



Statens vegvesen
Vegdirektoratet

Støvbinding av grusveger

Maskinforvaltningen
FoU, utprøvinger og andre prosjekter

Prosjekt DM 108

Desember 1996



Driftsteknisk avdeling
Maskin- og materiellkontoret





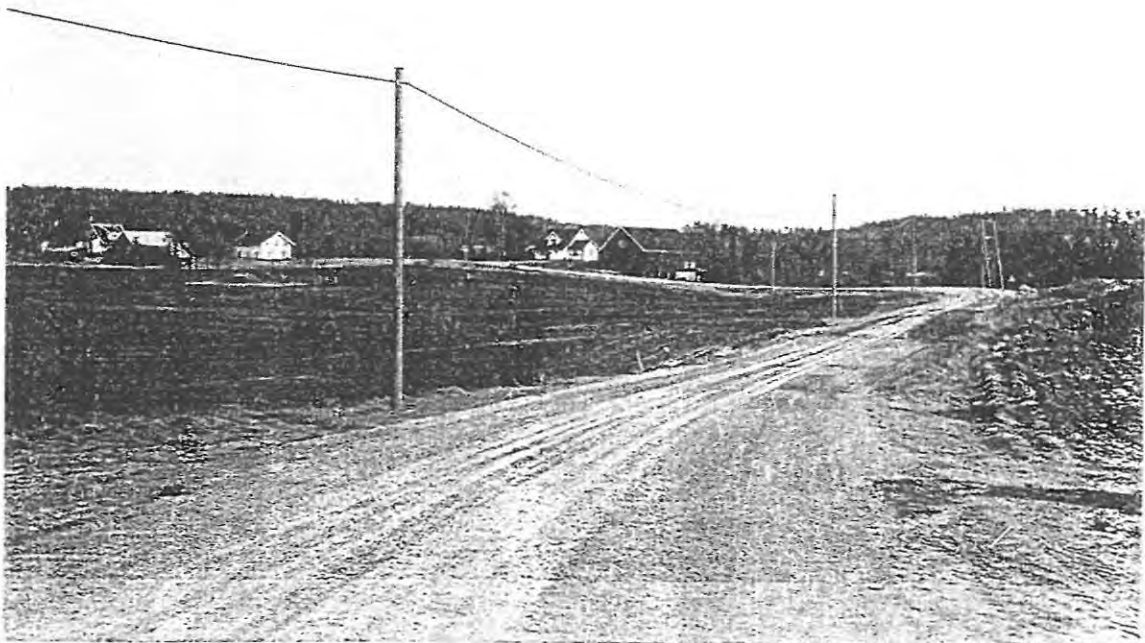
Statens vegvesen
Vegdirektoratet

Støvbinding av grusveger

Maskinforvaltningen
FoU, utprøvinger og andre prosjekter

Prosjekt DM 108

Desember 1996



Driftsteknisk avdeling

Maskin- og materiellkontoret



Forord

I 1994, 1995 og 1996 er det gjort undersøkelser av støvbindingsmaterialer som er i bruk i Statens vegvesen i dag, og samlet erfaringer knyttet til bruken av dem. Resultatene fra undersøkelsene er vist i denne rapporten.

Undersøkelsen omfatter støvbindingsmaterialene CaCl_2 , MgCl_2 , smeltesalt (Hydrosalt), lignin (Dustex) og bitumenemulsjon.

Undersøkelsen gir informasjon om materialenes egenskaper, teknisk beskrivelse av utførelsen, kostnader ved bruk av støvbindingsmaterialene og en arbeidsmiljøvurdering av materialene.

Rapporten baserer seg på feltforsøk (CaCl_2 og MgCl_2), befaring under og etter utspredelse av ulike støvbindingsmaterialer (smeltesalt - Hydrosalt, lignin - Dustex og bitumenemulsjon), kontakt med vegstasjoner, spørreundersøkelse til vegkontorene, og resultater fra tidligere norske og svenske undersøkelser.

Feltforsøkene med CaCl_2 og MgCl_2 er utført i Kongsvinger-området, knyttet til Kongsvinger trafikkstasjon.

For materialene smeltesalt (Hydrosalt) og lignin (Dustex) baserer rapporten seg på befaring under utspredelse, samt møte og oppsummering av erfaringer knyttet til et vedlikeholdsområde for hvert av materialene. For smeltesalt knytter erfaringene seg til oppfølging mot Ringsaker vegstasjon (Hedmark) og for lignin (Dustex) mot Ramstad vegstasjon (Østfold). For bitumenemulsjon er oppsummeringen gjort etter en befaring og et møte ved vegkontoret i Oppland.

Vegdirektoratets prosjektleder har vært Thore Larsen, Maskin- og materiellkontoret.

ViaNova har hatt ansvaret for planlegging og oppfølging av forsøkene i Kongsvinger-området, oppfølging mot vedlikeholdsområde/vegkontor samt rapportering av resultatene.

Maskin- og materiellkontoret
Desember 1996

Arnulf Ingulstad
sjefsingeniør

Thore Larsen
førstekonsulent

Innhold

Sammendrag	1
1 Mål for undersøkelsen	7
2 Oppfølging av støvbindingsmaterialer	9
3 Støvbinding av grusveg	10
3.1 Generelt	10
3.2 Teoretisk grunnlag - Salter (CaCl_2 , MgCl_2 og smeltesalt)	10
3.2.1 Delikvescens	11
3.2.2 Hygroskopisitet	12
3.2.3 Kolligative egenskaper - løsnings damptrykk	13
3.2.4 Øvrige materialeegenskaper	14
3.3 Laboratorieundersøkelser	14
3.4 Vedlikeholdsstandard for støvbinding av grusveg ...	16
4 Vedlikehold av grusveger	16
4.1 Oppgrusing: Teknisk beskrivelse	16
4.2 Høvling: Teknisk beskrivelse	17
5 Støvbinding: Teknisk beskrivelse	18
5.1 Kalsiumklorid - CaCl_2	18
5.1.1 Materialeegenskaper og produksjon	18
5.1.2 Lagring og håndtering	19
5.1.3 Teknisk utførelse	20
5.1.4 Kostnader	22
5.2 Magnesiumklorid - MgCl_2	26
5.2.1 Materialeegenskaper og produksjon	26
5.2.2 Lagring og håndtering	26
5.2.3 Teknisk utførelse	27
5.2.4 Kostnader	29
5.3 Smeltesalt (Hydrosalt)	32
5.3.1 Materialeegenskaper og produksjon	32
5.3.2 Lagring og håndtering	32
5.3.3 Teknisk utførelse	33
5.3.4 Kostnader	35
5.4 Lignin (Dustex)	38
5.4.1 Materialeegenskaper og produksjon	38
5.4.2 Lagring og håndtering	38
5.4.3 Teknisk utførelse	38
5.4.4 Kostnader	41
5.5 Bitumenemulsjon	45
5.5.1 Materialeegenskaper og produksjon	45
5.5.2 Lagring og håndtering	45
5.5.3 Teknisk utførelse	46
5.5.4 Kostnader	48
6 Evaluering / Vurdering	52
7 Litteraturreferanser	57

Sammendrag

Grunnlaget for rapporten

For å gjøre en sammenlignende vurdering av ulike metoder for støvbinding som brukes av Statens vegvesen, har Maskin- og materiellkontoret i Vegdirektoratet gjennomført undersøkelser i perioden 1994 - 1996. Ved **feltforsøk i 1994** ble $MgCl_2$ fra Israel og $CaCl_2$ fra Ukraina spredd ut for å teste egenskaper knyttet til håndtering, utspredning og oppløsning av materialet på veggen, og holdbarheten på veggen (mot utvasking).

Ved **feltforsøk i 1995** ble $MgCl_2$, $CaCl_2$ fra Ukraina, $CaCl_2$ fra Hydro og to kvaliteter $CaCl_2$ fra Nederland, hhv 79-81% og 92-95 % testet mhp å registrere eventuelle ulikheter mellom salttypene i virkning og varighet.

Feltforsøket i 1996 ble gjort for å sammenligne støvdempingsegenskapene til $CaCl_2$ fra Nederland, kvalitet 77-80 % og 95-97 %, mot $CaCl_2$ fra Hydro for å komplettere forsøkene i 1995. Forsøket gikk ut på å undersøke varighet til de ulike typene ved én utspredning, og dessuten undersøke effekten av å redusere mengden utspredd $CaCl_2$ fra Nederland, kvalitet 95-97 %, på en delstrekning.

Analyse av **kloridinnhold i grusprøver** fra prøvestrekningene ble gjort ved forsøkene i 1995 og 1996 for å bidra til vurderingen av hvor lenge saltet forble i grusdekket.

Det ble gjennomført **laboratorieforsøk** i 1995 og 1996 for å undersøke 6 ulike salttypers evne til å ta opp vann samt til å holde på vann. I 1995 ble $CaCl_2$ fra Hydro, $CaCl_2$ fra Ukraina, 2 typer $CaCl_2$ fra Nederland (79-81 % og 92-95 %), $MgCl_2$ fra Israel og Hydrosalt (smeltesalt) testet i 2 fukte/tørke-sekvenser. I 1996 ble forsøket gjentatt med 2 prøver av $CaCl_2$ fra Hydro, 2 typer $CaCl_2$ fra Nederland (77-80 % og 95-97 %), $MgCl_2$ fra Israel og Hydrosalt.

Parallelt er det fulgt opp **ordinære støvbindingsarbeider** med smeltesalt i Hedmark, lignin i Østfold og bitumenemulsjon i Oppland.

En **spørreundersøkelse** om støvbindingsmaterialer til 15 vegkontor ble gjennomført høsten 1996. Opplysninger som kom fram i denne undersøkelsen ble brukt til å verifisere og korrigere data innhentet fra feltforsøkene og oppfølgingen av støvbindingsarbeider i Hedmark, Oppland og Østfold.

Oversikt over resultater

Det er ca 25 000 km riksveger, fylkesveger og kommunale veger med grusdekke som slitelag i Norge i dag. Forbruket til drift og vedlikehold av grusdekker på riks- og fylkesveger var i 1991 ca 156 mill kr, og medregnet de kommunale grusvegene er totalforbruket i 1991 blitt anslått til ca 270 mill kr. **Kostnadene til støvbinding** utgjør 18 % av grusvegvedlikeholdet, men materialvalget vil påvirke alle de andre delprosessene og dermed totalkostnadene. Bruk av egnede støvbindingsmaterialer er derfor viktig.

Fordelingen på delprosessene var i 1991 følgende:

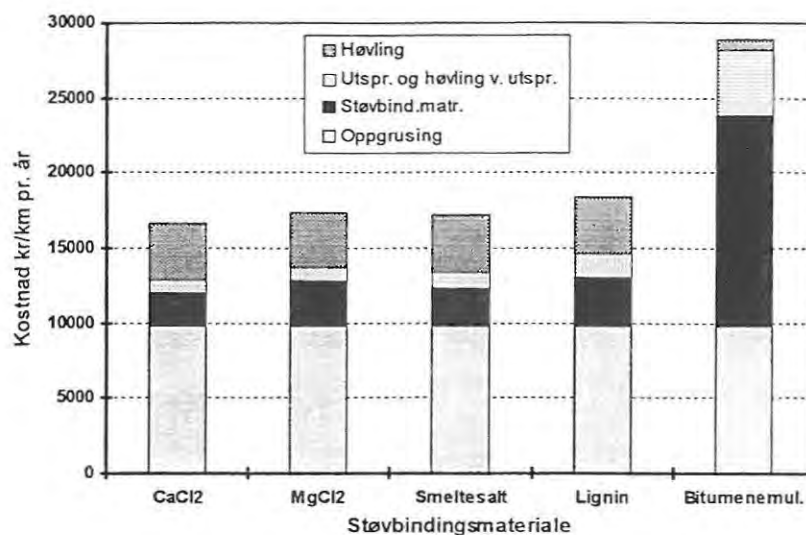
Prosess (beløp i 1000 kr, 1991)	Rv	Fv	Kv ¹⁾	Sum ¹⁾
61.1 Lapping av grusdekke	1 854	11 167	9 238	22 258
61.2 Høvling av grusdekke	5 173	37 900	31 351	74 424
61.3 Støvbinding med klorkalsium	2 600	24 075	19 915	46 590
61.4 Støvbinding med andre kjemikalier	60	1 324	1 096	2 480
61.5 Vanning av grusdekker	240	1 018	842	2 100
61.6 Oppgrusing (legging av grusdekke)	8 704	55 461	45 878	110 043
61.7 Forbedring av materialsammensetning i slitelag	5	7	5	17
61.9 Øvrig	1 989	4 300	3 557	9 845
Sum	20 623	135 253	111 883	267 759

¹⁾ Forbruket til drift/vedlikehold pr km kommunale grusveger antas å være 40 % av forbruket for fylkesveger

I delprosess 61.3 og 61.4 inngår materialinnkjøp med ca 20 mill kr for riksveger og fylkesveger. Til sammenlikning har innkjøpskostnadene for salt til vintervedlikehold de siste årene vært ca 21 mill kr årlig for riks- og fylkesveger.

Støvbindingsmaterialer kan deles inn i **grupper** etter virkemåte. **Salter** (CaCl_2 , MgCl_2 og smeltesalt) virker gjennom sin evne til å binde vann (hygroskopsitet) i grusdekket. Fuktigheten binder støvpartiklene til grusdekket og bidrar samtidig til grusdekkets stabilitet. **Lignin** (Dustex) og **bitumenemulsjon** virker som lim, og gir en binding mellom gruspartiklene. Dette resulterer i en form for fast dekkeoverflate.

Kostnadene til grusvegvedlikehold varierer med hvilket støvbindingsmateriale man velger. Normale kostnader ved bruk av ulike materialer er vist i figuren på neste side. Kostnadene er beregnet i en modell hvor vedlikeholdsstandarden er overholdt gjennom hele sesongen, og hvor man skal oppnå samme effekt fra de ulike støvbindingsmaterialene. Det er tatt hensyn til at de ulike materialene krever ulik innsats mhp mengde og arbeid.



Beløpene angir årlige kostnader pr km grusveg. Modellen er etablert på basis av innsamlede opplysninger og erfaringsdata om priser og mengder, feltforsøk og spørreundersøkelse. I "normalsituasjonen" som ligger til grunn for modellen regnes det med følgende aktiviteter og forbruk pr år for de ulike typene av støvbindingsmaterialer:

	Støvbindingsmaterialer				
	CaCl ₂	MgCl ₂	Smeltesalt	Lignin	Bitumenemulsjon
Oppgrusing					
- forbruk	70 m ³	70 m ³	70 m ³	70 m ³	70 m ³
- materialkostnad	70 kr/m ³	70 kr/m ³	70 kr/m ³	70 kr/m ³	70 kr/m ³
- utføring	70 kr/m ³	70 kr/m ³	70 kr/m ³	70 kr/m ³	70 kr/m ³
Støvbinding					
- antall utspr. pr år	2	2	1,5 (1 el. 2)	2	1
- forbruk pr utspr.	700 kg/km	900 kg/km	1.800 v. 1. utspr. 300 v. 2. utspr.	6m ³ /km, 1:2 v. 1. utspr. 6m ³ /km, 1:3 v. 2. utspr.	2 l/m ²
Støvb. materiale					
- innkjøp	1.400 kr/t	1.200 kr/t	1.100 kr/t	750 kr/t (kons.)	1.400 kr/t
- transport, handl.	200 kr/t	200 kr/t	levert vegstasjon	levert vegstasjon	levert vegstasjon
Kapasitet v. utspr.	35 km/dag	32 km/dag	18 km/dag	7 km/dag	1,3 km/dag
Høvling v. utspr.	3 · lengde	3 · lengde	4 · lengde	4 · lengde	6 · lengde
Annen høvling	12 ggr á 3 · lengde	12 ggr á 3 · lengde	12 ggr á 3 · lengde	12 ggr á 3 · lengde	2 ggr á 3 · lengde

Levetiden på tiltak med bitumenemulsjon er usikker. I modellen er det regnet med 1 års levetid, men med levetid på 2 år vil kostnadene bli vesentlig redusert.

