltblandet sand.



Figur 9: Friksjonsmåling etter strøing med Fastsand

Tørr sand og saltblandet sand

Strøing med tørr og saltblandet sand vil som en tommelfingerregel øke friksjonskoeffisienten med ca. 0,1. På et snø-/isdekke med friksjon på 0,20 vil strøing med tørr eller saltblandet sand medføre at friksjonskoeffisienten blir ca 0,30. Dette er en forbedring som kan være helt avgjørende i visse situasjoner, men effekten vil ofte være kortvarig. Undersøkelser viser nemlig at det meste av sanden blir borte allerede etter at ca 50 personbiler har kjørt på den nystrødde strekningen. Dette betyr at strøtiltaket får svært begrenset virketid med mindre det er svært lite trafikk på strekningen. Med andre ord blir det nesten like glatt i hjulsporene som før tiltaket etter bare kort tid. Dog vil den sanden som forsvinner fra hjulsporene samle seg på vegskulderen og i midten på vegen. Og ved å styre bilen slik at hjulene får grep på disse områdene vil sanden fortsatt kunne være til hjelp.

Både tørr og saltblandet sand vil kunne benyttes på våt is.

Ved bruk av saltblandet sand er det et krav at saltinnblandingen skal begrenses til et minimum slik at man hindrer frysing på lager. Vanlig salttilsetning vil ut fra de forutsetningene være 1 kg/m³ pr kuldegrad. Øker man saltmengden i strøsandens videre utover dette, kan man få et saltforbruk som nærmer seg en ordinær saltpraksis. Dette vil føre til at isen og snøen begynner å smelte, noe som igjen medfører at vegene blir sporete og ujevne.

Saltblandet sand vil ha omtrent den samme effekten som tørr sand, både med hensyn på friksjonsforbedring og varighet.

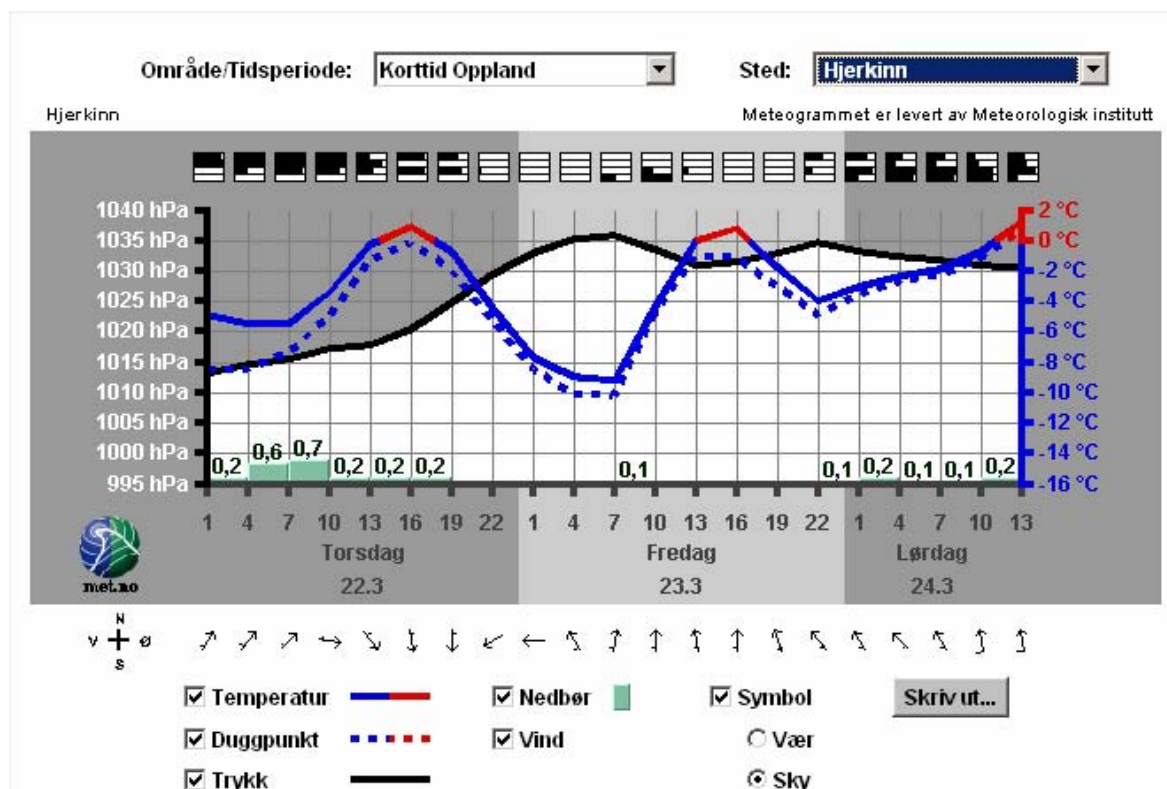
4 Beslutningsstøtte for rettidig og riktig strøing

Særlig i forhold til preventiv salting er det viktig å være ut i rett tid, slik at glatt vegbane helt kan unngås. Detaljerte værvarsler, og opplysninger om eksisterende føre- og temperaturforhold er her av avgjørende betydning. Følgende informasjonskilder er tilgjengelige:

- Prognoser
 - Metogrammer fra Det norske meteorologiske institutt (DNMI)
- Overvåking av status
 - Data fra værradar (opereres av DNMI)
 - Data fra vegvesenets egne klima/trafikkdatastasjoner
- Manuelle observasjoner
 - Opplysninger fra førere av strøbiler, brøytebiler etc
 - Opplysninger fra trafikantene som er ringt inn til Vegtrafikkentralen

I tillegg til det som er nevnt ovenfor vil lokalkunnskap og erfaring være viktig.

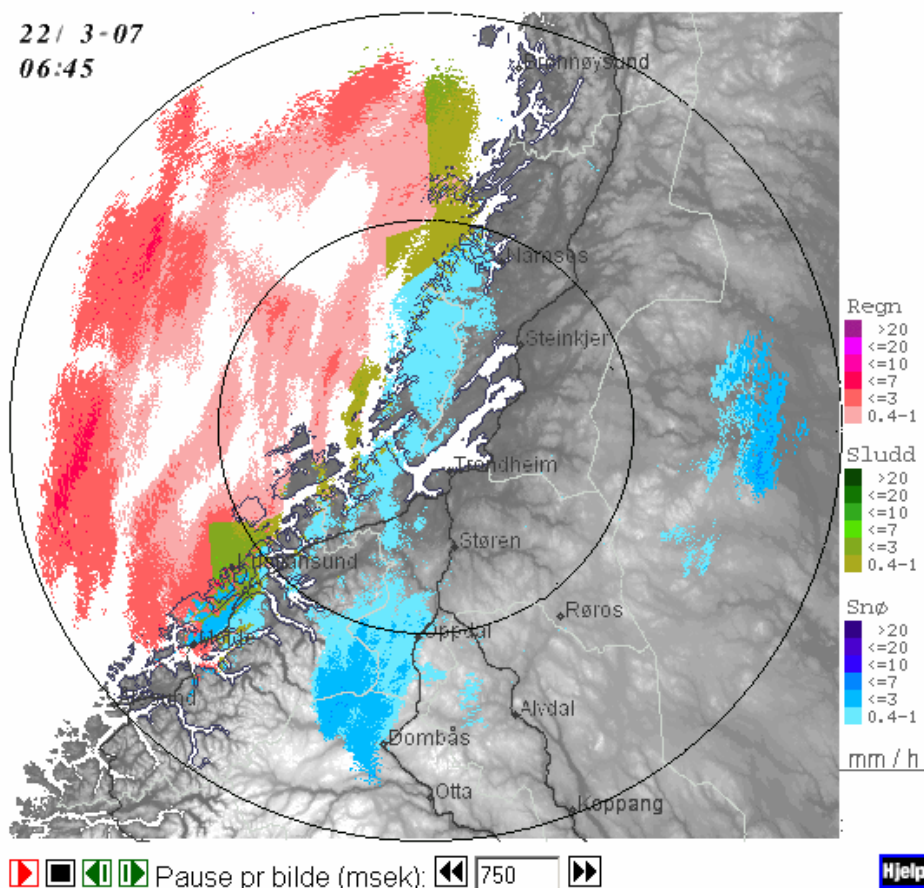
Vegvesenet abonnerer på såkalte *metogrammer* fra Det norske meteorologiske institutt. Disse tas ut daglig mange steder i landet og viser døgn- og flerdøgnsvarsel når det gjelder nedbør, temperatur, lufttrykk og skydekke. Metogrammene gjør at en lokalt kan se forventet værutvikling, se *Figur 10*



Figur 10: Korttidsmeteogram fra Hjerkin

Værradar viser nedbørområder innenfor et geografisk område. Både intensitet, nedbørstype og hvor fort et nedbørområde beveger seg, kan leses ut fra et bilde (animasjon), se eksempel i *Figur 11*.