De beregnede årlige kostnadene er ved bruk av CaCl₂, MgCl₂ og smeltesalt mellom 16.600 og 16.900 kr/km. Tilsvarende kostnad ved bruk av lignin er ca 18.400 kr/km. Usikkerheten i beregningene gjør at forskjellene er ubetydelige. Ved bruk av bitumenemulsjon blir kostnadene ca 29.000 kr/km hvis man regner bare ett års varighet av tiltaket.

Tabellen på side 6 inneholder en kortfattet oversikt over tekniske og økonomiske forhold knyttet til de fem støvbindingsmaterialene som er behandlet. En oppsummering av de viktigste resultatene og konklusjonene fra undersøkelsen er gitt nedenfor.

1) Samlet kunnskap og erfaring

Undersøkelsene har samlet og dokumentert kunnskap om

- Omfang av grusvegvedlikeholdet
- Metoder og produkter for støvbinding
- Kostnader ved alternative metoder for støvbinding

2) Optimale valg gjøres ut fra lokale forhold

Det finnes ikke ett klart svar på hvilket støvbindingsmateriale man skal bruke i grusvegvedlikeholdet. For å kunne velge det best egnede må man gjøre en vurdering av lokale forhold som:

- a) Grusmateriale
 - eksisterende grus i vegen (korngradering)
 - tilgang på grusmaterialer
- b) Klima
 - støvbindingsesongens lengde
 - nedbørforhold
- c) Vegens omgivelser og profil
 - dreneringsforhold/opptørkingsforhold
 - skog, jorbruksområde, myr, morene o.a.
 - kurver og bakker
- d) Trafikkforhold
 - trafikkmengde
 - andel tunge kjøretøyer
 - kjørefart
- e) Strekningens beliggenhet mhp. transportavstander
 - transport av høvel
 - transport av støvbindingsmaterialer

3) Kostnadsbildet

Totalkostnadene ved bruk av CaCl_2 , MgCl_2 , smeltesalt og lignin avviker i en normalsituasjon ikke mye i forhold til hverandre, fra 16.600 til 18.400 kr/km. Variasjonen i totalkostnad innen en materialtype pga. ulike lokale betingelser (klima, veg, trafikk), er større enn normalforskjellen mellom materialtypene. Bitumenemulsjon har imidlertid en høyere kostnad hvis årlig behandling er nødvendig.

4) De mest utsatte partiene avgjør støvbindingsbehovet, reduserte mengder anbefales

Forsøkene viser at det er de mest utsatte partiene på en grusvegstreking som utløser tiltak og dermed er dimensjonerende for vedlikeholdet. Dette er ofte kurver, bratte bakker, partier med stor vannavrenning (overflateavrenning, stor drenering pga. grunnforholdene) og solhellinger. Undersøkelsene antyder at man noen steder kan redusere mengden CaCl_2 som legges ut til 700-800 kg/km og oppnå samme varighet av støvbindingen sett under ett for

hele vegstrekningen som ved bruk av 1000 kg/km. På landsbasis vil en slik reduksjon kunne gi en årlig besparelse av størrelsesorden 5 mill kr.

5) Høykvalitetsvare gir ikke ønsket resultatforbedring

Høyere kvalitet på CaCl_2 viser seg å være vanskelig å utnytte i praksis fordi effekten ikke er tilstrekkelig til at varigheten av støvbindingstiltaket på de mest utsatte partiene av grusvegen blir merkbart lenger. Men ved like innkjøpsbetingelser bør høykvalitetsvaren benyttes.

Teknisk vurdering	CaCl ₂	MgCl ₂	Smeltesalt	Lignin	Bitumenemulsjon
Virkemåte	Binder vann i grusdekket	Binder vann i grusdekket	Binder vann i grusdekket	Binder sammen gruspartiklene	Binder sammen gruspartiklene
Kilde	Biprodukt ved sodaproduksjon	Inndamping av havvann (Dødehavet)	Biprodukt ved magnesiumproduksjon	Biprodukt ved celluloseproduksjon	Råolje
Leveringsform	Storsekk, ca 1000 kg	Storsekk, ca 1000 kg	Storsekk, ca 900 kg	Lagertanker	Tankbil til lagertank
Materialform	Flakes, diam. 3-5 mm Pellets, 2-5mm (1-10mm)	Flakes, diam 4-5mm (kan være 10-15 mm)	Flakes, diam. 1-4 mm	Flytende, utspedd med vann	Flytende (emulsjon med 60 % bitumeninnhold)
Utleggingsutstyr	Lastebil med strøpparat	Lastebil med strøpparat	Lastebil med strøpparat + veghøvel	Lastebil med tank og sprederbom	Sprøytevogn / kombispreader, veghøvel
Optimale forhold ved utlegging	Oppholdsvarer, våt grus, høvlet overflate	Oppholdsvarer, våt grus, høvlet overflate	Oppholdsvarer, våt grus, høvlet overflate	Oppholdsvarer (duskregn ok) oppholdsvarer e. utspredn., våt grus, høvlet overfl.	Oppholdsvarer (duskregn ok) , våt grus, høvles etter spesielt mønster
Oppløsningsstid	8 timer - 1 døgn, avhengig av kvalitet	Ca. 4 timer	Ca. 12 timer	-	-
Tid etter utlegging til god støvdemping og bundet grusoverflate oppnås	2 - 4 døgn	2 - 4 døgn	1 - 3 døgn	1 - 3 døgn	1 - 5 døgn
Spesielle forhold			Må høvles etter utspredning. Fordel med trafikk umiddelbart etter utsp.	Krav til finstoffinnh. Krav til tverrfall	Krav til jevn siktekurve for grus, fordel med trafikk umiddelbart for å komprimere
Materialkostnad	Ca. 1600 kr/tonn	Ca. 1400 kr/tonn	Ca. 1100 kr/tonn	Ca. 750 kr/tonn	Ca. 1400 kr/tonn
Antall utspredninger pr år	1 - 2 (3)	1 - 2 (3)	1 - 2	1 - 3 (4)	0,5 - 1,5
Normalforbruk pr km pr år	700 kg + 700 kg	900 kg + 900 kg	1800 kg + 300 kg	6 m ³ blandet 1:2 6 m ³ blandet 1:3	10 m ³ ved 1 utspredning (50/50 % blanding av emulsjon og vann)
Normal totalkostnad pr km pr år	Ca. 16.600 kr	Ca. 16.900 kr	Ca. 16.800 kr	Ca. 18.400 kr	Ca. 28.900 kr (ved 1 års virkningstid.)
Arbeidsmiljø	Støver ved pålasting på spredebil, hudirritasjon ved kontakt	Støver ved pålasting på spredebil, hudirritasjon ved kontakt	Støver ved pålasting på spredebil, hudirritasjon ved kontakt		

I Mål for undersøkelsen

I Norge er det i dag ca 25.000 km med riksveger, fylkesveger og kommunale veger som har grusdekke som slitelag. De aller fleste av disse vegene blir hvert år behandlet med støvbindingsmaterialer for å hindre støving, samt for å sikre at vegoverflaten blir jevn slik at kjørehastigheten ikke blir vesentlig redusert.

Kostnadene til vedlikehold av riks- og fylkesveger med grusdekke var i perioden 1990 til 1993 mellom 130 og 160 mill kr årlig. Tabell 1 viser lengder og rapportet forbruk til vedlikehold av riks-, fylkes- og kommunale- grusveger fylkesvis i 1991.

	Rv		Fv		Kv	
	Lengde km	Forbruk 1000 kr	Lengde km	Forbruk 1000 kr	Lengde km	Forbruk ¹⁾ 1000 kr
Østfold		252	320	6 218	461	3 031
Akershus	2	295	152	3 545	722	4 748
Hedmark	46	1 493	1 236	15 639	1 461	9 613
Oppland	36	811	620	9 942	1 156	7 602
Buskerud		160	27	207	503	3 306
Vestfold		7		9	179	1 174
Telemark		384	133	2 591	708	4 654
Aust-Agder		25	258	4 702	447	2 940
Vest-Agder	18	525	596	11 174	844	5 554
Rogaland		3	127	2 824	479	3 150
Hordaland		65	8	89	601	3 950
Sogn og fjordane		74	2	344	1 110	7 303
Møre og Romsdal	116	5 226	788	15 448	1 353	8 902
Sør-Trøndelag	100	3 259	977	17 734	1 073	7 060
Nord-Trøndelag	92	2 975	1 029	12 537	1 548	10 183
Nordland	70	3 524	1 276	22 011	2 596	17 076
Troms		57	590	7 705	1 070	7 037
Finnmark		1 491	83	2 534	699	4 598
Sum (1000 kr)	479	20 623	8 224	135 253	17 008	¹⁾ 111 883
Forbruk pr km (1000 kr)		43.1		16.4		¹⁾ 6.6

¹⁾ Forbruket til drift/vedlikehold pr km kommunale grusveger antas å være 40 % av forbruket for fylkesveger

Tabell 1 Lengder av grusveger i Norge og forbruk til drift/ vedlikehold pr fylke i 1991.

Fordelingen på delprosessene innen vedlikehold av grusveger i 1991 er vist i tabell 2.

Prosess (beløp i 1000 kr, 1991)	Rv	Fv	Kv ¹⁾	Sum ¹⁾
61.1 Lapping av grusdekke	1 854	11 167	9 238	22 258
61.2 Høvling av grusdekke	5 173	37 900	31 351	74 424
61.3 Støvbinding med klorkalsium	2 600	24 075	19 915	46 590
61.4 Støvbinding med andre kjemikalier	60	1 324	1 096	2 480
61.5 Vanning av grusdekker	240	1 018	842	2 100
61.6 Oppgrusing (legging av grusdekke)	8 704	55 461	45 878	110 043
61.7 Forbedring av materialsammensetning i slitelag	5	7	5	17
61.9 Øvrig	1 989	4 300	3 557	9 845
Sum	20 623	135 253	111 883	267 759

¹⁾ Forbruket til drift/vedlikehold pr km kommunale grusveger antas å være 40 % av forbruket for fylkesveger

Tabell 2 Forbruk pr. delprosess til drift/vedlikehold av grusveger i 1991

Ved å gjøre en antakelse om at man på grusveger på det kommunale vegnettet bruker i gjennomsnitt 40 % pr km i forhold til fylkesveger, kan det antas at totalforbruket i 1991 var ca 270 mill kr for

vedlikehold av grusveger i Norge. Materialkostnadene ved innkjøp utgjør ca 20 mill kr for riks- og fylkesveger. Til sammenlikning kan nevnes at innkjøpskostnadene for salt til vintervedlikehold i 1990-årene gjennomsnittlig har vært ca 21 mill kr årlig (Rv og Fv).

Kostnaden til støvbinding utgjør ca 18 % av kostnadene ved drift- og vedlikehold av grusveger, men materialvalget vil påvirke alle de andre delprosessene. Bruk av egnede støvdempingsmaterialer er derfor viktig.

Formålet med denne undersøkelsen er å gi en oversikt over støvbindingsmaterialene som er i bruk i Statens vegvesen i dag samt erfaringer knyttet til bruken av dem.

Undersøkelsen skal gi informasjon om:

- Materialer: Egenskaper og produksjon
- Teknisk utførelse av støvbinding
 - lagring/håndtering
 - forarbeid/utspredning/virkning
- Kostnad
- Arbeidsmiljø

Følgende støvbindingsmaterialer nyttes i Norge i dag:

- Kalsiumklorid (CaCl_2)
- Magnesiumklorid (MgCl_2)
- Smeltesalt (Hydrosalt)
- Lignin (Dustex, kalsium lignosulfonat)
- Bitumenemulsjon
- Salpeter



Figur 1 Grusveg

2 Oppfølging av støvbindingsmaterialer

Undersøkelsen omfatter følgende støvbindingsmaterialer: CaCl_2 (4 ulike typer), MgCl_2 , smeltesalt (Hydrosalt), lignin (Dustex) og bitumenemulsjon.

Erfaringene ved bruk av CaCl_2 (4 ulike typer) og MgCl_2 baserer seg på resultatene av feltforsøk utført i Kongsvinger-området i 1994, 1995 og 1996, samt erfaringer som Statens vegvesen i Glåmdal trafikkdistrikt har ved bruk av CaCl_2 til støvbinding av grusveger gjennom mange år.

For materialene smeltesalt (Hydrosalt) og lignin (Dustex) baserer rapporten seg på befaring under utspredelse, samt møte og oppsummering av erfaringer knyttet til et vedlikeholdsområde. For smeltesalt knytter erfaringene seg til oppfølging mot Ringsaker vegstasjon (Hedmark) og for lignin (Dustex) mot Ramstad vegstasjon (Østfold). For bitumenemulsjon er oppsummeringen gjort etter en befaring og et møte ved vegkontoret i Oppland.

En spørreundersøkelse som involverte 15 vegkontor ble gjennomført i 1996 for å samle erfaringer knyttet til ulike støvbindemidler. Resultatene fra undersøkelsen er brukt for å kontrollere og justere mengder og priser i rapporten.

For å få en større bredde i vurderingene er det også tatt kontakt med andre representanter for Vegvesenet, samt produsenter og leverandører av støvbindingsmidler.

I tillegg er det samlet inn rapporter fra Norge og Sverige som omhandler resultater fra ulike feltforsøk og utredninger på støvbindingsmaterialer (se litteraturlisten). Resultatene i disse rapportene og utredningene er inkludert i vurderingene og oppsummeringene som er gjort i denne rapporten.

3 Støvbinding av grusveg

3.1 Generelt

For støvdemping og stabilisering av grusveger er det benyttet en rekke materialer som metalliske salter (kalsiumklorid, magnesiumklorid, natriumklorid), lignin, bitumen, sement og annet. Disse materialene virker på forskjellig måte og deres effekt er avhengig av grusmaterialenes sammensetning og egenskaper.

Salter kan virke gjennom sin evne til å binde vann i grusdekket. Lignin er et vannløselig lim som limer gruspartiklene sammen. Tilsvarende gjelder for bitumen hvor vedheft mellom bitumen og gruspartikler danner en mer fleksibel binding i grusen. Sement virker stabiliserende gjennom vanlige kjemiske reaksjoner med vann og tilslagsmaterialer.

3.2 Teoretisk grunnlag - Salter (CaCl_2 , MgCl_2 og smeltesalt)

Opprinnelig ble de metalliske saltene, spesielt kalsiumklorid, bare nyttet for støvdemping. Etter hvert la man merke til at virkningen var bedre på enkelte veger enn på andre, og at det i de vegene hvor man fikk best resultat alltid fantes noe finstoff, f. eks. leire. Dette ledet til utviklingen av de stabiliserte grusdekkene.

Salter (CaCl_2 , MgCl_2 og smeltesalt) virker stabiliserende ved å opprettholde tynne vannhinner som binder finpartiklene i grusdekket sammen. I tørrvær vil saltet følge kapillaritetsvannet opp til overflaten og anrikes der, dvs. saltoppløsningens konsentrasjon øker. Ved moderat regnvær vil saltet føres med vannet lenger ned i vegdekket igjen. Saltet vil således vandre opp og ned i vegdekket uten å forsvinne.

I åpne løse grusdekker vil en del av saltet ved regnvær løses opp og renne vekk uten å kunne løftes opp igjen. Virkningen av saltet på denne type grusdekker blir derfor mindre og behovet for salter større.

På den annen side må grusmaterialene heller ikke være for tette, f.eks. på grunn av stort innhold av leire. Da vil nemlig saltet lett bli skylt bort fra vegen uten mulighet til å trenge ned i vegdekket under regnvær. Det er under slike situasjoner også fare for at vegdekker med overskudd av finstoff og salter blir sleipt og glatt ved regn etter lang tørke.