Radarbilder for Trøndelag



verbutikken@met.no © Meteorologisk institutt, Markedsavdelingen

Figur 11: Værradarbilde fra Trøndelag

Statens vegvesen har etablert *klimastasjoner* på utvalgte steder langs vegene. Disse kan registrere:

- temperatur i lufta og på vegbanen
- utstråling
- nedbør (mengde og type)
- luftfuktighet
- vind (retning og styrke)
- veggtilstand (føre)
- restsalt/frysepunkt
- videobilder

Bare et fåtall stasjoner registrerer alle de nevnte data. De data som er mest vanlig å registrere/beregne er luft- og vegbanetemperatur, nedbør og duggpunkt. En del stasjoner er satt opp med en datalogger som samtidig er et trafikktelemetriapparat som gir trafikkvolum og hastighet.

Mange av stasjonene kan ringes opp (for eksempel av førere av strøbiler og brøytebiler) via SMS slik at en kan få overført data som en tekstmelding.

Det henvises for øvrig til ”Veileder i bruk av meteorologiske data” (Statens vegvesen, Vegdirektoratet, 2001).

Førere av brøyte- og strøbiler skal melde inn om spesielle føre- og kjøreforhold til Vegmeldingssentralen og distriktsvegkontoret. Melding skal gis til faste tidspunkt og når det inntreer en forandring i vær- og føreforhold (rutinene er beskrevet i funksjonskontraktene.) Trafikantene kan også melde inn om spesielle forhold til samme mottaker.

I forhold til salting er temperaturen en viktig faktor. Det er viktig å være klar over at det er temperaturen i vegbanen (ikke lufttemperaturen) som her gjelder. Duggpunktet (den temperatur luften må avkjøles til for at vanddampen i den skal kondenseres) har betydning i forhold til faren for danning av rim eller tynn is på vegbanen.

Restsaltmengden på vegbanen er en viktig indikator på om det er nødvendig å salte på nytt for å hindre tilfrysing. Restsaltmengden måles ved hjelp av sensorer i kjørebanelen eller enkelt manuelt utstyr.

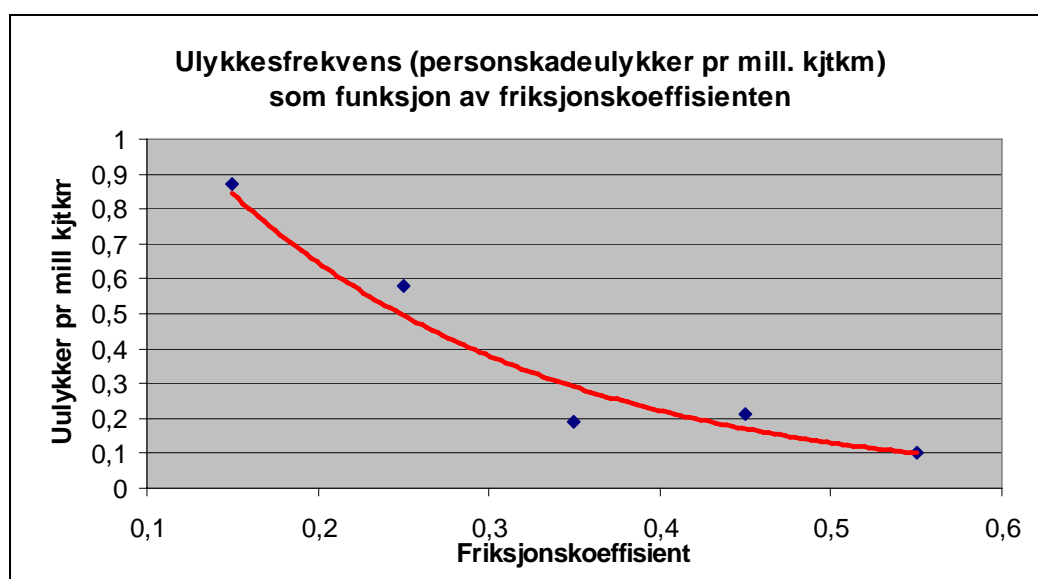
5 Effekter av salting

5.1 Trafikksikkerhet

Dette kapitlet og neste (kapittel 5.2) bygger på resultater fra prosjektene

- Salting og trafikksikkerhet (Vaa og Sakshaug 1995)
- ”Samfunnsøkonomiske effekter av drift og vedlikehold” drevet av Statens vegvesen Vegdirektoratet (Sakshaug 2005 og Sakshaug m flere 2005).

Hensikten med å salte vegbanen er å oppnå bar veg og derved økt friksjon. At økt friksjon gir færre ulykker, blir tydelig demonstrert av figuren nedenfor som viser ulykkesfrekvens basert på personskadeulykker som funksjon av friksjonskoeffisienten.



Figur 12: Ulykkesfrekvens som funksjon av friksjonskoeffisienten

Tabell 3: Typisk variasjonsområde for friksjonskoeffisienten på ulike føreforhold

Føreforhold	Friksjonskoeffisient
Våt is	0,1-0,15
Tørr is	0,15-0,3
Hard snø	0,2-0,3
Sand (tørr, saltblandet) på hard snø/is	0,25-0,35
Fastsand på hard snø/is	0,4-0,6
Våt, bar asfalt	0,4-0,9
Tørr, bar asfalt	0,8-1,0

Tabell 3 ovenfor viser typisk variasjonsområde for friksjonskoeffisienten på ulike typer vinterføre, relativt bar veg. Vi ser at friksjonskoeffisienten på vinterføre ligger langt lavere enn på bar veg. At ulykkesfrekvensen er vesentlig høyere på vinterføre, er derfor ikke overraskende, se *Tabell 4* neste side.

Ulykkesfrekvensen på vinterføre (utenom bart i spor) er 2,2 ganger større enn den på tørr, bar veg. Skadekostnad pr *ulykke* er noe mindre på vinterføre enn ellers, men likevel blir skadekostnad pr kjøretøykilometer på vinterføre 1,9 ganger større enn på tørr, bar veg (når materiellskader er inkludert i regnskapet).

Tabell 4: Ulykkesfrekvens og skadekostnad pr kjtkm på ulike fører relativt tørr, bar veg.

Føreforhold	Ulykkesfrekvens relativt tørr, bar veg	Skadekostnad pr kjtkm relativt tørr, bar veg	
		Eks materielle skader	Inklusive materielle skader
Tørr, bar veg	1,0	1,0	1,0
Våt, bar veg	1,3	1,1	1,1
Bart i spor	1,3	1,0	1,2
Vinterføre for øvrig	2,2	1,6	1,9

Salting som gir økt andel av trafikkarbeidet på bar veg, bør derfor gi færre ulykker. Slik ar det også i praksis. I prosjektet ”Salting og sikkerhet” fant en at veger som saltes har 20 % lavere ulykkesfrekvens i perioden det saltes enn i tilsvarende periode for veger som ikke saltes.

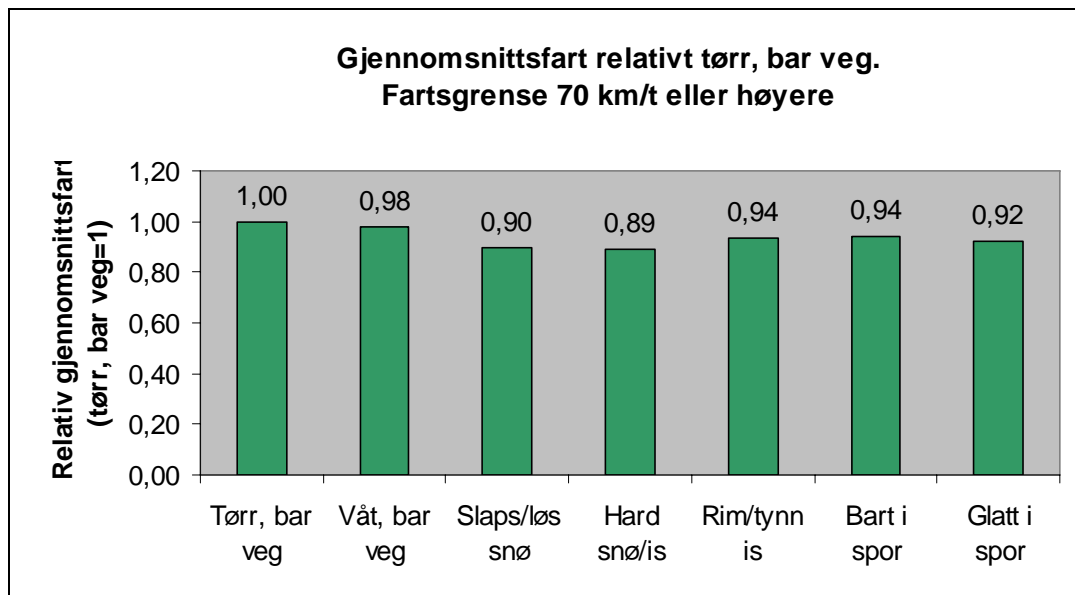
Resultatene fra prosjektet ”Salting og sikkerhet” viser for øvrig at:

- Salting gir større reduksjon i antall alvorlige ulykker enn i antall ulykker med kun lett personskade
- Ulykkesreduksjonen som følge av salting er større i overgangsperiodene (oktober-november og mars-april) enn i vintermånedene
- Salting reduserer antall ulykker på dagtid mer enn antall ulykker om kvelden og natta.
- Effekten av saltingen er større der fartsgrensen er 80 eller høyere enn der den er 70 eller lavere
- Det er ingen indikasjon på at salting medfører en ulykkesøkning på tilliggende strekninger som ikke saltes.

At både ulykkesfrekvens og skadekostnad pr kjøretøykilometer er vesentlig lavere på veger som vedlikeholdes etter strategi bar veg i forhold til veger med vedlikeholdsstrategi vinterveg, er bekreftet av senere undersøkelser foretatt på grunnlag av datamaterialet i ”Samfunnsøkonomiske effekter av drift og vedlikehold”. Samme datamateriale ga ingen indikasjoner på at ulykkesfrekvensen på vinterføre når det oppstår på veger med bar veg strategi, er høyere enn på vinterføre på veger som vedlikeholdes etter strategi vinterveg.

5.2 Framkommelighet

Figur 13 viser at gjennomsnittsfarten på vinterføre er 6-11 % lavere enn på tørr, bar veg, og 4-9 % lavere enn på våt, bar veg.



Figur 13: Gjennomsnittsfart på ulike føreforhold relativt tørr, bar veg.

Disse fartsreduksjonene på vinterføre innebærer betydelig økte tidskostnader, og tilsvarende gevinster dersom vegbanen holdes bar.

Fartsreduksjonen på vinterføre er imidlertid på langt nær nok til å oppveie den lavere friskjonskoeffisienten hva angår lengden på bremserekningen. I 80-soner er gjennomsnittsfarten på tørr is med en gjennomsnittlig friksjonskoeffisient på 0,3, er målt til 71,2 km/t (Sakshaug 2005 (1)). Bremserekningen med disse forutsetningene er sammenlignet med bremserekningen på tørr, bar veg ved en gjennomsnittsfart på 80 km/t. Tabell 5 nedenfor viser at bremserekningen på tørr is da vil være ca 2,4 ganger den på tørr, bar veg .

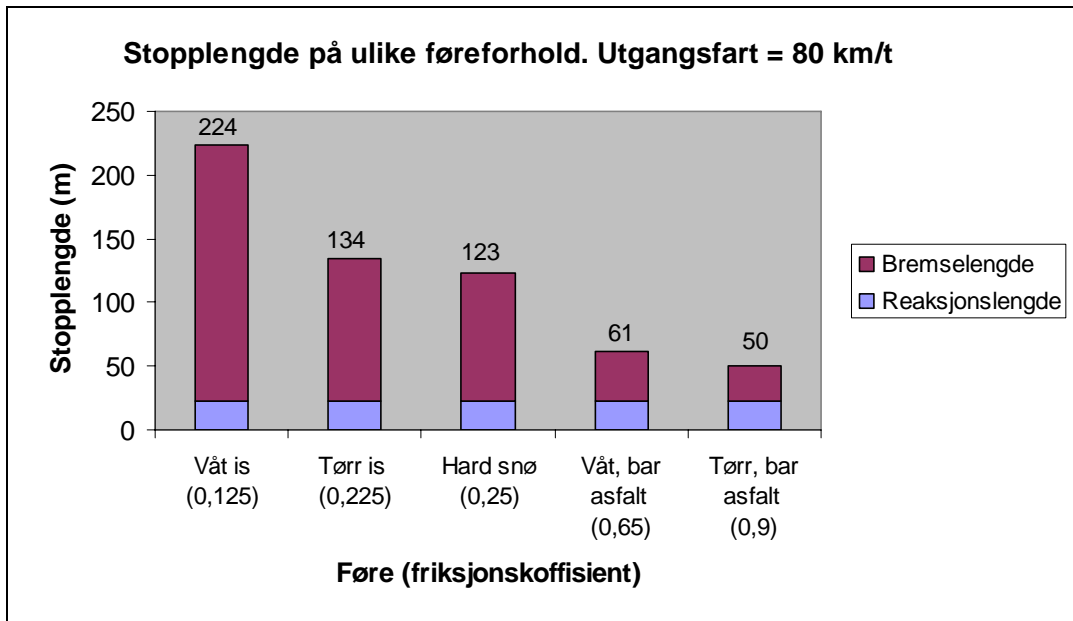
Tabell 5: Bremserekning på vinterføre i forhold til tørr, bar veg. Regneeksempel

Føre	Fart		Friksjonskoeffisient	Bremserekning (m)
	Km/t	M/s		
Tørr, bar veg	80	22,2	0,9	28
Tørr is	71,2	19,8	0,3	66

Figur 14 neste side viser beregnet stopplengde⁴ på ulike føreforhold ved en konstant utgangsfart (80 km/t). Som verdier på friksjonskoeffisienten er benyttet midtpunktet i de intervaller som er angitt i Tabell 3 side 22. Vi ser at stopplengden på våt is er beregnet til 224 meter mot 54 meter på tørr asfalt.

⁴ Ved beregning av reaksjonslengde er antatt en reaksjonstid på 1 sek. (tilsvarer 22 meter når en kjører i 80 km/t).

Bremselengden er beregnet ut fra formelen $l_b = \frac{V_0^2}{2 \cdot \mu \cdot g} = \frac{V_0^2}{254,28 \cdot \mu}$ når V er gitt i km/t.



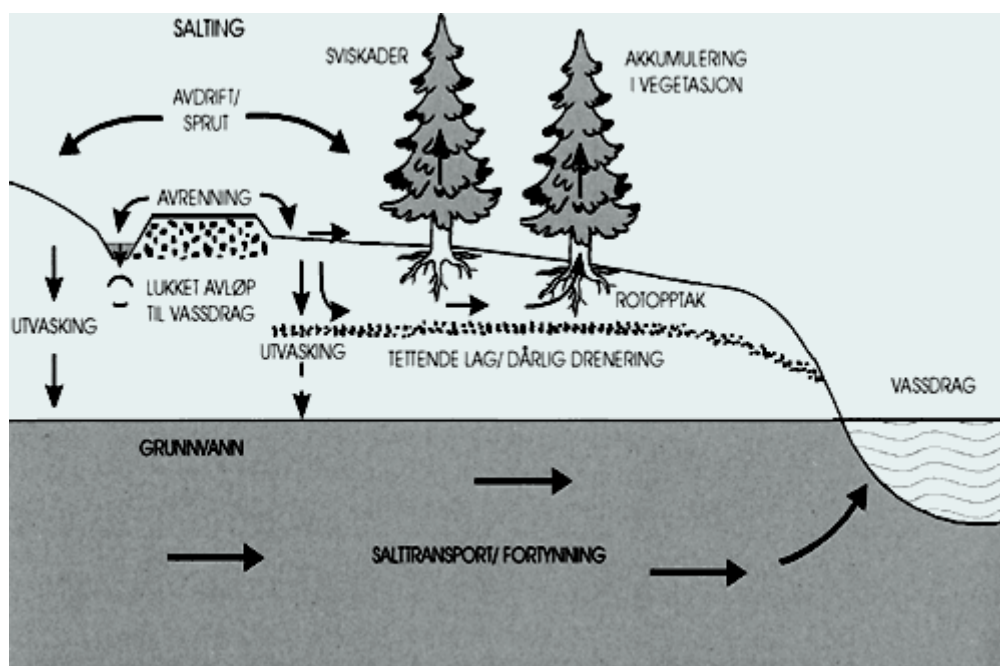
Figur 14: Beregnet stopplengde på ulike føreforhold

5.3 Miljøeffekter

Dette kapittelet er tilnærmet ordrett hentet fra nettportalen ”Miljø på veg” (TØI 2006). På enkelte punkter er det imidlertid oppdatert i henhold til rapporter etc. som har kommet til i etterkant.

Spredning av salt i vegens omgivelser

Vegsaltet spres til omgivelsene på flere måter (Åstebøl m fl 1996). Miljøulempene av de ulike spredningsmekanismene varierer med forholdene på stedet. Generelt spres saltet både som saltsprut og med overvann. Saltholdig overvann ledes bort via veggrøftene eller siger ned i jorda langs vegen. I jorda kan saltet bli vasket ned, hvis massene er lett gjennomtrengelige, eller følge sjiktninger i jordprofilen. Lokale jord- og terrengforhold bestemmer derfor om saltet følger jordvannets vertikale strømning direkte til grunnvannet eller med horisontale strømmer ut i vegens omgivelser (figur 1).