Saltet har flere oppgaver i grusdekket:

- Binde støvet i grusdekkets overflate. Dette bidrar også til at grusens innhold av finstoff ikke reduseres.

- Stabilisere fuktighetsinnholdet i grusdekket. Vann er en nødvendig bestanddel av grusdekket. Vanninnholdet stabiliseres ved at fuktighet tas opp fra luften og ved at fordampning hemmes.

Et salts støvdempende og stabiliserende egenskaper med hensyn på grusdekker er i hovedsak avhengig av dets delikvescente, hygroskopiske og kolligative egenskaper:

- Delikvescens: Evne til ta opp fuktighet og bli flytende
- Hygroskopisitet: Evne til å trekke til seg og binde vann
- Kolligative egenskaper: Løselighet, løsnings damptrykk og frysepunkt, etc

Både kalsiumklorid, CaCl_2 , og magnesiumklorid, MgCl_2 og smeltesalt har egenskaper innen disse områdene som gjør dem egnet for støvbinding og stabilisering av grusveger.

Kalsiumklorid, CaCl_2 , forekommer som monohydrat, dihydrat og hexahydrat, dvs med ett, to eller seks krystallvann. Vanligvis benyttes kalsiumklorid dihydrat, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ for støvdemping. Dette angis som kvalitet 76 % (eller 75,6 % e.l.).

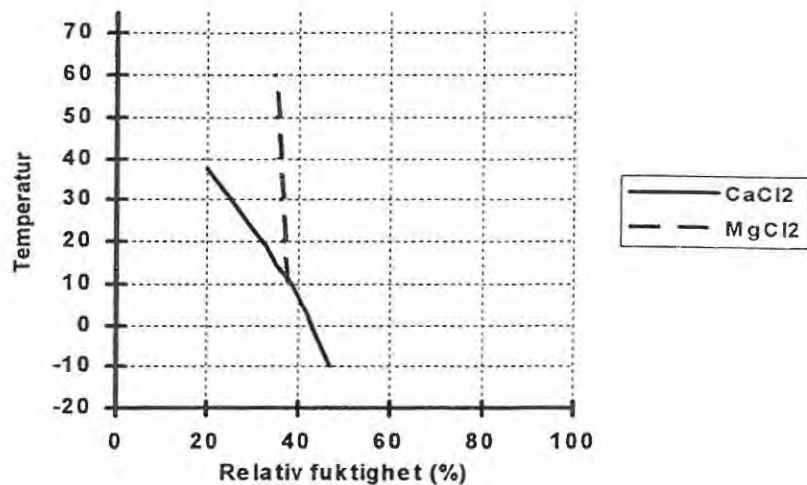
Magnesiumklorid har 6 krystallvann, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Dette angis som kvalitet 46 %.

Smeltesalt består stort sett av kalsiumklorid (CaCl_2), natriumklorid (NaCl), magnesiumklorid (MgCl_2) og kaliumklorid (KCl).

3.2.1 Delikvescens

Delikvescensen, dvs den laveste luftfuktighet og temperatur hvor saltene kan løses opp, er for CaCl_2 og MgCl_2 vist i figur 2.

Opplysninger om delikvescensen for CaCl_2 er hentet fra "MEDDELELSER FRA VEIDIREKTØREN NR. 2 - 1941" og opplysninger om MgCl_2 er hentet hos Norsk Hydro.



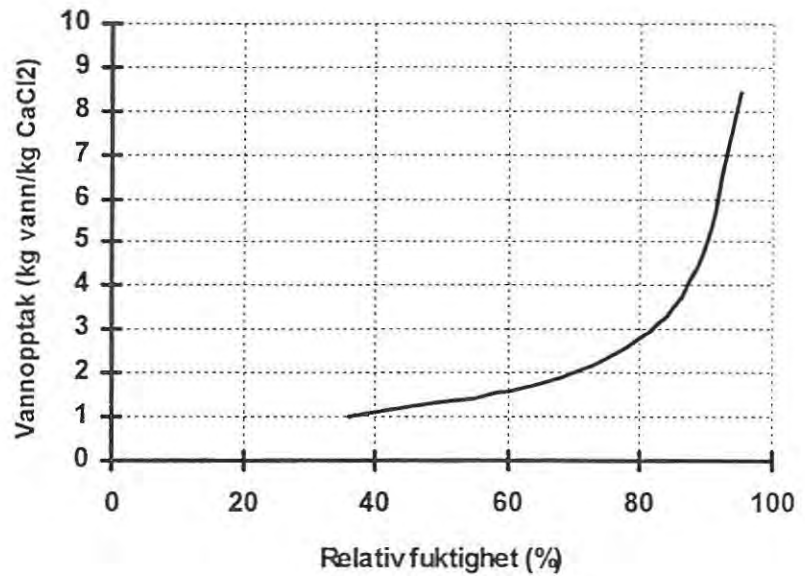
Figur 2 Delikvescens for CaCl_2 og MgCl_2

I området til venstre for kurven vil ikke saltene ta opp nok vann til å kunne oppløses. Under slike forhold er derfor ikke materialet egnet som støvdempingsmiddel.

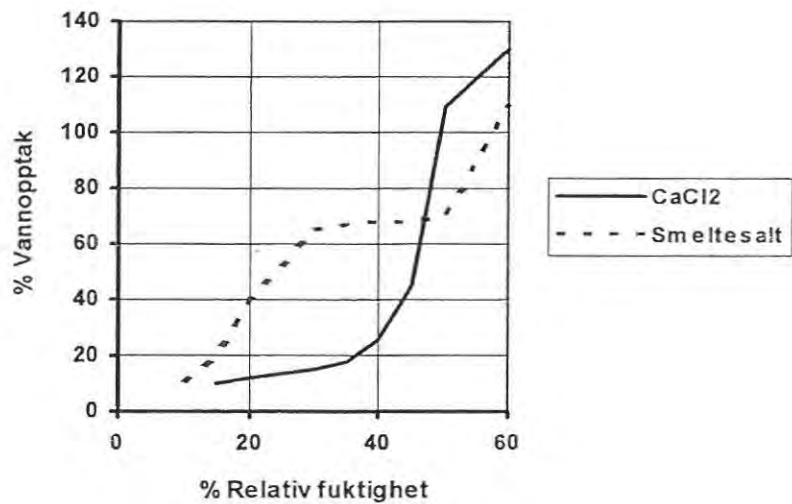
På våren/forsommeren med fine tørre dager er den relative luftfuktigheten som døgngjennomsnitt 64-70 % relativ fuktighet. Om dagen kan den komme ned i 40 % og tilsvarende høyere om natten. Tilsvarende gjennomsnitt for høysommeren er 68-75 %.

3.2.2 Hygroskopisitet

Vannopptaket er svært avhengig av relativ fuktighet. I figur 3 og 4 er vannopptaket vist som funksjon av relativ fuktighet for materialene CaCl_2 og smeltesalt. I figur 3 er den relative fuktigheten målt ved 25 °C, mens i figur 4 er det ikke oppgitt temperaturen ved måling av relativ fuktighet. Opplysninger i figur 3 er hentet fra "MED-ELELSER FRA VEIDIREKTØREN NR. 2 - 1941" og opplysningene i figur 4 er hentet fra rapporten "Støvdemping av grusveger, Alternative støvdempingsmidler", utgitt av Driftsavdelingen i Vegdirektoratet i 1993.



Figur 3 Vannopptak som funksjon av relativ fuktighet for CaCl₂



Figur 4 Vannopptak som funksjon av relativ fuktighet for CaCl₂ og smeltesalt

3.2.3 Kolligative egenskaper - løsnings damptrykk

Av de kolligative egenskapene er løsnings damptrykk en viktig egenskap for støvdempning og stabilisering av grusveger. En kalsiumkloridløsning har ved samme temperatur og relative fuktighet alltid lavere damptrykk enn rent vann. Det betyr at fordampningen fra løsningen skjer langsommere enn fra rent vann.

3.2.4 Øvrige materialelegenskaper

Øvrige egenskaper for disse materialene er vist tabell 3.

	CaCl ₂ *2H ₂ O	MgCl ₂ *6H ₂ O
Molekylvekt	147	203
Densitet	0,835	1,569
Løselighet, kaldt vann	97,7	167 (g/100 ml)
Løselighet, varmt vann	326	367 (g/100 ml)

Tabell 3 Egenskaper ved CaCl₂ og MgCl₂

3.3 Laboratorieundersøkelser

I forbindelse med feltforsøkene i Kongsvinger-området samt oppfølgingen mot noen vegstasjoner i 1995 ble det tatt ut materialprøver av følgende støvbindemidler:

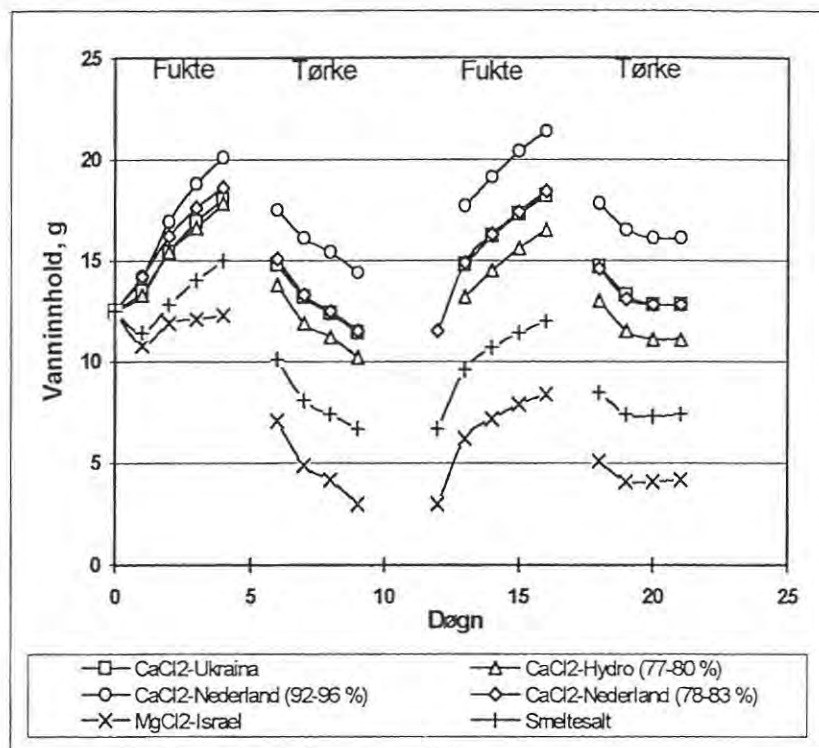
- ▶ CaCl₂ fra Hydro, kvalitet 77-80 %
- ▶ CaCl₂ fra Ukraina
- ▶ CaCl₂ fra Nederland, kvalitet 78-83 %
- ▶ CaCl₂ fra Nederland, kvalitet 92-96 %
- ▶ MgCl₂ fra Israel
- ▶ Smeltesalt (Hydrosalt)

Prøvene ble analysert på Veglaboratoriet mhp. å undersøke materialenes evne til å ta opp vann samt evne til å holde på vann.

I forsøkene ble det brukt en gruskurve 0-8 mm med 5 % filler, basert på grus fra Svelviksand. Grusen ble tørket ved 105 °C, kvartet ned til en passende prøvemengde (250 g) og deretter overført til et plastbeger (0,5 l). For å fjerne overflatefuktigheten i støvbindingsmidlet ble materialet tørket i 0,5 t ved 100 °C. Deretter ble støvbindingsmiddel, 5 % støvbindingsmiddel (12,5 g), og vann, 5 % vann (12,5 g), tilsatt grusen. Vannet ble rørt inn i grusen ved starten av forsøket. Deretter ble prøven plassert i et klimaskap for gjennomføring av 2 tørke-/fukte-sekvenser, hver sekvens med lengde 5 døgn. Etter hver periode ble materialet i begeret omrørt for å motvirke sammenkaking og utvasking. Prøvene ble veid daglig.

I fukteperiodene var den relative fuktigheten 70 % og temperaturen 20 °C, mens den relative fuktigheten var 30 % og temperaturen 30 °C i tørkeperiodene.

Resultatene er vist i figur 5.



Figur 5 Støvbindingematerialenes evne til å ta opp vann samt til å holde på vann

Resultatene viste at prøvene med CaCl₂ hadde bedre evne til å ta opp vann enn smeltesalt (Hydrosalt) og MgCl₂. Resultatene fra tørkeperiodene viser at prøvene med CaCl₂ ikke avgir mer vann enn prøvene med smeltesalt og MgCl₂ selv om vanninnholdet i prøvene etter fukteperioden er høyere. Det kan også være andre egenskaper ved støvbindingemidlet enn evnen til å ta opp vann og evnen til å holde på vann som er avgjørende for virkningen på veien.

Resultatene viser at ved laboratorieundersøkelser har CaCl₂ med høy renhet (92-96 %) bedre egenskaper til å ta opp vann enn de typene med lavere renhet (75- 83 %). Under tørkeperioden avgir ikke CaCl₂ med renhet 92-96 % mer vann enn de andre typene med CaCl₂ selv om vanninnholdet i prøvene etter fukteperioden er høyere.

Selv om laboratorieforsøk viser at CaCl₂ fra Nederland, kvalitet 92-96 %, har bedre evne til å ta opp vann enn de andre typene med CaCl₂ er det ikke sikkert at feltforsøk vil vise den samme forskjellen. Hvis feltforsøk med CaCl₂, kvalitet 92-96 %, viser bedre evne til å ta opp vann og klarer å beholde mer fuktighet i grusen under tørkeperioder enn de andre typene CaCl₂, kan det med bruk av denne kvaliteten være aktuelt å redusere forbruket under utspreidning i forhold til det som er normalt.

3.4 Vedlikeholdsstandard for støvbinding av grusveg

I vedlikeholdsstandarden for riksveger for Statens vegvesen, håndbok 111, er standarden for grusveger beskrevet ved krav til jevnhet, tverrfall og støvforhold.

Jevnhet: Når kjørefarten må senkes mer enn 10 km/t skal det høvles.

Tverrfall: Når avvik fra foreskrevet tverrfall overskrider $\pm 2\%$ skal det høvles.

Støvforhold: Når en ikke ser bakenforliggende kjøretøy tydelig ved normal kjørefart og avstand, skal det foretas støvdemping. På lite trafikkerte veger (ÅDT mindre enn 300) uten randbebyggelse og utenfor tettbygd strøk kan kravet til støvdemping reduseres noe.

4 Vedlikehold av grusveger

Totalt vedlikehold av en grusveg består av oppgrusing, støvbinding og høvling. Egenskaper hos enkelte støvbindemidler kan føre til større eller mindre behov for oppgrusing og/eller høvling sammenlignet med bruk av andre støvbindemidler. Det er også mange andre årsaker enn type støvbindemiddel som fører til at behovet for oppgrusing og høvling vil variere fra grusveg til grusveg.

Den tekniske beskrivelsen av oppgrusing og høvling er vist i dette kapitlet, mens den tekniske beskrivelsen for støvbinding av grusveger er vist i kapittel 5. Beskrivelsen for oppgrusing og høvling vil være forholdsvis lik uansett hvilken støvbindingsmetode som blir brukt.

4.1 Oppgrusing: Teknisk beskrivelse

Oppgrusingen skjer vanligvis 1 gang i året, men det varierer fra én oppgrusing hvert 5. år til 2 oppgrusinger i året. Oppgrusingen skjer som regel samtidig med høvling og utspredning av støvbindemiddel om våren. Noen steder skjer oppgrusingen om høsten og for enkelte steder blir det bare gjort en flekkvis oppgrusing av vegene, dvs. der hvor behovet er størst. Ved oppgrusing 2 ganger i året gjøres det vår og høst. Dårlig bæreevne på vegen om våren kan være en av årsakene til at man foretar oppgrusing om høsten.

Kravene til grus er gitt i Vegnormalene 018 Vegbygging. I tabell 4 er det anslått et normalt forbruk av grus pr. år. Mengdene tar utgangspunkt i at oppgrusingen bare skal erstatte tapt masse og ikke danne grunnlag for å oppruste vegen med riktig takfall. Forbruket kan da komme opp mot 200-300 m³/km.

Forbruket er bl.a. avhengig av vegbredde (utgangspunkt for tabell 4 er 5 m), nedbørsmengde, vegens beliggenhet (åpent lende eller inne i skogen), grusens kvalitet og grusens kornfordeling.

Trafikkmengde	Grusmengde (m ³ /km)
ÅDT større enn 500	70 - 100
ÅDT mellom 500 og 300	50 - 70
ÅDT mindre enn 300	25 - 50

Tabell 4 Normalforbruk av grus pr. år, avhengig av trafikkmengde (fra Motiv)

Spørreundersøkelsen viste ulike praksis fra fylkene. Grusmengden varierte fra 20 til 240 tonn/km (ca 10 - 120 m³/km) med et gjennomsnitt på 100 tonn/km. Utifra det innsamlede materialet er det vanskelig å si noe generelt om man ved bruk av en type støvbindemiddel kan redusere behovet for oppgrusing i forhold til bruk av andre typer støvbindemidler. På noen grusveger vil en type støvbindemiddel føre til mindre behov for oppgrusing, mens på andre grusveger vil en annen type støvbinde-middel føre til mindre behov for oppgrusing. I tillegg til ulike egenskaper ved støvbindemidlet vil også faktorer som i hvilken grad man har lykket ved første utspredning, værforhold, trafikkmengde, vegens beliggenhet (åpent lende eller inne i skogen), vegens geometri (avrenningsforhold), grunnforhold, gruskvaliteten på vegen m.m. avgjøre behovet for oppgrusing.

4.2 Høvling: Teknisk beskrivelse

I løpet av sesongen må de fleste grusvegene høvles, men høvlingsfrekvensen varierer mye. Erfaringer viser at den kan variere fra 0 til 30 høveltiltak pr. år. Ved hvert tiltak høvles det fra 2 til 4 ganger (frem og tilbake = 2) pr. strekning.

Høvlingsfrekvensen er avhengig av type støvbindemiddel som blir brukt, i hvilken grad man har lykket med 1. utspredning om våren, trafikkmengde, nedbørsmengde og -intensitet, vegens beliggenhet (åpent lende eller inne i skogen), vegens geometri og dreneringsevne, vegens grunnforhold, gruskvaliteten på vegen m.m.

Dersom man er for seint ute med 1. utspredning om våren og det samtidig er tørt, vil både støvbindemidlene CaCl₂, MgCl₂, smeltesalt (Hydrosalt) og lignin (Dustex) trenge lite ned i gruslaget. Det behandlede grusdekket blir derfor tynt. Dette kan medføre slaghulldannelse og stort høvlingsbehov.

Til høvling brukes det som regel veghøvel.

For støvbindingsmaterialene CaCl₂, MgCl₂, smeltesalt (Hydrosalt) og lignin (Dustex) er det vanskelig å differensiere behovet for høvling

avhengig av type støvbindemiddel, dvs. om behovet for høvling er mindre ved bruk av en type støvbindemiddel sammenlignet med de andre typene. Ved bruk av bitumenemulsjon til støvbinding av grusveger er erfaringene at behovet for høvling er mindre.

For å redusere antall høveltiltak gjennom sesongen er det viktig å høvle i rett tid, f.eks er det viktig å høvle raskt etter perioder med regnvær for å redusere antall slag hull.

Det er registrert at det er noe vanskeligere å få et godt resultat ved høvling når det brukes bitumenemulsjon og lignin (Dustex) som støvbindingsmiddel sammenlignet med bruk av CaCl_2 , MgCl_2 og smeltesalt (Hydrosalt). Dette skyldes at kantene på hullene blir skarpere ved bruk av bitumenemulsjon og lignin (Dustex) enn det gjør ved bruk av de andre. Ved bruk av bitumenemulsjon kan kantene bli så skarpe at det enkelte ganger er behov for en asfaltfreser for å få vekk hullene. Slitasjen på høvelutstyret blir dermed også noe større ved bruk av bitumenemulsjon og lignin (Dustex) enn det gjør ved bruk av CaCl_2 , MgCl_2 og smeltesalt (Hydrosalt).

Ved høvling av bitumenemulsjon og lignin (Dustex) er det registrert at kvaliteten på støvdempingstiltaket blir redusert siden det er vanskelig å få en like hard overflate som den man hadde før høvling.

5 Støvbinding: Teknisk beskrivelse

5.1 Kalsiumklorid - CaCl_2

5.1.1 Materialeegenskaper og produksjon

Kalsiumklorid, CaCl_2 , er et biprodukt ved produksjon av soda. Det forekommer i væskeform, men til bruk som støvbinding blir CaCl_2 levert som pellets eller flakes.

Den kalsiumkloriden som leveres til støvbinding av grusveger i Norge består i det vesentlige av CaCl_2 (75-95 %), NaCl og KCl .

I Norge har det stort sett vært en leverandør av CaCl_2 til Statens vegvesen, Norsk Hydro AS. De har levert CaCl_2 i flakes-form. Gjennomsnittlig diameter på flakes har vært 3-5 mm. I følge kravspesifikasjonene til Statens vegvesen skal støvbindingsmidlet CaCl_2 bestå av minst 76 % CaCl_2 .

I 1994 og 1995 har det kommet andre typer CaCl_2 på det norske markedet, CaCl_2 fra Ukraina med kvalitet 76 % og 2 kvaliteter CaCl_2 fra Nederland med kvalitet henholdsvis 79-81 % og 92-95 %. Alle disse 3 "nye" materialene er i pellets-form. Diameteren på pelletsen fra Ukraina varierer endel, fra mindre enn 1 mm til ca 10 mm.

Gjennomsnittlig diameter er 3-5 mm. For de 2 materialene fra Nederland varierer diameteren på pelletsen fra mindre enn 1 mm til 4-5 mm, med en gjennomsnittlig diameter på 2-3 mm.

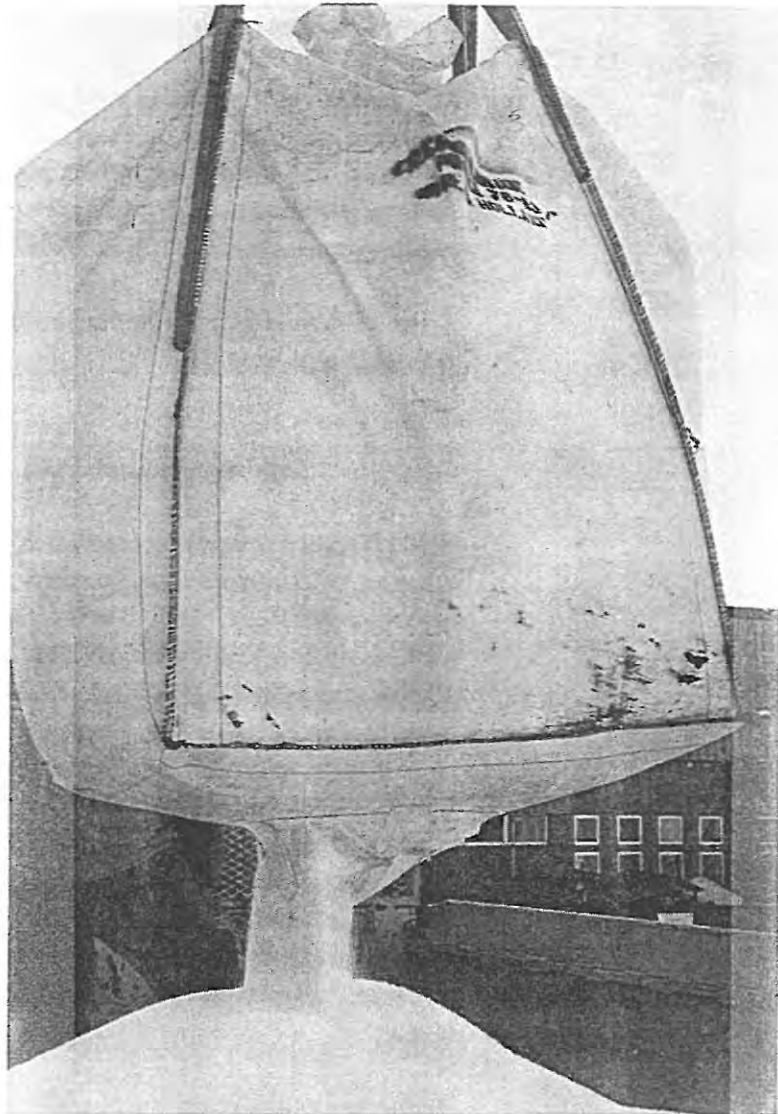
Kostnadene ved anskaffelse av CaCl_2 vil variere endel avhengig av bl.a. type, leveringssted, leveringsmengde og graden av konkurranse i markedet. Ved tilbudsinnlevering til Statens vegvesen for sesongen 1996 varierte kostnadene fra 1200 kr/tonn til 1800 kr/tonn levert vegkontorene. De fleste tilbud lå mellom 1600 og 1800 kr/tonn.

Kalsiumklorid (CaCl_2) virker gjennom sin evne til å binde vann i grusdekket, se kap. 3.1.

5.1.2 Lagring og håndtering

CaCl_2 leveres vanligvis i storsekk (ca 1000 kg) og kan da lagres utendørs på et tørt underlag, under forutsetning av at sekkene er tilstrekkelig tildekt. CaCl_2 bør leveres i doble sekker for å unngå at sekkene går i stykker ved lagring og håndtering, samt for å unngå at det kommer fuktighet inn i sekkene slik at det dannes klumper. Den indre sekken bør være tett. Den ytre sekken skal være for beskyttelse av den indre og for løfting i forbindelse med flytting av sekker. Derfor bør det på toppen av den ytre sekken være en løftehempe slik at sekken enkelt kan flyttes ved bruk av hjullaster. Ved tilstrekkelig tildekning og egnede sekker har det ikke oppstått problemer i forbindelse med lagring. Svarene fra spørreundersøkelsen antyder allikevel at CaCl_2 klumper seg ved langvarig lagring. Det er også rapportert at enkelte sekker har dårlig kvalitet og at løftehempene ryker.

Under tømning av sekk på lastebil og under utspredning støver CaCl_2 i flakesform noe mer enn CaCl_2 i pelletsform, men støvmengden anses normalt ikke som noe problem, men hudirritasjon kan forekomme ved uforsiktig håndtering og manglende tildekking.



Figur 6 Pålasting av CaCl_2 på bil

5.1.3 Teknisk utførelse

CaCl_2 spres normalt ut 1-2 ganger i året. I spesielle tilfeller kan det forekomme 3 utspredninger pr år. Første utspredning skjer om våren (april/mai). Senere på året støvbindes det etter behov, vanligvis om sommeren (juni/juli) og tidlig på høsten (august).

Antall utspredninger er avhengig av i hvilken grad man har lyktes ved første utspredning, værforhold, trafikkmengde, vegens beliggenhet (åpent lende eller inne i skogen), vegens geometri, grunnforhold, gruskvaliteten på vegen m.m.

I tørre perioder og i et tørt klima øker forbruket spesielt hvis en ikke oppnår god nedtrengning av CaCl_2 ved utspredning om våren. Vær- og nedbørsforholdene i månedene mai til og med juli er avgjørende for behovet for ny(e) utspredninger i sesongen. Komplettering utover året kan gjøres på flere måter, enten full utspredning på alle grusvegene, utspredning på deler av strekningene eller lapping på små

områder hvor effekten av støvbindingsmaterialet er borte eller sterkt redusert.

I tabell 5 er det anslått et normalt forbruk av CaCl_2 pr. år. Tabellen er fra Motiv og bygger på erfaringsdata fra riksveger. Spørreundersøkelsen i 1996 til vegkontorene angir et forbruk pr km fra 0.5 til 4 tonn pr km (gjelder både riks- og fylkesveier). Gjennomsnittlig ble det brukt 1.4 tonn/km. Årsaker til den store forskjellen av utsprede mengder er at det er ulike behov fra veg til veg, og at man velger å ha ulik standard på grusvegene. Spesielt velges det ulike nivåer på standarden på riksveger og fylkesveger.

Trafikkmengde	Mengde (tonn/km)
ÅDT større enn 500	2.0 - 3.5
ÅDT mellom 500 og 300	1.5 - 2.0
ÅDT mindre enn 300	0.7 - 1.5

Tabell 5 Normalforbruk av CaCl_2 pr. år, avhengig av trafikkmengde (fra Motiv)

Utspredning av CaCl_2 foretas i ett eller to drag. De fleste grusveger er såpass smale at utspredningen foregår med ett drag langs midten av vegen. Ved utspredning bør vegene være nyhøvlet. Utspredelsen av CaCl_2 bør foregå i oppholdsvær. Men det er en fordel at grusen er våt for å sikre nedtrengning i gruslaget.

Til utspredning brukes det en lastebil med et påmontert strøpparat bak. Før hver utspredning bør det foretas prøvespredninger for å fastlegge riktig innstilling av sprederåpning (riktig mengde).

Normalt oppnår man god støvdemping fra 2 til 4 døgn etter utspredning.

Ved lang oppbevaringstid av CaCl_2 på lastebil kan materialet endre noe karakter. Materialet tar til seg fuktighet og blir mer seigtflytende. Dette gjelder spesielt CaCl_2 i flakesform. Dette kan føre til at sprederåpningen må justeres for å få ut riktig mengde på vegen.

Oppløsningstiden på CaCl_2 vil variere endel, avhengig av bl.a. type CaCl_2 (flakes eller pellets) og vær- og temperaturforhold under utspredning.

CaCl_2 i flakesform vil gå raskere i oppløsning enn CaCl_2 i pelletsform, forutsatt tilnærmet samme korngradering. Hovedårsaken er at overflatearealet som kommer i kontakt med luft er vesentlig større på CaCl_2 i flakesform sammenlignet med CaCl_2 i pelletsform.

Oppløsningsen vil gå hurtigere i fuktig og varmt vær enn i tørt og kaldt vær. Hvis vegbanen er fuktig ved utspredning vil oppløsnings-

tiden være forholdsvis kort.

På de materialene som blir brukt i Norge i dag kan oppløsningstiden variere fra ca 8 timer til over 1 døgn, forutsatt normal luftfuktighet og normal sommertemperatur, 15 - 20 °C. Oppløsningstiden for CaCl_2 fra Hydro ved disse forholdene er ca 8 timer, CaCl_2 fra Nederland ca 12 timer og CaCl_2 fra Ukraina noe over 1 døgn (i den form disse er levert i 1994/95).

Lang oppløsningstid kan føre til tap av CaCl_2 til omgivelsene, fordi trafikken kan blåse bort CaCl_2 fra kjørebanelen. Erfaringer har vist at dette sannsynligvis ikke er noe problem på nyhøvlet underlag, men at det kan være et problem ved utspredning av CaCl_2 på hardt uhøvlet underlag.

Ved utspredning vil CaCl_2 i pelletsform rulle lettere av veggen enn CaCl_2 i flakesform, mens CaCl_2 i flakesform vil blåse lettere av veggen enn CaCl_2 i pelletsform pga. større overflateareal i forhold til tyngde.



Figur 7 Utspredning av CaCl_2

5.1.4 Kostnader

Ved beregning av kostnader for støvdemping av grusveger har man delt inn arbeidet i 3 deler; oppgrusing, innkjøp og utspredning av støvbindingsmaterialer og høvling. For hver av delene har man i beregningene variert en parameter for å se hvilken konsekvens dette har for totalkostnadene for vedlikeholdet av grusveger. For oppgrusing har man variert forbruket av grus, for støvbinding av grusveger har man variert antall utspreddinger og for høvling av

grusveger har man variert antall høvlinger gjennom sesongen.