Figur 1: Transport av vegsalt i jord, vann og vegetasjon. (Kilde: Åstebøl m fl 1996)

Vegetasjonsskader ved saltsprut og avdrift

Langs saltede veger kan det oppstå skader på trær og busker inntil vegbanen, gjerne begrenset til den siden av trærne/ buskene som vender mot vegen (tabell 1).

Tabell 1: Ulike typer saltskader på vegetasjon. (Kilde: Pedersen og Fostad 1996)

Planteslag	Direkte saltsprut	Saltopptak fra jorda
Bartrær	Brune nåler på veggside, nedre deler av treet	Brune nåler spredt i krona eller i spiralmønster. Unge årsskudd forblir grønne
Lauvtrær/busker	Døde knopper og greiner på veggside, på nedre deler av treet	Brun rand langs bladene (ofte tydelig i hele krona). Skadene øker utover sommeren

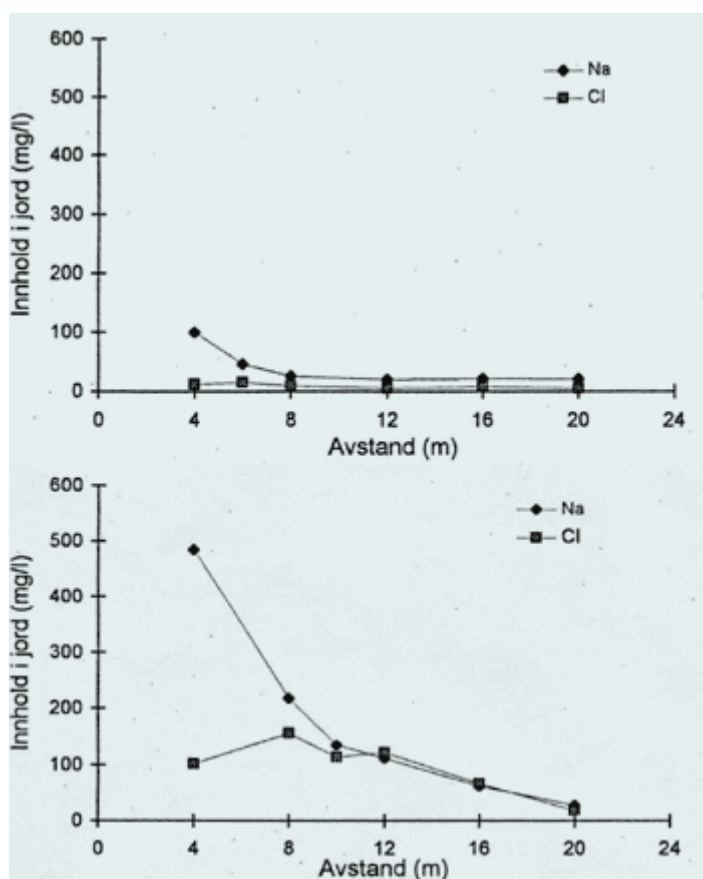
Saltskader som følge av sprut og vindavdrift er mest iøynefallende på bartrær, hvor nålene brunfarges utover etter vinteren, men inntreffer også på lauvfellende arter i form av døde knopper og

greiner. Skadene skyldes opptak av salt som avsettes direkte på trær og busker ved brøyting av saltholdig slaps eller når kjøretøyer virvler opp saltholdig vann fra vegbanen. Utbredelsen av skadene avhenger av fartsgrensen, men synes også å avhenge av nedbør, lokale vindforhold, saltingsprosedyrer og trafikkbelastning.

Skadeomfanget varierer derfor fra år til år. Vanligvis opptrer skadene ut til ca 6 m fra hvit stripe, men i blant ut til ca 12 m eller mer. Små trær langs veger kan skades sterkt mens store høystammede trær kan være lite påvirket av saltsprut. (Kilder: Pedersen og Gjems 1996, Pedersen og Fostad 1996, Åstebøl m fl 1996.)

Vegetasjonsskader ved salt

Vegsalt som spres fra eller renner av fra saltede veger, fører i varierende grad til saltopphopning i jord, jordvann og grunnvann. Lokalt skades vegetasjonen dels ved direkte opptak av salt fra jordvann og grunnvann og dels ved tørkestress forårsaket av endret jordkjemi pga saltopphopning i jord. Skadeomfanget er størst innenfor ca 10 m fra vegkant, men kan lokalt opptre også i større avstander.



Figur 2: Saltkonsentrasjon i jord på oppstrøms side av vegen / situasjon 1 (øverst) og på nedstrøms side av vegen / situasjon 2 (nederst). Ved Rv2 Strøm i Hedmark. Juni 1995. Na = natrium, Cl = klorid. (Kilde: Pedersen og Fostad 1996)

Målinger av saltinnhold i jord ved veger se figur 2, viser at en kan skille mellom to hovedsituasjoner:

1. Salttilførselen til jord skjer hovedsakelig ved sprut og avdrift.
2. Salttilførselen skjer hovedsakelig ved avrenning fra vegbanen (men også ved sprut/avdrift).

Omfanget av saltskader på vegetasjonen er sterkt avhengig av lokale jordbunns- og avrenningsforhold. I situasjon 1 faller saltkonsentrasjonen raskt med økende avstand fra vegen, og nærmer seg naturlig bakgrunnsnivå allerede ved ca 8 m fra veg se figur 2, øverst.

Store skader synes å opptre bare hvis rotsystemet ligger lavere enn vegbanen og saltholdig vann renner mot røttene. Alvorlige vegetasjonsskader er først og fremst påvist på lokaliteter med dårlig drenering og hvor utvaskingen av saltet derfor har vært lite effektiv. I slike tilfeller kan saltholdig jordvann være tilgjengelig for plantene langt utover sommeren se figur 2, nederst. Gran har vist seg å være svært ømfintlig for høgt saltinnhold i jorda, mens furu og bjørk er langt mer tolerante. (Kilder: Pedersen og Gjems 1996, Pedersen og Fostad 1996, Røhr 1995, Røhr 1996, Åstebøl m fl 1996.) Ved nyplanting av vegetasjon bør det tas hensyn til plantenes salttoleranse. En vurdering av saltskader de senere årene og et forsøk på rangering av planter etter salttoleranse er gjort av Universitet for miljø og biovitenskap (Pedersen 2007)

Forringelse av drikkevannskvalitet ved saltpåvirkning av grunnvann

Vegsaltet vil, avhengig av de naturgitte forhold, si seg ned til grunnvannet og forårsake en økning i saltinnholdet. Dette kan få konsekvenser for nåværende eller fremtidig bruk av grunnvannsforekomster til drikkevannsformål. Virkningen av salttilførselen på grunnvannskvaliteten vil variere avhengig av bl a saltmengder, grunnvannsmagasinet og brønntakets størrelse og nærhet til veg. Små grunnvannsmagasiner og små brønner (enkelthusbrønner) er generelt mest følsomme for saltforurensning. Grunne brønner nær veg kan i verste fall få betydelig økning i saltkonsentrasjonen som følge av vegsalting. Virkningen av vegsalting avtar generelt med økende størrelse på grunnvannsmagasinet (økende vannuttak) under ellers sammenlignbare forhold. (Kilder: Røhr 1993, Åstebøl m fl 1998, Åstebøl m fl 1996.)

Biologiske effekter i bekker, elver og innsjøer som tilføres vegsalt

Natriumklorid er i utgangspunktet lite giftig for vannlevende organismer. Det vil imidlertid kunne oppstå uønskede effekter når konsentrasjonene øker sterkt. Hvor høye konsentrasjoner som tolereres av ulike ferskvannsorganismer i vassdragene er lite kjent.

Saltkonsentrasjonene i avrenningsvann fra veg og brøytekanter kan i smelteperioder bli meget høye (Gjessing m fl 1984, Bækken 1994). I små vann/bekker som mottar avrenningsvann fra veg vil det kunne oppstå skadelige effekter som følge av høyt saltinnhold. Ved sterkt trafikkerte veger kan det imidlertid være vanskelig å skille effektene av salt fra effekter av den øvrige forurensningen i avrenningsvannet. Undersøkelser i Padderudvannet ved E 18 i Asker påviste en markert økning i saltinnholdet i løpet av en 10-15 års periode. Det kunne imidlertid ikke påvises biologiske effekter knyttet til økningen i saltinnholdet. (Kilder: Bækken 1994, Bækken og Jørgensen 1994). En undersøkelse av 59 innsjøer nærmere enn 200 meter fra saltet veg i 2005/2006 viste at 18 av de 59 sjøene viste markert økning av saltinnhold og redusert oksygeninnhold i bunnvannet. (Statens Vegvesen, UTB-rapport 2006/06).