I beregningene av kostnader er det ikke forutsatt utgifter til lapping eller annet vedlikehold av grusvegene. Lagerutgifter er ikke tatt med i beregninger av kostnader. Alle kostnader er eks. mva.

Behovet for oppgrusing, behovet for utspredning av støvbindingsmaterialer og behovet for høvling er gjensidig avhengig av hverandre. Kostnadene for disse 3 prosessene er også forskjellig fra grusveg til grusveg, pga. ulike forhold på vegen.

Enhetskostnader for oppgrusing av veg er vist nedenfor:

- normalt forbruk av grus pr. år: 70 m³/km:
- normalt variasjonsområde for forbruk av grus pr. år. : 15 - 100 m³/km
- materialkostnader: 70 kr/m³
- kostnad for oppgrusing: - 70 m³/km: 70 kr/m³
(dvs. opplasting, - 15 m³/km: 120 kr/m³
transport og utspredning) - 100 m³/km: 60 kr/m³

Dette gir kostnader som vist i tabell 6.

Aktivitet	Kostnader (kr/km) ved forbruk pr. år		
	Normalt: 70 m ³ /km	Maks.: 100 m ³ /km	Min.: 15 m ³ /km
Materialkostnader	4.900	7.000	1.100
Oppgrusing av veg	4.900	6.000	1.900
Sum	9.800	13.000	3.000

Tabell 6 Kostnader ved oppgrusing av grusveg

Enhetskostnader for støvbinding med kalsiumklorid er vist nedenfor:

- normalt antall utspredninger: - 2 utspredninger pr. år, forbruk 700 kg/km pr. utspredning (forsøkene i Kongsvinger 1996 og spørreundersøkelsen antyder et forbruk på 700 kg/km)
- normalt variasjonsområde: - 1-3 utspredninger pr. år, forbruk 700 kg/km pr. utspredning

- materialkostnader innkjøp: - 1600 kr/tonn ferdig levert vegstasjon (innkjøpspris er ca 1400 kr/tonn, regner ca 200 kr for transport og "handling", spørreundersøkelsen angir 1900 kr inkl. moms)
- utspredning: - kapasitet: 35 km/dag (7.5 timer)
- kostnad: lastebil m/spreder: 300 kr/time
- pålessing: 300 kr/dag
- høvling i forbindelse med utspredning: - 105 kr/utkjørt høvelkm
- antall høvlinger = 3 * lengde grusveg

Dette gir kostnader som vist i tabell 7.

Aktivitet	Kostnad (kr/km) for støvbinding ved antall utspredninger pr. år		
	Normalt: 2	Maks.: 3	Min.: 1
Materialkostnader	2.240	3.360	1.120
Utspredning av CaCl ₂	150	260	90
Høvling	630	950	320
Sum	3.020	4.570	1.530

Tabell 7 Kostnader ved utspredning av CaCl₂ på grusveg

Kostnader for høvling av grusveg er vist nedenfor:

(kostnader for høvling som utføres i løpet av sesongen for vedlikehold av vegen - gjelder ikke høvling i forbindelse med utspredning av støvbindemiddel)

- normalt antall høvlinger: - 12 høvlinger pr. år
- normalt variasjonsområde: - 2 - 25 høvlinger pr. år
- kostnad pr. høvling: - 105 kr/utkjørt høvelkm
- antall høvlinger pr. tiltak = 3 * lengde grusveg

Dette gir kostnader som vist i tabell 8.

Aktivitet	Kostnad for høvling (kr/km) ved antall antall høvlinger pr. år		
	Normalt: 12	Maks.: 25	Min.: 2
Høvling	3.800	7.900	700

Tabell 8 Kostnader ved høvling av grusveg gjennom en sesong

En oppsummering av kostnadene i tabell 6-8 er vist i tabell 9.

Aktivitet	Kostnader for oppgrusing, støvbinding og høvling (kr/km) pr. år		
	Normalt	Maks.	Min.
Oppgrusing:			
Materialer	4.900	7.000	1.100
Utførelse	4.900	6.000	1.900
Støvbinding:			
Materialer	2.240	3.360	1.120
Utspredning av CaCl ₂	150	260	90
Høvling (utspredning)	630	950	320
Høvling (vedlikehold)	3.800	7.900	700
Sum	16.620	25.470	5.230

Tabell 9 Kostnader for vedlikehold av en grusveg gjennom en sesong

På bakgrunn av gitte forutsetninger er "normalkostnadene" for vedlikehold av en grusveg med CaCl₂ ca 16.600 kr/km, med et beregnet variasjonsområde fra ca 5.200 kr/km til ca 25.500 kr/km. Det totale variasjonsområdet kan være større.

Av totalkostnadene på 16.600 kr/km er kostnadene fordelt med 9.800 kr/km til oppgrusing, 3.000 kr/km til innkjøp og utspredning av CaCl₂ og 3.800 kr/km til høvling av grusveger. Materialkostnadene utgjør ca 2.200 kr/km.

Beregninger viser også at en endring i innkjøpskostnader for CaCl₂ får forholdsvis liten betydning for totalkostnadene. Hvis materialkostnadene endres med 20 % - 320 kr/tonn, dvs. fra 1.600 kr/tonn til 1.920/1.280 kr/tonn, vil dette føre til at de totale vedlikeholdskostnadene gjennom sesongen endres med ca 420 kr/km som utgjør ca 3 %. Utgangspunktet for beregningen er at det blir utført 2 utspreddinger i året og at forbruket er 700 kg/km pr. utspredding. Selv om besparelsen kan syntes liten i denne sammenheng vil det på lands-basis bli endel kostnader å spare siden forbruket av CaCl₂ er stort i Norge.

Hvis man for eksempel tar utgangspunkt i at normal utspreddingsmengde har vært 1000 kg/km CaCl₂ pr utspredding og 2 utspreddinger i året, er beregnede årlige kostnader ca 17.600 kr/km. Ved å bruke 700 kg/km, 30 % mindre, blir beregnede årlige kostnader ca 16.600 kr/km, som er en besparelse på 5,6 %.

5.2 Magnesiumklorid - $MgCl_2$

5.2.1 Materialelegenskaper og produksjon

Magnesiumklorid, $MgCl_2$, framstilles ved inndamping av vann fra havet. Den magnesiumskloriden som brukes i Norge kommer fra Dødehavet. Dødehavet består av nesten 40 % $MgCl_2$, større andel enn $NaCl$. Det er også mulig å utvinne $MgCl_2$ fra gruver, men dette har de siste årene ikke vært økonomisk i forhold til inndamping av sjøvann.

Den magnesiumkloriden som leveres til støvbinding av grusveger i Norge består i det vesentlige av $MgCl_2$ (45-50 %), krystallvann og $CaCl_2$.

De siste årene har Statens vegvesen brukt lite magnesiumklorid til støvbinding av grusveger. Magnesiumkloriden som har vært brukt har vært i flakes-form. Gjennomsnittlig diameter på flakes har vært 4-5 mm, med enkelte flakes opp mot 10 - 15 mm. I følge kravspesifikasjonene til Statens vegvesen skal støvbindingsmidlet $MgCl_2$ bestå av minst 45 % $MgCl_2$.

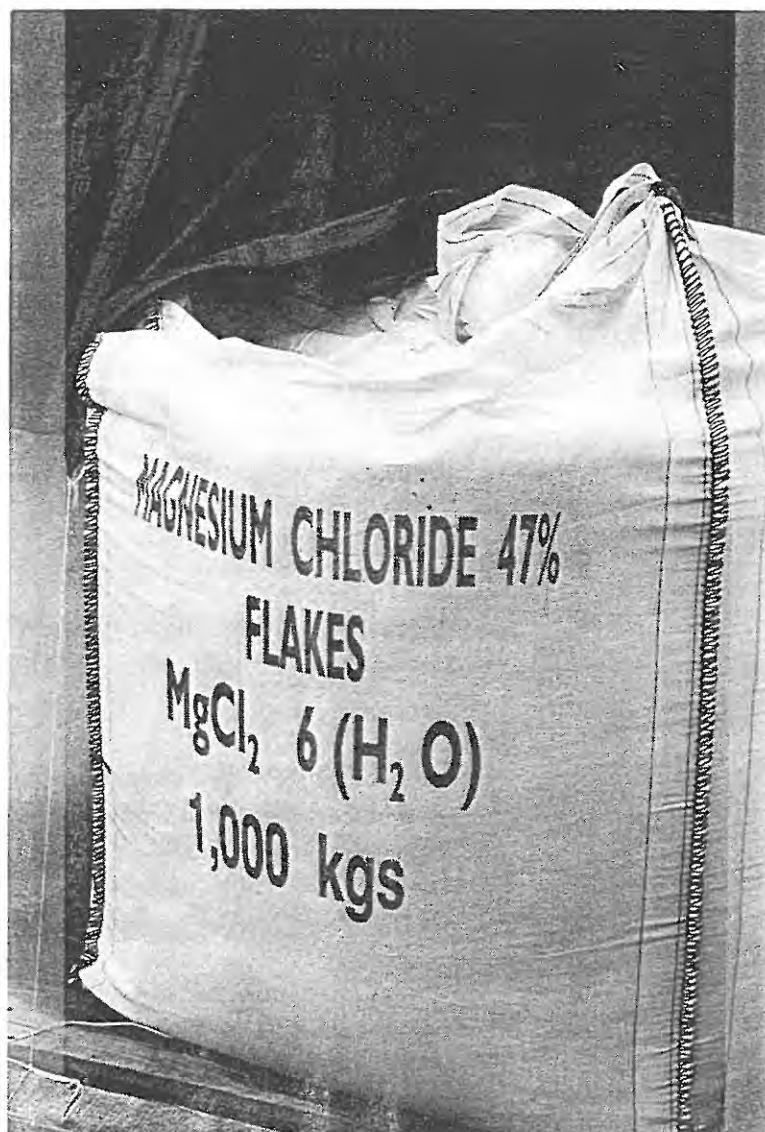
Kostnadene ved anskaffelse av $MgCl_2$ vil variere endel avhengig av bl.a. type, leveringssted, leveringsmengde og graden av konkurranse i markedet. Ved tilbudsinnlevering til Statens vegvesen for sesongen 1996 var det bare ett vegkontor som bestilte $MgCl_2$ og basert på den prisen vil en normal kostnad for $MgCl_2$ være 1400 kr/tonn, levert vegkontorene.

Magnesiumklorid ($MgCl_2$) virker gjennom sin evne til å binde vann i grusdekket, se kap. 3.1.

5.2.2 Lagring og håndtering

$MgCl_2$ leveres vanligvis i storsekk (ca 1000 kg) og kan da lagres utendørs på et tørt underlag, under forutsetning av at sekkene er tilstrekkelig tildekt. $MgCl_2$ bør leveres i doble sekker for å unngå at sekkene går i stykker ved lagring og håndtering, samt for å unngå at det kommer fuktighet inn i sekkene slik at det dannes klumper. Den indre sekken bør være tett. Den ytre sekken skal være for beskyttelse av den indre og for løfting i forbindelse med flytting av sekker. Derfor bør det på toppen av den ytre sekken være en løftehempe slik at sekken enkelt kan flyttes ved bruk av hjullaster. Ved tilstrekkelig tildekning og egnede sekker har det ikke oppstått problemer i forbindelse med lagring.

Ved tømning av sekk på lastebil og under utspreddning av $MgCl_2$ i kraftig vind forekommer det noe støving.



Figur 8 Lagring av $MgCl_2$

5.2.3 Teknisk utførelse

$MgCl_2$ spres normalt ut 1-2 ganger i året. I spesielle tilfeller kan det forekomme 3 utspreddinger pr år. Første utspredding skjer om våren (april/mai). Senere på året støvbindes det etter behov, vanligvis om sommeren (juni/juli) og tidlig på høsten (august).

Antall utspreddinger er avhengig av i hvilken grad man har lykket ved første utspredding, værforhold, trafikkmengde, vegens beliggenhet (åpent lende eller inne i skogen), vegens geometri, grunnforhold, gruskvaliteten på vegen m.m.

I tørre perioder og i et tørt klima øker forbruket spesielt hvis en ikke oppnår god nedtrengning av $MgCl_2$ ved utspredding om våren. Vær- og nedbørsforholdene i månedene mai til og med juli er avgjørende for behovet for ny(e) utspreddinger i sesongen. Komplettering utover året kan gjøres på flere måter, enten full utspredding på alle

grusvegene, utspredning på deler av strekningene eller lapping på små områder hvor effekten av støvbindingsmaterialet er borte eller sterkt redusert.

Det foreligger mindre erfaring med bruk av $MgCl_2$ enn $CaCl_2$. Normalt brukes mengder tilsvarende $CaCl_2$, men det finnes indikasjoner på at det må nyttes mer $MgCl_2$ enn $CaCl_2$ for å få samme effekt.

I tabell 10 er det anslått et normalt forbruk av $MgCl_2$ pr. år.

Trafikkmengde	Mengde (tonn/km)
ÅDT større enn 500	2.0 - 3.5
ÅDT mellom 500 og 300	1.5 - 2.0
ÅDT mindre enn 300	0.7 - 1.5

Tabell 10 Normalforbruk av $MgCl_2$ pr. år, avhengig av trafikkmengde

Utspredning av $MgCl_2$ foretas i ett eller to drag. De fleste grusveger er såpass smale at utspredningen foregår med ett drag langs midten av vegen. Ved utspredning bør vegene være nyhøvlet. Utspredelsen av $MgCl_2$ bør foregå i oppholdsvær. Men det er en fordel at grusen er våt for å sikre nedtrengning i gruslaget.

Til utspredning brukes det en lastebil med et påmontert strøpparat bak. Før hver utspredning bør det foretas prøvespredninger for å fastlegge riktig innstilling av sprederåpning (riktig mengde).

Normalt oppnår man god støvdemping fra 2 til 4 døgn etter utspredning.

Ved "lang" oppbevaringstid av $MgCl_2$ på lastebil kan materialet endre noe karakter. Materialet tar raskt til seg fuktighet (hygroskopisk), betraktelig raskere enn de $CaCl_2$ -typene som brukes i Norge, og blir etterhvert seigflytende. Dette kan føre til at sprederåpningen må justeres for å få ut riktig mengde på vegen.

Normal oppløsningstid for $MgCl_2$ er ca 4 timer, forutsatt normal luftfuktighet og normal sommertemperatur, 15 - 20 °C.

Ved kraftig vind kan endel $MgCl_2$ blåse av vegen eller av lastebilen under utspredning, siden $MgCl_2$ i flakes-form har forholdsvis stort overflateareal i forhold til tyngde.



Figur 9 Grusveg, 5 timer etter utspredning med $MgCl_2$

5.2.4 Kostnader

Ved beregning av kostnader for støvdemping av grusveger har man delt inn arbeidet i 3 deler; oppgrusing, innkjøp og utspredning av støvbindingsmaterialer og høvling. For hver av delene har man i beregningene variert en parameter for å se hvilken konsekvens dette har for totalkostnadene for vedlikeholdet av grusveger. For oppgrusing har man variert forbruket av grus, for støvbinding av grusveger har man variert antall utspreddinger og for høvling av grusveger har man variert antall høvlinger gjennom sesongen.

I beregningene av kostnader er det ikke forutsatt utgifter til lapping eller annet vedlikehold av grusvegene. Lagerutgifter er ikke tatt med i beregninger av kostnader. Alle kostnader er eks. mva.

Behovet for oppgrusing, behovet for utspredning av støvbindingsmaterialer og behovet for høvling er gjensidig avhengig av hverandre. Kostnadene for disse 3 prosessene er også forskjellig fra grusveg til grusveg, pga. ulike forhold på veggen.

Enhetskostnader for oppgrusing av veg er vist nedenfor:

Kostnaden for oppgrusing av veg med $MgCl_2$ er lik kostnaden for oppgrusing av veg med $CaCl_2$, se kap. 5.1.4.