Det er mistanke om muligheter for forsurening av vegnære vannforekomster. Foruten at lavere pH i seg selv har negative biologiske konsekvenser, løser metaller seg lettere i surt vann. En forsurening vil derfor gi økt utlekking av tungmetaller og aluminium. Det kan gi de samme negative biologiske effektene som ved annen forsurening. Dette vil være mest problematisk i områder som fra før er utsatt for forsurening. Kunnskapen omkring dette er foreløpig liten. Høy saltkonsentrasjon i avrenningsvann fra veg medfører også økt mulighet for transport av tungmetaller, i form av vannløselige kloridkomplekser, til resipientene.

Forurensningspotensialet i snøopplag

Trafikkforurenset snø kan inneholde store mengder partikler (pga vegslitasje), næringssalter, vegsalt og miljøgifter som tungmetaller (f eks kadmium, kobber, bly og sink) og organiske

forurensninger (f.eks olje og PAH). Overflaten av brøytekanter langs sterkt trafikkerte veier får i løpet av få uker svært høye konsentrasjoner av flere miljøgifter når ny snø ikke kommer til. Omfanget av forurensning i avrenningsvann fra snøopplag under snøsmeltingen er imidlertid ikke undersøkt. Plasseringen av snøopplag i forhold til vannresipienten vil være av betydning for hvor mye som går direkte ut i resipienten.

Nedsmussing og støvdannelse

Vegsalting gir økt asfaltslitasje hvis kjøring med piggdekk opprettholdes. Dette skyldes at is og snø fjernes, og at asfalten dermed blottlegges for slitasje, men også at våt asfalt slites raskere enn tørr asfalt. Som følge av dette oppstår betydelig nedsmussing av vegens sidearealer. Svevestøvkonsentrasjonen øker særlig i tørre perioder og ut over våren. Graden av nedsmussing avtar eksponensielt med økende avstand fra veien og er først og fremst et problem innen en avstand på 15-20 m. Foruten at slik nedsmussing er et trivselsproblem, er støvet også et alvorlig helseproblem.

Asfaltslitasjen er avhengig av trafikkmengden; jo større trafikk jo større slitasje. Bruk av strøsand medfører også forurensningsproblemer.

Tiltak for å motvirke uønskede effekter av salting

For å redusere bruken av NaCl som snø- og isfjerningsmiddel, kan en rekke ulike virkemidler tas i bruk:

- *Geografiske begrensninger* i saltingen vurdert ut fra potensielle skadevirkninger under ulike miljøforhold, samt mulige konsekvenser for trafikksikkerheten.
- *Mer effektiv salting.* Vegdirektoratet har utviklet et opplæringsprogram som er tatt i bruk for å spre bedre kunnskaper til personell som arbeider med vinterdrift, noe som vil kunne gi mer effektiv salting.
- Bruk av nye metoder. Et kontinuerlig arbeid pågår for å redusere saltbruken ved utvikling av nytt utstyr; *nye snøploger og isfjerningsredskap.*
- Bruk av *alternative snø- og isfjerningsmidler.* Alternative snø- og isfjerningsmidler har imidlertid den potensielle miljølempen at de forbraker mye oksygen når de brytes ned.
- *Lokalisering av snøopplag* til områder som ikke er følsomme for vegsalt og vegforurensning.

I tillegg er det viktig med overvåking av jord, jordvann, grunnvann, overflatevann og vegetasjon langs veier som grunnlag for endringer i saltingsrutinene og for å få kunnskap om langsiktige konsekvenser. Overvåkingen i henhold til "Forskrift om rammer for vannforvaltningen" som startes i 2007, kan gi viktig kunnskap om dette.

For å begrense negative effekter av salting, kan en rekke supplerende tiltak iverksettes, f.eks:

- Tilpasse utnyttelsen av grunnvannsmagasiner slik at effekten av vegsaltingen reduseres mest mulig, f.eks gjennom omplassering av drikkevannsbrønner. Dette forutsetter at man har god kjennskap til strømnings- og løsmasseforholdene i det aktuelle området.
- Kontrollert bortledning av saltholdig overvann fra vegbanen og vegens sideterreng.
- Ta hensyn til vegetasjonens salttoleranse ved vedlikehold av vegens sidearealer.

- Erstatte saltømfintlige arter, f eks gran, som står på særlig utsatte steder med mer salttolerante arter.
- Ved nyetablering av vegetasjon bør plasseringen i forhold til vegbanen være slik at risikoen for skader reduseres mest mulig.
- Riktig plantevalg er avgjørende der hvor det skal etableres vegetasjon på utsatte steder. Utvalgsarbeid og planteforedling for å skaffe mer salttolerante planter er aktuelt.

5.4 Effekter på kjøretøy og vegutstyr

Stoffer som inneholder klor, vil akselerere korrosjonen hos jern og stål, og klorider vil dessuten også kunne virke nedbrytende på andre typer materialer. Når det gjelder bilparken, har det skjedd såvidt mye forbedringer i produksjonsprosessen at rust ikke lenger er en viktig årsak til at biler skrotes. Selv om korrosjon som følge av vegsalting likevel fortsatt er årsak til økte bilkostnader og verdiforringelse på bilene, ligger nok en god del av merkostnaden for bilparken som følge av salting av vegnettet i at det må brukes dyrere korrosjonsbestandige materialer og rustbehandling med coating.

I tillegg til å angripe jernholdige materialer, vil kjemikalier som benyttes som strømiddel også i ulik grad kunne virke nedbrytende på betong og asfaltdekker.

Armert betong brytes ned på to måter. For det første svekker korrosjonen armeringen slik at betongstrukturen mister mye av styrken. For det andre øker volumet gjennom den kjemiske reaksjonen som oppstår ved korrosjon slik at det oppstår avskalling. Nedbrytingen av betongen øker sprekkdannelsen slik at kloridene får en lettere vandring til stålkonstruksjonene.

Både betong og armeringsjern kan beskyttes med coating eller en vanntett membran, så problemet med klorider kan begrenses. Det er imidlertid viktig å være klar over at når en har nådd et visst forurensningsnivå, vil nedbrytingen fortsette selv om en går over til en annen strøstrategi.

En hovedgrunn til at magnesiumkloridløsning som befuktingsvæske ennå ikke har fått større utbredelse, er at det har vært en del betenkeligheter i forhold til mulige skadevirkninger på betong, og det pågår derfor et eget prosjekt på dette i regi av Vegdirektoratet. Selv om erfaringer fra bl a Helltunnelen ikke tyder på alvorlige skader, er det fra Vegdirektoratet uttalt at det er alt for tidlig å ”friskmelde” betong belastet med magnesiumklorid kun basert på disse tidlige undersøkelsene. Det er derfor lagt opp til at prosjektet rundt skadevirkning på betong videreføres med felteksporing av flere betongtyper. For å kunne vurdere de reelle skademekanismene bør det i følge Vegdirektoratet utplasseres et utvalg betonger i felt der det benyttes magnesiumkloridtilsatte smeltedmidler (og også som støvdempningstiltak) på flere steder i Norge. Romerike er et av de prioriterte områdene hvor det er plassert ut 5 betongelementer.

6 Litteratur

- Carl Bro 2001
(konsulentfirma) Statusrapport *Alternative tømidler. Fase 1: Egenskaper, data og prøvningsmetoder.*
- Bækken 1994 *Trafikkforurensset snø i Oslo.* Oslo, Norsk institutt for vannforskning. NIVA-rapport 3131.
- Bækken og Jørgensen 1994 *Vannforurensning fra veg - langtidseffekter.* Oslo, Statens vegvesen, Veglaboratoriet. Publikasjon 73.
- Gievær og Lindland *Vinterdrift/TS Lillhehammer. Utprøving av ploger og kosteutstyr på Raufoss 31. januar – 2. februar 2006.* SINTEF Teknologi og samfunn, Transportsikkerhet og –informatikk, Notat N-11/06.
- Gjessing, Lygren, Berglind, Gulbrandsen og Skaane 1984 *Effect of highway runoff on lake water quality.* Sci. Tot. Environ. 33:245-257
- Gustafsson, Alf og Gabrielsson, Göran *Vinterdrift. Sockerprodukter i kombination med NaCl.* Vägverket Production, 2006-11-03
- Jørstad, Grini og Owren 1995 *Bruk av saltløsninger til vegvedlikehold.* SINTEF rapport STF11 F9008, 1995
- Larsen, Lysbakken, Nonstad og Sivertsen, Statens vegvesen 2007 *Vinterdrift.* Opplæringsnotat i vinterdrift. Notat 2007.
- Pedersen 2007 *Skader på trær og busker forårsaket av saltsprut -registreringer i Østlandsområdet våren 2003 og 2006.* UMB - rapport 01/2007. Universitetet for miljø- og biovitenskap.
- Pedersen og Fostad 1996 *Effekter av vepsalting på jord, vann og vegetasjon. Hovedrapport del I: Undersøkelser av jord og vegetasjon.* Ås, Norges landbrukshøgskole, Institutt for plantefag / Forskningsparken i Ås AS.
- Pedersen og Gjems 1996 *Effekter av veisalting på jord, vann og vegetasjon. Effekter av veisalt (Na) på planter. Litteraturundersøkelse.* Ås, Norges landbrukshøgskole / Forskningsparken i Ås AS
- Rekstad, Håvard og Hardarsson, Vidar *Bestemmelse av frysepunkt til natrium-/magnesiumkloridløsninger.* SINTEF Energiforskning AS, juni 2005
- Røhr 1993 *Salting av veger - virkninger for grunnvannet. Litteraturoversikt.* Ås, GEOfuturum as/Forskningsparken i Ås AS.