Aktivitet	Kostnader (kr/km) ved forbruk pr. år		
	Normalt: 70 m ³ /km	Maks.: 100 m ³ /km	Min.: 15 m ³ /km
Materialkostnader	4.900	7.000	1.100
Oppgrusing av veg	4.900	6.000	1.900
Sum	9.800	13.000	3.000

Tabell 11 Kostnader ved oppgrusing av grusveg

Enhetskostnader for støvbinding med magnesiumklorid er vist nedenfor:

- normalt antall utspredninger: - 2 utspredninger pr. år, forbruk 900 kg/km pr. utspredning
- normalt variasjonsområde: - 1-3 utspredninger pr. år, forbruk 900 kg/km pr. utspredning
- materialkostnader innkjøp: - 1400 kr/tonn ferdig levert vegstasjon (innkjøpspris er ca 1200 kr/tonn, regner ca 200 kr for transport og "handling")
- utspredning: - kapasitet: 32 km/dag (7.5 timer)
- kostnad: lastebil m/spreder: 300 kr/time
- pålessing: 300 kr/dag
- høvling i forbindelse med utspredning: - 105 kr/utkjørt høvelkm
- antall høvlinger = 3 * lengde grusveg

Dette gir kostnader som vist i tabell 12.

Aktivitet	Kostnad (kr/km) for støvbinding ved antall utspredninger pr. år		
	Normalt: 2	Maks.: 3	Min.: 1
Materialkostnader	2.520	3.780	1.260
Utspredning av MgCl ₂	160	260	90
Høvling	630	950	320
Sum	3.310	4.990	1.670

Tabell 12 Kostnader ved utspredning av MgCl₂ på grusveg

Kostnader for høvling av grusveg er vist nedenfor:

Kostnaden for høvling av veg med $MgCl_2$ er lik kostnaden for høvling av veg med $CaCl_2$, se kap. 5.1.4.

(kostnader for høvling som utføres i løpet av sesongen for vedlikehold av vegen - gjelder ikke høvling i forbindelse med utspredning av støvbindemiddel)

Aktivitet	Kostnad for høvling (kr/km) ved antall antall høvlinger pr. år		
	Normalt: 12	Maks.: 25	Min.: 2
Høvling	3.800	7.900	700

Tabell 13 Kostnader ved høvling av grusveg gjennom en sesong

En oppsummering av kostnadene i Tabell 11-13 er vist i Tabell 14.

Aktivitet	Kostnader for oppgrusing, støvbinding og høvling (kr/km) pr. år		
	Normalt	Maks.	Min.
Oppgrusing:			
Materialer	4.900	7.000	1.100
Utførelse	4.900	6.000	1.900
Støvbinding:			
Materialer	2.520	3.780	1.260
Utspredning av $MgCl_2$	160	260	90
Høvling (utspredning)	630	950	320
Høvling (vedlikehold)	3.800	7.900	700
Sum	16.910	25.890	5.370

Tabell 14 Kostnader for vedlikehold av en grusveg gjennom en sesong

På bakgrunn av gitte forutsetninger er "normalkostnadene" for vedlikehold av en grusveg med $MgCl_2$ ca 16.900 kr/km, med et beregnet variasjonsområde fra ca 5.400 kr/km til ca 25.900 kr/km. Det totale variasjonsområdet kan være større.

Av totalkostnadene på 16.900 kr/km er kostnadene fordelt med 9.800 kr/km til oppgrusing, 3.300 kr/km til innkjøp og utspredning av $MgCl_2$ og 3.800 kr/km til høvling av grusveger. Materialkostnadene utgjør ca 2.500 kr/km.

Beregninger viser også at en endring i innkjøpskostnader for $MgCl_2$ får forholdsvis liten betydning for totalkostnadene. Hvis materialkostnadene endres med 20 % - 280 kr/tonn, dvs. fra 1.400 kr/tonn til 1.680/1.120 kr/tonn, vil dette føre til at de totale vedlikeholdskostnadene gjennom sesongen endres med ca 3 % tilsvarende 500

kr/km. Utgangspunktet for beregningen er at det blir utført 2 utspreddinger i året og at forbruket er 900 kg/km pr. utspredding. Selv om besparelsen kan syntes liten i denne sammenheng vil det på landsbasis bli endel kostnader å spare.

5.3 Smeltesalt (Hydrosalt)

5.3.1 Materialeegenskaper og produksjon

Smeltesalt (Hydrosalt) er et biprodukt fra Norsk Hydro's magnesium-produksjon. Smeltesalt består av flakes med diameter 1-4 mm.

Det smeltesaltet som leveres til støvbinding av grusveger i Norge består i det vesentlige av CaCl_2 (ca 37 %), NaCl (ca 50 %), MgCl_2 (ca 10 %) og KCl (ca 3 %).

Kostnadene ved anskaffelse av smeltesalt vil variere endel avhengig av bl.a. leveringssted, leveringsmengde og graden av konkurranse i markedet. Ved tilbudsinnlevering til Statens vegvesen for sesongen 1996 varierte kostnadene fra 770 kr/tonn til 950 kr/tonn levert vegkontorene.

Smeltesalt virker gjennom sin evne til å binde vann i grusdekket, se kap. 3.1.

5.3.2 Lagring og håndtering

Smeltesalt (Hydrosalt) leveres vanligvis i storsekk (ca 900 kg) og kan da lagres utendørs på et tørt underlag, under forutsetning av at sekkene er tilstrekkelig tildekt. Smeltesaltet bør leveres i doble sekker for å unngå at sekkene går i stykker ved lagring og håndtering, samt for å unngå at det kommer fuktighet inn i sekkene slik at det dannes klumper. Den indre sekken bør være tett. Den ytre sekken skal være for beskyttelse av den indre og for løfting i forbindelse med flytting av sekker. Derfor bør det på toppen av den ytre sekken være en løftehempe slik at sekken enkelt kan flyttes ved bruk av hjullaster. Emballasjen er spesialavfall og må håndteres deretter. Ved tilstrekkelig tildekning og egnede sekker har det ikke oppstått problemer i forbindelse med lagring.

Under tømning av sekk på lastebil må det brukes støvmaske da det er endel støv. Smeltesalt kan skape hudirritasjon ved manglende bruk av verneutstyr. Under utspredding er det ikke registrert problemer med støv.



Figur 10 Pålasting av smeltesalt (Hydrosalt)

5.3.3 Teknisk utførelse

Smeltesalt (Hydrosalt) spres normalt ut 1-2 ganger i året, første utspredning skjer om våren (april/mai). Senere på året støvbindes det etter behov, vanligvis om sommeren (juni/juli).

Antall utspredninger er avhengig av i hvilken grad man har lyktes ved første utspredning, værforhold, trafikkmengde, vegens beliggenhet (åpent lende eller inne i skogen), vegens geometri, grunnforhold, gruskvaliteten på vegen m.m. Komplettering utover året kan gjøres på flere måter, enten full utspredning på alle grusvegene, utspredning på deler av strekningene eller lapping på små områder hvor effekten av støvbindingsmaterialet er borte eller sterkt redusert.

Ved første utspredning (våren) er det normalt å bruke 700-2500 kg/km og ved andre utspredning (sommeren) er det normalt å bruke 150 - 300 kg/km. Ved "problemområder", grusveger med forholdsvis stor trafikk og ved forholdsvis brede veger økes mengden noe både ved første og andre utspredning.

Utspredning av smeltesalt foretas normalt i to drag. Til utspredning brukes det en lastebil med et påmontert strøpparat bak. Før hver utspredning bør det foretas prøvespredninger for å fastlegge riktig innstilling av sprederåpning (riktig mengde).

Hvis man ikke høvler smeltesaltet inn i grusen er klebing et problem. En blanding av smeltesalt og grus kleber seg til fottøy og

bildekk hvor blandingen av smeltesalt og grus slynges inn i skjermene der det størkner til en hard masse. Dette problemet kan vare ca 12 timer etter at utspredningen av smeltesalt er utført.

For å unngå klebing høvles smeltesaltet inn i grusen, dvs. først høvles begge kjørefeltene med veghøvel, tilsvarende lengde som ett lass med støvbindingsmiddel varer (ca 4 km). Deretter spres smeltesaltet ut i begge kjørefeltene og umiddelbart etter utspredning høvles kjørebane igjen med en "bilskraper" for å få blandet grusen og smeltesaltet. Det nyttes en bil til utspredning og en annen bil til høvling med "bilskraper".

I enkelte tilfeller nyttes det "bilskraper" istedenfor veghøvel ved høvling før utspredning av smeltesalt, men erfaringene er at resultatet ikke blir så godt som ved bruk av veghøvel. Grusen separerer lettere og endel løs småstein blir liggende på toppen av dekket når det brukes "bilskraper" før utspredning av smeltesalt.

Etter utspredning og høvling med "bilskraper" kan vegen trafikeres umiddelbart. For å få en jevn og fast overflate er det en fordel med endel trafikk umiddelbart etter utspredning.

Normalt oppnår man god støvdemping fra 1 til 3 døgn etter utspredning.

Utspredning av smeltesalt bør foregå i oppholdsvær. Resultatet og varigheten av tiltaket blir betraktelig bedre hvis grusen er våt under utspredning.



Figur 11 Grusveg, umiddelbart etter utspredning med smeltesalt

Oppløsningstiden på smeltesalt (Hydrosalt) vil variere endel, avhengig av bl.a. og vær- og temperaturforhold under utspredning. Oppløsningsen vil skje hurtigere i fuktig og varmt vær enn i tørt og kaldt vær. Ved normal luftfuktighet og normal sommertemperatur, 15 - 20 °C, vil smeltesaltet gå i oppløsning i løpet av 12 timer.

5.3.4 Kostnader

Ved beregning av kostnader for støvdemping av grusveger har man delt inn arbeidet i 3 deler; oppgrusing, innkjøp og utspredning av støvbindingsmaterialer og høvling. For hver av delene har man i beregningene variert en parameter for å se hvilken konsekvens dette har for totalkostnadene for vedlikeholdet av grusveger. For oppgrusing har man variert forbruket av grus, for støvbinding av grusveger har man variert antall utspreddinger og for høvling av grusveger har man variert antall høvlinger gjennom sesongen.

I beregningene av kostnader er det ikke forutsatt utgifter til lapping eller annet vedlikehold av grusvegene. Lagerutgifter er ikke tatt med i beregninger av kostnader. Alle kostnader er eks. mva.

Behovet for oppgrusing, behovet for utspredning av støvbindingsmaterialer og behovet for høvling er gjensidig avhengig av hverandre. Kostnadene for disse 3 prosessene er også forskjellig fra grusveg til grusveg, pga. ulike forhold på vegen. Alle kostnader er eks. mva.

Enhetskostnader for oppgrusing av veg er vist nedenfor:

Kostnaden for oppgrusing av veg med smeltesalt er lik kostnaden for oppgrusing av veg med CaCl_2 , se kap. 5.1.4.

Aktivitet	Kostnader (kr/km) ved forbruk pr. år		
	Normalt: 70 m ³ /km	Maks.: 100 m ³ /km	Min.: 15 m ³ /km
Materialkostnader	4.900	7.000	1.100
Oppgrusing av veg	4.900	6.000	1.900
Sum	9.800	13.000	3.000

Tabell 15 Kostnader ved oppgrusing av grusveg

Enhetskostnader for støvbinding med smeltesalt (Hydrosalt) er vist nedenfor:

- normalt antall utspreddinger: - 1,5 utspredding pr. år,
(dvs. 1. utspredding på alle grusveger og 2. utspredding på

- enkelte grusveger),
forbruk 1800 kg/km ved
1. utspredning og 300 kg/km
ved 2. utspredning
- normalt variasjonsområde: - 1-2 utspredninger pr. år,
forbruk 1800 kg/km ved
1. utspredning og 300 kg/km
ved 2. utspredning
- materialkostnader innkjøp: - 1100 kr/tonn ferdig levert
vegstasjon (ihht.
spørreundersøkelse)
- utspredning: - kapasitet: 18 km/dag (7.5 timer)
- kostnad: lastebil m/spreder:
300 kr/time
- kostnad: lastebil m/"bilskrape"
300 kr/time
- pålessing: 300 kr/dag
- høvling i forbindelse med
utspredning: - 105 kr/utkjørt høvelkm
- antall høvlinger =
4 * lengde grusveg

Dette gir kostnader som vist i tabell 16.

Aktivitet	Kostnad (kr/km) for støvbinding ved antall utspredninger pr. år		
	Normalt: 1.5	Maks.: 2	Min.: 1
Materialkostnader	2.150	2.300	2.000
Utspredning av smeltesalt (Hydrosalt)	400	530	270
Høvling	900	840	420
Sum	3.180	3.670	2.690

Tabell 16 Kostnader ved utspredning av smeltesalt (Hydrosalt) på grusveg

Kostnader for høvling av grusveg er vist nedenfor:

Kostnaden for høvling av veg med smeltesalt er lik kostnaden for høvling av veg med CaCl₂, se kap. 5.1.4.

(kostnader for høvling som utføres i løpet av sesongen for vedlikehold av vegen - gjelder ikke høvling i forbindelse med utspredning av støvbindemiddel)

Aktivitet	Kostnad for høvling (kr/km) ved antall antall høvlinger pr. år		
	Normalt: 12	Maks.: 25	Min.: 2
Høvling	3.800	7.900	700

Tabell 17 Kostnader ved høvling av grusveg gjennom en sesong

En oppsummering av kostnadene i tabell 15-17 er vist i tabell 18.

Aktivitet	Kostnader for oppgrusing, støvbinding og høvling (kr/km) pr. år		
	Normalt	Maks.	Min.
Oppgrusing:			
Materialer	4.900	7.000	1.100
Utførelse	4.900	6.000	1.900
Støvbinding:			
Materialer	2.150	2.300	2.000
Utspredning av smeltesalt (Hydrosalt)	400	530	270
Høvling (utspredning)	630	840	420
Høvling (vedlikehold)	3.800	7.900	700
Sum	16.780	24.570	6.390

Tabell 18 Kostnader for vedlikehold av en grusveg gjennom en sesong

På bakgrunn av gitte forutsetninger er "normalkostnadene" for vedlikehold av en grusveg med smeltesalt (Hydrosalt) ca 16.800 kr/km, med et beregnet variasjonsområde fra ca 6.400 kr/km til ca 24.600 kr/km. Det totale variasjonsområdet kan være større.

Av totalkostnadene på 16.800 kr/km er kostnadene fordelt med 9.800 kr/km til oppgrusing, ca 3.200 kr/km til innkjøp og utspredning av smeltesalt og 3.800 kr/km til høvling av grusveger. Material-kostnadene utgjør ca 2.200 kr/km.

Beregninger viser også at en endring i innkjøpskostnader for smeltesalt får forholdsvis liten betydning for totalkostnadene. Hvis materialkostnadene endres med 20 % - 220 kr/tonn, dvs. fra 1.100 kr/tonn til 1320/880 kr/tonn, vil dette føre til at de totale vedlikeholdskostnadene gjennom sesongen endres med 430 kr/km, dvs. ca 3 % av totalkostnadene. Utgangspunktet for beregningen er at det blir utført 1,5 utspredninger i året og at forbruket er 1.800 kg/km ved 1. utspredning og 300 kg/km ved 2. utspredning. Selv om besparelsen kan synes liten i denne sammenheng vil det på landsbasis bli endel kostnader å spare.

5.4 Lignin (Dustex)

5.4.1 Materialegenskaper og produksjon

Lignin (Dustex) er et biprodukt fra Borregaards celluloseproduksjon og blir fremstilt av forgjæret sulfittlut. Lignin er en brun flytende løsning. Lignin er bindemidlet mellom trefibrene i trær og er et rent naturprodukt. Lignin (Dustex) produseres i 50 % konsentrat.