Røhr 1995	<i>Vegsaltets virkninger i jord. Litteraturoversikt. Ås, GEOforum as/Forskningsparken i Ås AS</i>
Røhr 1996	<i>Effekter av vegsalting på jord, vann og vegetasjon. Hovedrapport del II: Jordsmonnundersøkelser og salteffekter i utvalgte typeområder. Ås, GEOforum as/Forskningsparken i Ås AS</i>
Sakshaug 2005 (1)	<i>Effekter av forskjellige innsatsnivåer innen drift og vedlikehold: Fartsnivå ved ulike friksjons- og føreforhold. SINTEF Teknologi og samfunn, Transportsikkerhet og –informatikk, Notat N-17/05</i>
Sakshaug 2005 (2)	<i>Data fra eksisterende føre- og friksjonsmålinger: Sammenligning av ulykkesfrekvens- og kostnad for strekninger med ulik vinterstrategi. SINTEF Teknologi og samfunn, Transportsikkerhet og –informatikk, Notat datert 2005-02-03</i>
Sakshaug, Moltumyr, Rennemo og Vaa 2005	<i>Sammenheng mellom ulykkesfrekvens, skadekostnad og føre- og friksjonsforhold: Data fra eksisterende føre- og friksjonsmålinger. SINTEF Teknologi og samfunn, Transportsikkerhet og –informatikk, Notat N-01/05</i>
Statens vegvesen 2006	<i>Kurs i vinterdrift. Revidert juli 2006</i>
Statens vegvesen 2006	<i>Kjemisk tilstand i vegnære innsjøer. Påvirkning fra avrenning av vegsalt, tungmetaller og PAH Statens vegvesen Vegdirektoratet, UTB 2006/06.</i>
Statens vegvesen, Region sør 2006	<i>Vinterdriftstrategi i Region sør. Veggrep. Del 1. (Utkast)</i>
Statens vegvesen, Teknologidepartementet 2003 (1)	<i>Håndbok 111: Standard for drift og vedlikehold</i>
Statens vegvesen, Teknologidepartementet 2003 (2)	<i>Temahefte for håndbok 111: Standard for drift og vedlikehold. Intern rapport nr. 2337</i>
Statens vegvesen, Teknologidepartementet, 2001	<i>Faktabok om salt og salting av veier. Forprosjekt</i>
Statens vegvesen, Vegdirektoratet 2001	<i>Meteorologi og klimastasjoner. Veileder i bruk av meteorologiske data i Statens vegvesen. TTS-03-2001</i>
TØI 2006	Nettportalen "Miljø på veg". (http://miljo.toi.no/)
Vejdirektoratet 2006	<i>Tømidler, sand og grus til glatførebeholdelse. Vejregel, høringsudgave</i>
Vaa og Sakshaug 1995	Salting og trafiksikkerhet.

- Aas T., Mahle A. og Rogstad
G. 2001 *Meteorologi og klimastasjoner.* Statens vegvesen,
Vegdirektoratet, Oslo
- Åstebøl, Pedersen, Røhr,
Fostad og Soldal 1996 *Effekter av veggjalting på jord, vann og vegetasjon.*
Sammendragsrapport. Ås, GEOfuturum as/Norges
landbrukshøgskole/ Forskningsparken i Ås AS. Statens vegvesen.
MITRA rapport 05/96.
- Åstebøl, Soldal og Løvdal
1998 *Sikring av Gaustadmoen grunnvannsanlegg mot forurensning
fra Rv2, Hedmark fylke. Fase 1: Risikovurderinger og tiltak
basert på eksisterende data.* Ås, GEOfuturum as.

Vedlegg 1:
Håndbok 11 ”Standard for drift og vedlikehold”, kapittel om ”Framkommelighet, trafikksikkerhet og regularitet om vinteren (Hovedprosess 9)”

FRAMKOMMELIGHET, TRAFIKKSIKKERHET OG REGULARITET OM VINTEREN

Hovedprosess 9

Vegen skal være framkommelig for kjøretøy som er normalt utstyrt for vinterkjøring. Dette skal oppnås ved å redusere mengden snø og is på vegen samt sikre tilstrekkelig veggrep for trafikantene.

Vinterdrift utføres etter to ulike strategier:

- 1) Strategi vinterveg: Omfatter veger hvor det er akseptabelt med snø- og isdekke hele eller deler av vinteren.
- 2) Strategi bar veg: Omfatter veger som skal være snø- og isfrie hele vinteren.

”Bar veg” skal omfatte kjørebane mellom ytterkant av kantlinjene.

STRATEGI VINTERVEG

Snøbrøyting

Prosess 91

Ved snøvær skal brøyting settes i gang og fullføres i henhold til verdiene nedenfor

ÅDT	Start ved snødybde		Ferdig utbrøytet innen	
	Tørr snø (cm)	Våt snø (cm)	Tørr snø (cm)	Våt snø (cm)
0 - 500	6	4	15	12
501 – 1500	4	2	12	8
1501 - 3000	3	2	10	7
> 3000	2	1	7	6

På veger med ÅDT < 1500 skal det brøytes etter alle snøfall større enn 3 cm. Under vedvarende snøvær skal brøytefrekvensen være så stor at kravet til maksimal snømengde overholdes. Under ekstreme værforhold kan kravene fravikes. Ved *drivsnø* settes tiltak i verk når høyden på snøskavler midt på kjørefeltet er:

ÅDT < 1500	15 cm
1500 < ÅDT < 5000	10 cm
ÅDT > 5000	8 cm

Snø- og isrydding

Prosess 92

Utløsende standard og krav til tidspunkt for utførelse av ryddingen etter at vegen er ferdig brøytet, er vist i tabellen nedenfor.

Oppgaver	Tiltakskriterier og tiltakstid ved forskjellig ÅDT			
	< 1500	1501 - 5000	5001 - 10000	> 10000
Snø- og issåle: - maks. tykkelse: - fjernes innen:	3 cm 3 døgn	2 cm 2 døgn	2 cm 1 døgn	0 cm
Rydding i vegkryss innen:	1 døgn			
Fjerning av snø for sikt, bl.a. foran skilt, innen:	1 døgn			
Siktrydding i kryss innen:	3 døgn	3 døgn	2 døgn	1 døgn

Leskurene skal være ryddet før kl 0700 eller senest 4 timer etter ferdig gjennombrøyting eller etter nærmere instruks. Issvuller skal fjernes før det kan oppstå fare for trafikantene.

Strøing (veggrep og friksjon)

Prosess 93

Det skal strøs dersom friksjonsforholdene hindrer normalt vinterutrustede kjøretøy å komme opp bakker etc. Tiltak iverksettes og fullføres i henhold til tabellen nedenfor:

Vegkategori	ÅDT	Punktstrøing		Helstrøing	
		Start ved	Fullføres	Start ved	Fullføres
Stamveger		$\mu < 0,30$	1,0 t	$\mu < 0,20$	2,0 t
Øvrige veger	over 1500	$\mu < 0,25$	1,0 t	$\mu < 0,20$	2,0 t
	501-1500	$\mu < 0,25$	2,0 t	$\mu < 0,15$	3,0 t
	0-500	$\mu < 0,20$	4,0 t	$\mu < 0,15$	4,0 t

μ er friksjonskoeffisient for tiltak iverksettes.

Punktstrøing foretas i kurver, bakker, kryss og rettstrekninger med uoversiktlige avkjørsler. I overgangsperiodene kan det nyttes salt eller saltløsning.

Høyfjellsveger

Høyfjellsveger og lignende driftes etter egen instruks.

STRATEGI BAR VEG

Snøbrøyting

Prosess 91

Ved *snøvær* iverksettes brøyting når snødybden er 2 cm og det skal være ferdig utbrøytet før det er kommet 6 cm, uansett ÅDT.

Under snøvær skal brøytefrekvensen være så stor at kravet til maksimal snømengde overholdes.

Under ekstreme værforhold kan kravene fravikes.

Ved *drivsnø* iverksettes tiltak når høyden på snøskavler midt på kjørefeltet er:

ÅDT < 1500	15 cm
1501 - 5000	10 cm
ÅDT > 5000	8 cm

Snø- og isrydding

Prosess 92

Krav til tidspunkt for utførelse av ryddingen etter at vegen er ferdig brøytet er vist i tabellen nedenfor.

Oppgaver	Tiltakskriterier og tiltakstid ved forskjellig ÅDT		
	0 – 5000	5001 - 10000	> 10000
Rydding i vegkryss innen:	1 døgn	1 døgn	1 døgn
Fjerning av snø for sikt, bl.a. foran skilt, innen:	1 døgn	1 døgn	1 døgn
Siktrydding i kryss innen:	3 døgn	2 døgn	1 døgn

Leskurene skal være ryddet før kl 07.00 eller senest 4 timer etter ferdig gjennombrøyting eller etter nærmere instruks.

Issvuller skal fjernes før det kan oppstå fare for trafikantene.

Salting (veggrep og friksjon)

Prosess 93

Det skal nyttes salt eller saltløsning i strøtjenesten. Andre kjemiske strømidler kan også nyttes.

Tiltak iverksettes i henhold til tabellen nedenfor.

Tiltak	Tiltak og tiltakstid ved forskjellige ÅDT		
	under 3000	3001 - 5000	over 5000
Preventiv salting	Iverksettes hvis det forventes friksjon under 0,4	Iverksettes hvis det forventes friksjon under 0,4	Iverksettes hvis det forventes friksjon under 0,4
Etter snøfall: Bar veg innen	6 timer	4 timer	2 timer

**Vedlegg 2:
Oversikt over typer salt**

Type salt	Laveste frysepunkt	Laveste bruks-temp.	Smelteeffekt i g is pr g strømiddel ved -5 °C	Egenskaper	Relativt pris i forhold til NaCl (for å smelte 1 t is)	Fordeler	Ulemper	Kommentar
Klorider								
Natriumklorid	-21 °C ved 23,3 % løsning	-10 °C	Tørstoff: 11,3 22 % llosning: 1,7	Må løses opp i vann før det gir effekt. Innebærer at saltkorn på veggen må knuses av trafikken. Både for høy og for lav saltløsning vil gi tilfrysing. Grenseverdiene avhenger av temperaturen. Jo lenger ned mot laveste frysepunkt, jo mindre er intervallet hvor all is er tint. Må tilføres varme for at saltet skal løses opp.	1	Har god virkning under de fleste forhold med mot laveste brukstemperatur. Ikke nedbrytende virkning på asfalt. Har godt dokumenterte effekter. Billig.	Virker noe langsommere enn typer salt som frigjør varme ved smelting. Bør ikke benyttes ved temp under -10 °C. Klor nedbrytes ikke i naturen. Kan medføre skade på vegetasjon langs vegen. Kan gi for høyt innhold av natrium- og klorid-ioner i grunnvannet og i overflatevann i nærheten av vegen. Fremmer korrosjon, særlig av jern. Kan være skadelig for betong (armeringen).	Kan spres som tørt salt, befuktet salt eller saltløsning (se kapittel 3).
Magnesiumklorid								
Magnesiumklorid uten tilsetning av festemiddel	-33 °C ved 21,6 % løsning	?	Vannfritt: 12,7 Hexahydrat: 6,0	Utvikler varme ved smelting. Har høy oppløselighet i vann. Benyttes også til støvdemping på asfalt i bystrøk.	16	I forhold til natriumklorid: Kan benyttes ved lavere temperatur. Fester seg bedre til vegbanen. Gir mer varig effekt. Gir raskere smelting.	I forhold til natriumklorid: Er mer korrosivt i forhold til jern. Mindre miljømessige ulemper ved at en kan bruke mindre mengde. Er dyrere.	Kan spres både tørt og befuktet (se kapittel 3). Kan også benyttes til støvdemping. Er under utprøving i Norge.
Magnesiumklorid kombinert med mais-sirup (festemiddel)	Uoppgitt	Ned mot -15 til -25 °C	?	Utvikler varme ved smelting. Fester seg godt til kjørebanelen	?	Kan benyttes ved enda lavere temperatur enn rent magnesiumklorid og fester seg enda bedre til vegbanen. Gir mer varig effekt. Er mindre korrosivt i forhold til metall (særlig jern).	Er dyrt? Miljømessige konsekvenser?	Kan med fordel brukes for å tine snø der en ikke får brøytet effektivt, for eksempel på sterkt trafikkerte veger og gater i byområder. Er under utprøving i Norge.
Produktnavn Callber M1000 Callber M2000								

Type salt	Laveste frysepunkt	Laveste bruks-temp.	Smelteeffekt i g is pr g strømiddel ved -5 °C	Egenskaper	Relativ pris i forhold til NaCl (for å smelte 1 t is)	Fordeler	Ulemper	Kommentar
Klorider (forts)								
Kalsiumklorid	-51,1 °C		Vannfritt: 10,2 Som flak: 6,0	Anvendes i første rekke til støvdeмпing på grusveger, og i liten grad for å hindre/smelte is		Kan anvendes ned til meget lave temperaturer	. Virker mer korrosivt på jern enn natriumklorid	
Eddiksyresalter (acetater)								
Kaliumacetat	Uoppgitt	Uoppgitt	4,0	Omtrent samme egenskaper som CMA (se nedenfor)		Se nedenfor	Se nedenfor	Benyttet hovedsakelig på flyplasser
Produktnavn: Safeway KA Clearway 1 Kaliumacetat								
Natriummagnesiumacetat			6,4					
Produktnavn: Clearway 6s								
Kalsium-magnesium-acetat	-26 °C	-10 °C (-5 °C?)	Vannfritt: 7,3 25 % løsning: 1,0	Svært hygroskopisk (tiltrekker seg fuktighet). Har dårligere løselighet i vann enn natriumklorid.	68	Betydelig mindre korrosivt i forhold til metall enn andre kjemiske strømidler.	Pris Langsom smelteeffekt. Kan forurense drikkevann (b.l.a..seite smak)	Er under utprøving på veg?
Produktnavn: Clearwy CMA+ (granulat) CMA 25 (løsning)								
Maursyresalter (formeater)								
Natriumformiat	-14 °C ved 20 % løsning	-10 °C	11,6	Lettløselig i vann		Noe større smelteeffekt enn natriumklorid. Forårsaker ikke avskalling på betong (noe NaCl gjør?)		Kan være aktuelt å prøve ut på veg
Produktnavn: Safeway SF (tørrstoff)								
Kaliumformiat	-11 °C ved 13 % løsning	Uoppgitt	3,1-5,5					Virkingen som issmellemiddel er lite kjent, men kan være aktuelt å prøve ut på veg
Produktnavn: Aviform L50 Safeway KF Clearway F1 Kilfrostrunway Meltium								
Andre								
Urea	-11,5 °C	Bare noen få minusgrader	5,3			Fremmer ikke korrosjon i like stor grad som klorider		

**Vedlegg 3:
Veiledende salttabell**

	VEILEDENDE SALTTABELL I GRAM PR. M²							
	SALTLØSNING		SLURRY		BEFUKTET		TØRT SALT	
	Gram	Gram	Gram TØRT + LØSN.		Gram TØRT + LØSN.		Gram	Gram
	0 - ÷5	÷5 - ÷10	0 - ÷5	÷5 - ÷10	0 - ÷5	÷5 - ÷10	0 - ÷5	÷5 - ÷10
Tørr veg	10	15	3+2	4+3	4+2	8+3	IKKE AKTUELT	
Fuktig	15	20	4+3	5+3	8+3	9+4	IKKE AKTUELT	
Våt	IKKE AKTUELT		7+4	9+6	14+6	18+4	10	15
Rimfrost	15	20	4+3	6+3	8+3	11+5	IKKE AKTUELT	
Tynn is	30	40	7+4	9+6	14+6	18+8	IKKE AKTUELT	
Tykk is	IKKE AKTUELT		IKKE AKTUELT		18+8	21+9	IKKE AKTUELT	
Før nedbør	IKKE AKTUELT		7+4	9+6	14+6	18+8	IKKE AKTUELT	
Underkjølt regn	IKKE AKTUELT		IKKE AKTUELT		21+9	28+14	IKKE AKTUELT	
Snøvær	IKKE AKTUELT		IKKE AKTUELT		20+0	25+0	20	25

Tabellen er veiledende og angir hvor mye tørrsalt + løsningsmiddel det skal innstilles på i gram / m²
 Dersom det benyttes vanlig BEFUKTNINGSSPREDER INNSTILLES DENNE PÅ
 SUMMEN AV ANGITT SALTMENGDEN.