Kostnadene ved anskaffelse av lignin (Dustex) vil variere endel avhengig av bl.a. leveringssted, leveringsmengde og graden av konkurranse i markedet. Ved tilbudsinnlevering til Statens vegvesen for sesongen 1996 varierte kostnadene fra 600 kr/tonn til 1150 kr/tonn levert vegkontorene. Transportkostnader kan medføre pris på 1800 kr/tonn eller mer.

Lignin (Dustex) er et egnet materiale for støvbinding av grusveger, fordi materialet virker som lim og binder sammen grusen og støvet i vegbanen. Ved en vellykket utspredning blir overflaten på veibanen hard og jevn med god motstandskraft mot trafikkpåkjenninger. Etter hvert slipper "limet" og endel av grusen og støvet løsner og effekten av tiltaket avtar gradvis. Konsekvensen blir også ofte hulldannelse.

5.4.2 Lagring og håndtering

Lignin (Dustex) oppbevares vanligvis i lagertanker i området hvor den skal brukes. Fra disse lagertankene overføres lignin til sprederbilen.

Det er ikke registrert problemer i forbindelse med lagringen av lignin.

Ved bruk av lignin blir det endel tilgrising av utstyret i forbindelse med utspredningen. Dette rengjøres enkelt ved bruk av vann uten tilsetning av rengjørings- eller løsningsmidler.

5.4.3 Teknisk utførelse

Lignin (Dustex) spres normalt ut 1-3 ganger i året, første utspredning om våren (april/mai). Senere på året støvbinderes det etter behov, vanligvis om sommeren (juni/juli) og tidlig på høsten (august).

Antall utspredninger er avhengig av i hvilken grad man har lykket ved første utspredning, værforhold, trafikkmengde, vegens beliggenhet (åpent lende eller inne i skogen), vegens geometri, grunnforhold, gruskvaliteten på vegen m.m.

Komplettering utover året kan gjøres på flere måter, enten full utspredning på alle grusvegene, utspredning på deler av strekningene eller lapping på små områder hvor effekten av støvbindingsmaterialet er borte eller sterkt redusert.

De fleste grusveger er såpass smale at utspredningen foregår langs

midten av vegen. Det er vanligvis ikke noe problem å dekke hele vegbredden selv om utspredning skjer i midten av vegen. Dette skyldes at spredebommen er bred samtidig som dysene sprer vidt. Det har forekommet problem med å oppnå jevnt spredebilde, noe som synes best ved opptørking.



Figur 12 Utstyr for utspredning av lignin (Dustex)

Før hver "utspretningsrunde" bør det foretas en prøvespredning for å fastlegge riktig innstilling av dysene (riktig mengde). En justering av mengden kan også gjøres ved å endre kjørefarten på lastebilen under utspretning.

Påføringen av lignin skjer fra vanntønne, slamsugerbil eller annen bil med tank og sprederbom. Det er mulig å bruke samme tank til utspretning av lignin som man bruker til saltløsning om vinteren. Det eneste man trenger å skaffe seg da er en spredebom med påmonterte dyser.

Ved første utspretning blir det oftest brukt 1 del lignin og 2 deler vann (volum), mens det ved de resterende utspretninger blir det normalt brukt 1 del lignin og 3 deler vann (volum). På enkelte steder brukes det 1 del lignin og 2 deler vann ved alle utspretninger. Svakere konsentrasjon enn 1:3 anbefales ikke. Ved utspretning brukes det normalt 5 m³ av blandingen pr. kilometer veg, forutsatt

normal bredde (5 m). Variasjonen ihht behov og valgt standard er fra 1 til 7,5 m³/km. Utspredningen gjøres i 2 omganger, med halvparten i hver omgang (normalt 2.5 m³ pr. kilometer veg). Det er normalt å bruke samme mengde ved alle utspredninger og bare justere konsentrasjonen av blandingen. Påføring av større mengder enn 2.5 m³ i en omgang vil føre til avrenning.

For å få blandet lignin 3-5 cm ned i grusdekket bør vegen først høvles, deretter påføres det lignin, vegen blir høvlet igjen og deretter en ny påføring av lignin. Til slutt kjører man over vegen og har på lignin ved evt. tørre partier. Etter påføring av lignin bør veibanen tilpakkkes mens grusen ennå er våt, for å unngå uttørking eller utvanning ved regnvær. Tilpakkingen kan gjøres med sprederbilen, andre lastebiler, gummivalse eller med normal trafikk på vegen. Utstyr med kraftig profilerte dekk bør ikke brukes. Vegen kan trafikeres umiddelbart etter utspredning.

God støvdemping og stabilt grusdekke oppnås normalt i løpet av 1 til 3 døgn etter utspredning.

Ved påfylling av lignin (Dustex) fra lagertanken til tanken på lastebilen blandes lignin med vann.

Utspredelsen av lignin bør ikke foregå under kraftig regnvær eller hvis det forventes kraftig regnvær kort tid etter utspredning, men resultatet forringes ikke hvis det bare er duskregn under utspredning. Et kraftig regnvær under eller umiddelbart etter utspredning vil føre til utvasking og redusert effekt av tiltaket. Det er en fordel at grusen er våt for å sikre nedtrengning i gruslaget.

Lignin (Dustex) kan også spres ut på tørre veger, men varigheten av tiltaket begrenser seg til 1-3 uker, forutsatt varmt og tørt sommervær.

Erfaringer viser at støvdempningen er dårligere ved bruk av grus med mye grov stein, da lignin ikke klarer å binde grusen sammen slik at det ikke støver. For å få et tilfredsstillende resultat er man også avhengig av å ha en grus med nok finstoff.

En annen forutsetning for et godt resultat er at man har en grusveg med tilfredsstillende tverrfall slik at man unngår at vann blir stående i vegbanen og skape slaghull.

Det er registrert at det er noe vanskeligere å få et godt resultat ved høvling når det brukes lignin (Dustex) som støvbindingsmiddel sammenlignet med bruk av CaCl₂, MgCl₂ og smeltesalt (Hydrosalt). Dette skyldes at kantene på hullene blir skarpere ved bruk av lignin enn det gjør ved bruk av de andre. Slitasjen på høvelutstyret blir dermed også noe større ved bruk av lignin enn det gjør ved bruk av CaCl₂, MgCl₂ og smeltesalt.

Ved høvling av grusveg som er behandlet med lignin er det registrert

at kvaliteten på støvdempingstiltaket blir redusert siden det er vanskelig å få en like hard overflate som den man hadde før høvling.

Det er også registrert at det er noe lignin (Dustex) igjen fra foregående år ved høvling og påføring av lignin om våren. Ved utspredning har man ikke redusert mengden som påføres, men dette kan vurderes.

En ulempe med bruk av lignin (Dustex) er det store volumet som må legges ut. Hvis lastebilen har en tank på 10 m³ rekker den til ca 2 km veg, forutsatt et forbruk 2*2.5 m³ av blandingen av lignin og vann pr. km. veg. Deretter må bilen ned til lagertanken for å fylle.

Pga. tilgrising av biler etter utspredning av lignin må det vurderes å gjennomføre arbeidet i perioder med liten trafikk, f.eks. om natta.



Figur 13 Utspredning av lignin (Dustex)

5.4.4 Kostnader

Ved beregning av kostnader for støvdemping av grusveger har man delt inn arbeidet i 3 deler; oppgrusing, innkjøp og utspredning av støvbindingsmaterialer og høvling. For hver av delene har man i beregningene variert en parameter for å se hvilken konsekvens dette har for totalkostnadene for vedlikeholdet av grusveger. For oppgrusing har man variert forbruket av grus, for støvbinding av grusveger har man variert antall utspreddinger og for høvling av grusveger har man variert antall høvlinger gjennom sesongen.

I beregningene av kostnader er det ikke forutsatt utgifter til lapping eller annet vedlikehold av grusvegene. Lagerutgifter er ikke tatt med i beregninger av kostnader. Kostnader for større slitasje på høvel-

utstyret er ikke tatt med i beregningene. Alle kostnader er eks. mva.

Behovet for oppgrusing, behovet for utspredning av støvbindingsmaterialer og behovet for høvling er gjensidig avhengig av hverandre. Kostnadene for disse 3 prosessene er også forskjellig fra grusveg til grusveg, pga. ulike forhold på vegen.

Enhetskostnader for oppgrusing av veg er vist nedenfor: Kostnaden for oppgrusing av veg med lignin er lik kostnaden for oppgrusing av veg med CaCl_2 , se kap. 5.1.4.

Aktivitet	Kostnader (kr/km) ved forbruk pr. år		
	Normalt 70 m ³ /km	Maks. 100 m ³ /km	Min. 25 m ³ /km
Materialkostnader	4.900	7.000	1.100
Oppgrusing av veg	4.900	6.000	1.900
Sum	9.800	13.000	3.000

Tabell 19 Kostnader ved oppgrusing av grusveg

Enhetskostnader for støvbinding med lignin (Dustex) er vist nedenfor:

- normalt antall utspredninger: - 2 utspredninger pr. år med 6 m³ av blandingen pr. km veg pr. gang, 1. utspredning: blandingsforhold 1:2 (volum), 2. utspredning: blandingsforhold: 1:3 (volum), 3. utspredning: blandingsforhold 1:3 (volum)
- normalt variasjonsområde: - 1-3 utspredninger pr. år med 6 m³ av blandingen pr. km veg pr. gang, 1. utspredning: blandingsforhold 1:2 (volum), 2. utspredning: blandingsforhold: 1:3 (volum), 3. utspredning: blandingsforhold 1:3 (volum)
- materialkostnader innkjøp: - 750 kr/tonn ferdig levert vegstasjon (konsentrat)
- utspredning: - kapasitet: 7 km/dag (7.5 timer)
- kostnad: lastebil m/spredebom: 300 kr/time

- høvling i forbindelse med utspredning:
 - 105 kr/utkjørt høvelkm
 - antall høvlinger =
 - 4 * lengde grusveg

Dette gir kostnader som vist i tabell 20.

Aktivitet	Kostnad (kr/km) for støvbinding ved antall utspredninger pr. år		
	Normalt: 2	Maks.: 3	Min.: 1
Materialkostnader	3.300	4.700	1.900
Utspredning av lignin (Dustex)	700	1000	300
Høvling	900	1.300	400
Sum	4.900	7.000	2.600

Tabell 20 Kostnader ved utspredning av lignin (Dustex) på grusveg

Kostnader for høvling av grusveg er vist nedenfor:

Kostnaden for høvling av veg med lignin er lik kostnaden for høvling av veg med CaCl₂, se kap. 5.1.4.

(kostnader for høvling som utføres i løpet av sesongen for vedlikehold av vegen - gjelder ikke høvling i forbindelse med utspredning av støvbindemiddel)

Aktivitet	Kostnad for høvling (kr/km) ved antall antall høvlinger pr. år		
	Normalt: 12	Maks.: 25	Min.: 2
Høvling	3.800	7.900	700

Tabell 21 Kostnader ved høvling av grusveg gjennom en sesong

En oppsummering av kostnadene i tabell 19-21 er vist i tabell 22.

Aktivitet	Kostnader for oppgrusing, støvbinding og høvling (kr/km) pr. år		
	Normalt	Maks.	Min.
Oppgrusing:			
Materialer	4.900	7.000	1.100
Utførelse	4.900	6.000	1.900
Støvbinding:			
Materialer	3.300	4.700	1.900
Utspredning av lignin (Dustex)	700	1000	300
Høvling (utspredning)	900	1.300	400
Høvling (vedlikehold)	3.800	7.900	700
Sum	18.500	27.900	6.300

Tabell 22 Kostnader for vedlikehold av en grusveg gjennom en sesong

På bakgrunn av gitte forutsetninger er "normalkostnadene" for vedlikehold av en grusveg med lignin (Dustex) ca 19.000 kr/km, med et beregnet variasjonsområde fra ca 6.000 kr/km til ca 28.000 kr/km. Det totale variasjonsområdet kan være større.

Av totalkostnadene på 18.500 kr/km er kostnadene fordelt med 9.800 kr/km til oppgrusing, 4.900 kr/km til innkjøp og utspredning av lignin og 3.800 kr/km til høvling av grusveger. Materialkostnadene utgjør ca 3300 kr/km.

Beregninger viser også at en endring i innkjøpskostnader for lignin får forholdsvis liten betydning for totalkostnadene. Hvis materialkostnadene endres med 20 % - 150 kr/tonn, dvs. fra 750 kr/tonn til 900/600 kr/tonn, vil dette føre til at de totale vedlikeholdskostnadene gjennom sesongen endres med ca 700 kr/km, dvs. ca 4 % av totalkostnadene. Utgangspunktet for beregningen er at det blir utført 2 utspreddinger i året og at forbruket er 6 m³ lignin / vann pr. km veg, blandingsforhold 1:2 (volum), ved 1. utspredding og 6 m³ lignin/vann pr. km veg, blandingsforhold 1:3 (volum), ved 2. utspredding. Selv om besparelsen kan syntes liten i denne sammenheng vil det på landsbasis bli endel kostnader å spare.

5.5 Bitumenemulsjon

5.5.1 Materialelegenskaper og produksjon

Bitumenemulsjon består av bitumen eller myk bitumen som er emulgert i vann. Bitumen/myk bitumen blir fremstilt av råolje og er i hovedsak bygd opp av grunnstoffene hydrogen og karbon. Bitumen/myk bitumen består av de tyngste hydrokarbonene i råoljen. Det er relativt få råoljer som egner seg til produksjon av bitumen/myk bitumen.

I Norge produserer bitumenemulsjonen av asfaltentreprenører/oljeselskaper med basis i bitumen eller myk bitumen som blir levert av oljeselskapene.

Til støvbinding i Norge har det for det meste blitt brukt bitumenemulsjonen BE60S. "BE" står for bitumenemulsjon, "60" står for at 60 % av emulsjonen er bindemiddel (resten er i hovedsak vann) og "S" står for at det er en emulsjon som bryter seint. Det er brukt en MB15000 (myk bitumen) som basis for produksjon av BE60S til støvbinding. Kravene til emulsjonen og myk bitumen er vist i "ASFALT - retningslinjer", utgitt av Norsk Asfaltforening.

Bitumenemulsjon som støvbindemiddel er foreløpig lite brukt i Norge. Ved beregning av kostnader har vi forutsatt at prisen på BE60S er 1400 kr/tonn levert vegkontorene.

Bitumenemulsjon er et egnet materiale for støvbinding av grusveger, fordi materialet virker som lim og binder sammen grusen og støvet i vegbanen. Ved en vellykket utspredning blir overflaten på veibanen hard og jevn med god motstandskraft mot trafikk, tilnærmet et fast dekke. Etter hvert slipper "limet" og endel av grusen og støvet løsner og effekten av tiltaket avtar gradvis. Konsekvensen blir også ofte hulldannelse.

5.5.2 Lagring og håndtering

Bitumenemulsjon BE60S fraktes i tankbil fra produsent til lagertank. I forbindelse med påfylling av bitumenemulsjon på lagertank blir emulsjonen blandet med vann, dvs. 50 % vann og 50 % bitumenemulsjon. Denne blandingen brukes til støvbinding av grusveger. Fra lagertanken overføres blandingen til sprøytevegna. Det er ikke registrert problemer i forbindelse med lagringen eller håndteringen av blandingen. Rengjøring av sprøytevegn og annet utstyr gjøres i 2 trinn, første trinn med vann for å få bort ubrutt emulsjon og annet trinn med egnet løsningsmiddel for å få bort emulsjon som er brutt.