**Vedlegg 4:
Teoretisk gjennomgang av vannløst
natriumklorid**

Dette vedlegget er i sin helhet hentet fra Jørstad, Grini og Owren: *Bruk av saltløsninger til vegvedlikehold*. SINTEF rapport STF11 F9008, 1995

Natrium

Natrium har den kjemiske betegnelsen Na og hører til under alkalimetallene i det periodiske system. Alkalimetallene har en stor kjemisk reaktivitet og sterk tendens til å gå over til enverdige positive ioner. Således spalter natrium lett av sitt ene elektron i ytterste skall, dersom et annet atom kan ta opp det avspaltete elektron. Dette kan skrives slik:



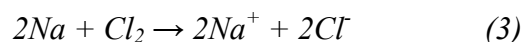
Klorid

Klorid har den kjemiske betegnelsen Cl , og hører til halogenene i det periodiske system. Halogenene har en sterk tendens til å reagere slik at det dannes enverdige negative ioner. Klor har 7 elektroner i sitt ytterste skall, og tar lett opp et ekstra elektron og danner edelgasskonfigurasjon:

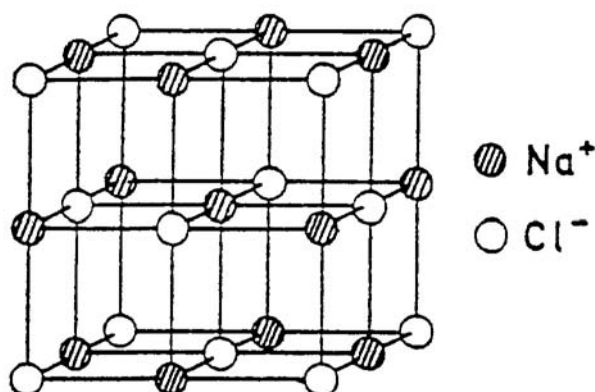


Natriumklorid

Spesielt lett vil alkalimetallene avgi sitt elektron hvis det i nærheten befinner seg et halogen, som lett tar opp et elektron. Det er nettopp dette som skjer når natrium reagerer med klorgass og danne natriumklorid:



En vil få en sterk elektrostatiske tiltrekning mellom Na^+ - ionet og de Cl^- -ionene som befinner seg i nærheten; en får ionebinding. Ioner med lik elektrisk ladning vil frastøte hverandre, og på grunn av disse tiltrekkende og frastøtende kreftene vil ionene i krystallgitteret "stable seg" på en meget bestemt, systematisk måte. I natriumklorid-krystallet vil hvert Na^+ - ion omgi seg med 6 Cl^- -ioner som sine nærmeste naboer, se figur V4.1 nedenfor.



Figur V4.1: Krystallgitter for natriumklorid

Krystallene danner en sterk kubisk symmetrisk ionebinding. På grunn av den sterke elektrostatiske tiltrekningen mellom de motsatt ladde ionene, vil natriumklorid-krystall ha stor hardhet og høyt smeltepunkt. Ved 1,0 bara har natriumklorid smeltepunkt ved $800,4^\circ C$ og kokepunkt ved $1465,0^\circ C$.

Natriumkloridet brukt i testene i laboratoriet ble hentet hos Statens Vegvesen i Trondheim, Heimdal vegstasjon. Deres leverandør av saltet er A/S Høvik & Øyen, Trondheim. Deres analyse av natriumkloridet er gitt i Tabell V4.1.

Tabell V4.1: Resultater fra analyse av natriumklorid fra A/S Høvik & Øyen

<i>NaCl</i>	98,248	%
Ikke løselige	0,014	%
<i>H₂O</i>	3,124	%
<i>Fe</i>	< 10	mg/kg
Cu	< 091	mg/kg
<i>Na₄(Fe(Cn)₆)</i>	5	ppm

Ved måling utført ved SINTEF Klima- og kuldetechnik fant en 1,8 vekt% vann i natriumkloridet.

Vann

Vann, H₂O, er et polart molekyl. De elektrostatiske kreftene mellom molekylene, på grunn av molekylens polaritet, gjør at vann får høyere kokepunkt enn et tilsvarende upolart molekyl. Ved 1,0 bara har vann smeltepunkt ved 0,0 °C og kokepunkt ved 100,0 °C.

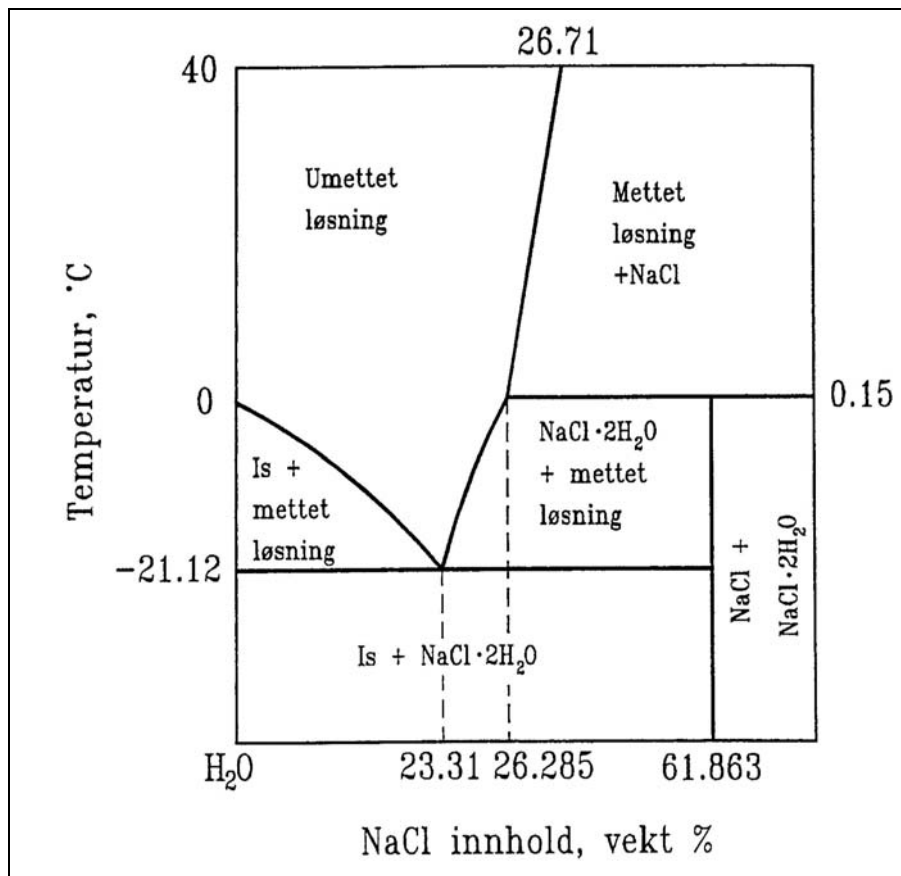
Løsning av natriumklorid og vann

Natriumklorid går i løsning i form av ioner (*Na*⁺- og *Cl*-ioner). Løseligheten av natriumklorid i vann er nesten uavhengig av temperatur.

Tiltrekningskraften mellom to ladde legemer, for eksempel ioner i vann, vil bli vesentlig mindre enn den ville blitt i vakuum eller luft, og det er derfor vann er et så godt løsningsmiddel for salter.

Figur V4.2 neste side viser et skjematisk fasediagram for en løsning av natriumklorid og vann⁵. Det finnes 5 ulike faser i diagrammet; umettet løsning, mettet løsning, natriumklorid, is, og hydrat (NaCl · 2H₂O) som er en ionisk binding mellom natriumklorid og vann.

⁵ Elvers, Hawkins, Russey and Shulz: *Ullman's encyclopedia of industrial chemistry*, 5. ed., Vol A24, p. 317-339, 1993



Figur V4.2: Fasediagram for NaCl - H₂O system (skjematisk, ikke skalert)

Løsning av natriumklorid og is

En blanding av natriumklorid og is gir en endoterm reaksjon. Endoterm reaksjon vil si at den kjemiske reaksjonen krever energi. I praksis vil dette si at hvis en blander natriumklorid og is, vil temperaturen falle. Hvis en blander natriumklorid og is i forholdet 23 vekt% natriumklorid og 77 vekt% is, vil en kunne nå det eutektiske punkt, dvs. -21,12 °C.



Statens vegvesen

Statens vegvesen Vegdirektoratet
Postboks 8142 Dep
N - 0033 Oslo

Tlf. (+47 915) 02030
E-post: publvd@vegvesen.no

ISSN 1504-5005