5.5.3 Teknisk utførelse

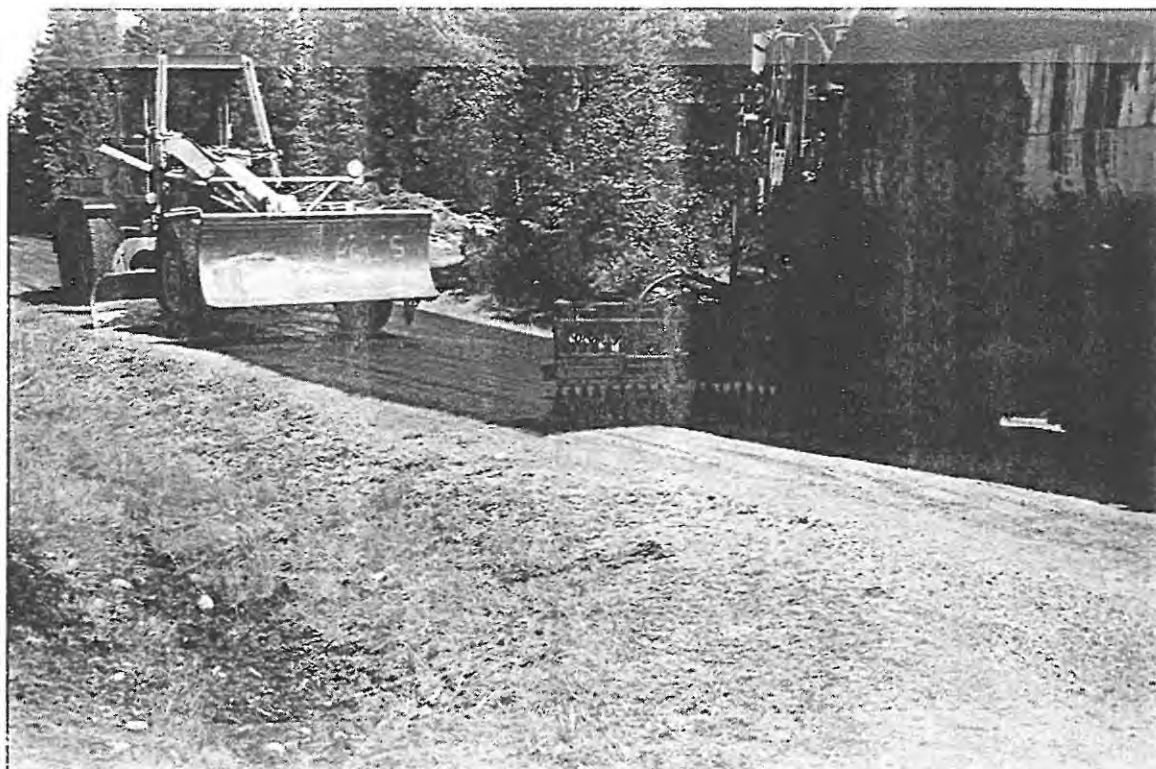
Støvbinding med bitumenemulsjon utføres 0-2 ganger pr. sesong. Utspredningen kan foretas både om våren, sommeren og høsten, inntil frosten kommer.

Antall utspredninger er avhengig av i hvilken grad man har lyktes ved tidligere utspredning, værforhold, trafikkmengde, vegens beliggenhet (åpent lende eller inne i skogen), vegens geometri, grunnforhold, gruskvaliteten på veggen m.m.

Utspredningen av blandingen, bitumenemulsjon og vann, utføres med sprøytevogn eller kombispreder. Før hver "utspretningsrunde" bør det foretas en prøvespredning for å fastlegge riktig innstilling av dysene (riktig mengde).

Ved utspredning brukes det normalt 2 l/m² av blandingen, dvs. 1 l/m² med BE60S og 1 l/m² med vann. For å få en tilfredsstillende resultat er man avhengig av å få god bindemiddeldekning på hele vegens overflate. Det er også viktig at emulsjonen trekker 2-3 cm ned i grusen.

For å få dette til høvler man først begge kjørefeltene slik at grusmaterialet blir lagt i en rekke langs midten av veggen. Denne "rekka" høvles så ut igjen til ei "rekke" på hver side av veggen. Deretter sprøytes det bitumenemulsjon på veggen i begge kjørefeltene, og tilslutt høvles "rekka" med grusmaterialer tilbake over emulsjonen slik at veggen blir jevn.



Figur 14 Utspredning av bitumenemulsjon

Normal utførelse er at veggen deles i 2, kjørefelt 1 og kjørefelt 2, og at

begge kjørefeltene behandles samtidig, dvs. enkeltoppgavene (høvling og utspredning) gjøres i begge kjørefeltene samtidig. Det er ikke nødvendig å stenge trafikken i forbindelse med støvbindingstiltaket. Hvis gruslaget på toppen av vegen ikke er fuktig ved høvling, må vegen vannes før høvling. Det samme er tilfelle hvis det tilsettes ny grus i forbindelse med tiltaket.

Etter siste høvling er det eksisterende trafikk som foretar valsing på vegen, og vegen kan trafikkeres umiddelbart etter at høvlingen er ferdig. I forbindelse med utspredningen av bitumenemulsjon er det en fordel at det er liten trafikk, men når støvbindingstiltaket er ferdig er det fordel med endel trafikk for å få komprimert grusdekket tilfredsstillende.

God støvdemping oppnås normalt i løpet av 1 til 5 døgn etter utspredning.

Utspredelsen av bitumenemulsjon bør ikke foregå under regnvær, men duskregn forringer ikke resultatet og kan aksepteres.

Ved høvling i forbindelse med utspredning av bitumenemulsjon har man erfart at slitte isskjær gir den beste blandingen av grus og emulsjon. Det antydes fra vegholder at det er behov for å prøve annet utstyr for å sikre seg en optimal blanding av grus og emulsjon. Et vellykket resultat er helt avhengig av en god blanding av grus og emulsjon.

Det er registrert at det er noe vanskeligere å få et godt resultat ved høvling når det brukes bitumenemulsjon som støvbindingsmiddel sammenlignet med bruk av CaCl_2 , MgCl_2 og smeltesalt (Hydrosalt). Dette skyldes at kantene på hullene blir skarpere ved bruk av bitumenemulsjon enn det gjør ved bruk av de andre. Ved bruk av bitumenemulsjon kan kantene bli så skarpe at det enkelte ganger er behov for en asfaltfreser for å få vekk hullene. Slitasjen på høvelutstyret blir dermed også noe større ved bruk av bitumenemulsjon enn det gjør ved bruk av CaCl_2 , MgCl_2 og smeltesalt.

Ved høvling av bitumenemulsjon er det registrert at kvaliteten på støvdempingstiltaket blir redusert siden det er vanskelig å få en like hard overflate som den man hadde før høvling.

Ved valg av grus er det viktig at kurven er forholdsvis jevn, dvs. at det ikke forekommer steinsprang i kurven. Det er også viktig at det ikke er for mye grove stein og heller ikke for mye finstoff da dette fører til at endel stein vil få dårlig bindemiddeldekning, og havner dermed i grøfta. Dårlig bindemiddeldekning vil man også få hvis man høvler for dypt slik at større stein og jord høvles løs.

En annen forutsetning for et godt resultat er at man har en grusveg med tilfredsstillende tverrfall slik at man unngår at vann blir stående

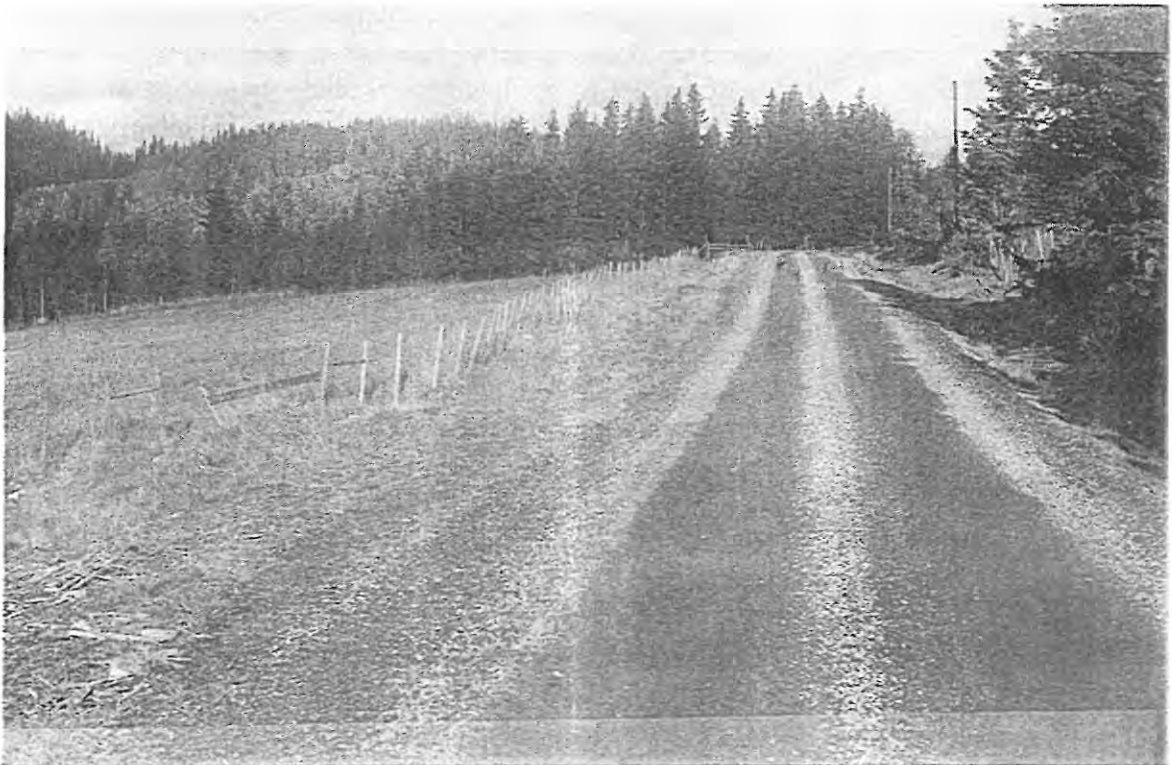
i vegbanen og skape slaghull.

Det er også registrert at det er noe bitumenemulsjon igjen fra foregående år ved høvling. Ved påføring har man ikke redusert mengden, men dette kan vurderes.

Ved bruk av denne støvdempningsmetoden må man på forhånd ha fastlagt at det ikke oppstår vedhefningsproblemer ved bruk av den type emulsjon og det aktuelle grusmaterialet.

Ved støvbinding med emulsjon er det viktig å arbeide på forholdsvis korte strekninger slik at ikke trafikken forringer kvaliteten på tiltaket, dvs. at trafikken kommer inn på nysprøytet emulsjon før grusen er høvlet over emulsjonen. Ved valg av lengde på delstrekninger som skal behandles må man også tilpasse lengden til størrelsen på emulsjonstanken på sprøytevogna.

Til produksjon av BE60S brukes det en MB15000, men det bør vurderes å bruke en mykere myk bitumen enn MB15000, f.eks MB10000.



Figur 15 Grusveg, behandlet med bitumenemulsjon

5.5.4 Kostnader

Ved beregning av kostnader for støvdemping av grusveger har man delt inn arbeidet i 3 deler; oppgrusing, innkjøp og utspredning av støvbindingsmaterialer og høvling. For hver av delene har man i beregningene variert en parameter for å se hvilken konsekvens dette har for total kostnadene for vedlikeholdet av grusveger. For

oppgrusing har man variert forbruket av grus, for støvbinding av grusveger har man variert antall utspredninger og for høvling av grusveger har man variert antall høvlinger gjennom sesongen.

I beregningene av kostnader er det ikke forutsatt utgifter til lapping eller annet vedlikehold av grusvegene. Lagerutgifter er ikke tatt med i beregninger av kostnader. Kostnader for større slitasje på høvelutstyret er ikke tatt med i beregningene. Alle kostnader er eks. mva.

Behovet for oppgrusing, behovet for utspredning av støvbindingsmaterialer og behovet for høvling er gjensidig avhengig av hverandre. Kostnadene for disse 3 prosessene er også forskjellig fra grusveg til grusveg, pga. ulike forhold på veggen.

Enhetskostnader for oppgrusing av veg er vist nedenfor:
Kostnaden for oppgrusing av veg med bitumenemulsjon er lik kostnaden for oppgrusing av veg med CaCl_2 , se kap. 5.1.4.

Aktivitet	Kostnader (kr/km) ved forbruk pr. år		
	Normalt: 70 m ³ /km	Maks.: 100 m ³ /km	Min.: 25 m ³ /km
Materialkostnader	4.900	7.000	1.100
Oppgrusing av veg	4.900	6.000	1.900
Sum	9.800	13.000	4.300

Tabell 23 Kostnader ved oppgrusing av grusveg

Enhetskostnader for støvbinding med bitumenemulsjon (BE60S) er vist nedenfor:

- normalt antall utspredninger: - 1 utspredning pr. år, forbruk 2 l/m²
- normalt variasjonsområde: - 0.5-1.5 utspredninger pr. år, (i beregningene betyr 0.5 utspredninger tiltak hvert annet år og 1.5 utspredninger betyr 1 utspredning på alle grusveger og 2 utspredninger på enkelte grusveger pr. år), forbruk 2 l/m²
- materialkostnader innkjøp: - 1400 kr/tonn ferdig levert vegstasjon
- utspredning: - kapasitet: 1.3 km/dag (7.5 timer)
- kostnad: lastebil m/vanntank: 300 kr/time
sprøytevogn: 300 kr/time

- høvling i forbindelse med utspredning:
 - 105 kr/utkjørt høvelkm
 - antall høvlinger = 6 * lengde grusveg

Dette gir kostnader som vist i tabell 24.

Aktivitet	Kostnad (kr/km) for støvbinding ved antall utspredninger pr. år		
	Normalt: 1	Maks.: 1.5	Min.: 0.5
Materialkostnader	14.000	21.000	7.000
Utspredning av bitumenemulsjon (BE60S)	3.500	5.200	1.800
Høvling	800	1.200	400
Sum	18.300	27.400	9.200

Tabell 24 Kostnader ved utspredning av bitumenemulsjon på grusveg

Kostnader for høvling av grusveg er vist nedenfor:

(kostnader for høvling som utføres i løpet av sesongen for vedlikehold av vegen - gjelder ikke høvling i forbindelse med utspredning av støvbindemiddel)

- normalt antall høvlinger: - 2 høvlinger pr. år
- normalt variasjonsområde: - 1 - 5 høvlinger pr. år
- kostnad pr. høvling:
 - 105 kr/utkjørt høvelkm
 - antall høvlinger pr. tiltak = 3 * lengde grusveg

Dette gir kostnader som vist i tabell 25.

Aktivitet	Kostnad for høvling (kr/km) ved antall antall høvlinger pr. år		
	Normalt: 2	Maks.: 5	Min.: 1
Høvling	800	2.000	400

Tabell 25 Kostnader ved høvling av grusveg gjennom en sesong

En oppsummering av kostnadene i tabell 23-25 er vist i tabell 26.

Aktivitet	Kostnader for oppgrusing, støvbinding og høvling (kr/km) pr. år		
	Normalt	Maks.	Min.
Oppgrusing:			
Materialer	4.900	7.000	1.100
Utførelse	4.900	6.000	1.900
Støvbinding:			
Materialkostnader	14.000	21.000	7.000
Utspredning av bitumenemulsjon (BE60S)	3.500	5.200	1.800
Høvling (utspredning)	800	1.200	400
Høvling (vedlikehold)	800	2.000	400
Sum	28.900	42.400	12.600

Tabell 26 Kostnader for vedlikehold av en grusveg gjennom en sesong

På bakgrunn av gitte forutsetninger er "normalkostnadene" for vedlikehold av en grusveg med bitumenemulsjon (BE60S) ca 29.000 kr/km, med et beregnet variasjonsområde fra 14.000 kr/km til ca 42.000 kr/km. Det totale variasjonsområdet kan være større.

Av totalkostnadene på 28.900 kr/km er kostnadene fordelt med 9.800 kr/km til oppgrusing, 18.300 kr/km til innkjøp og utspredning av bitumenemulsjon (BE60S) og 800 kr/km til høvling av grusveger. Materialkostnadene utgjør ca 14.000 kr/km.

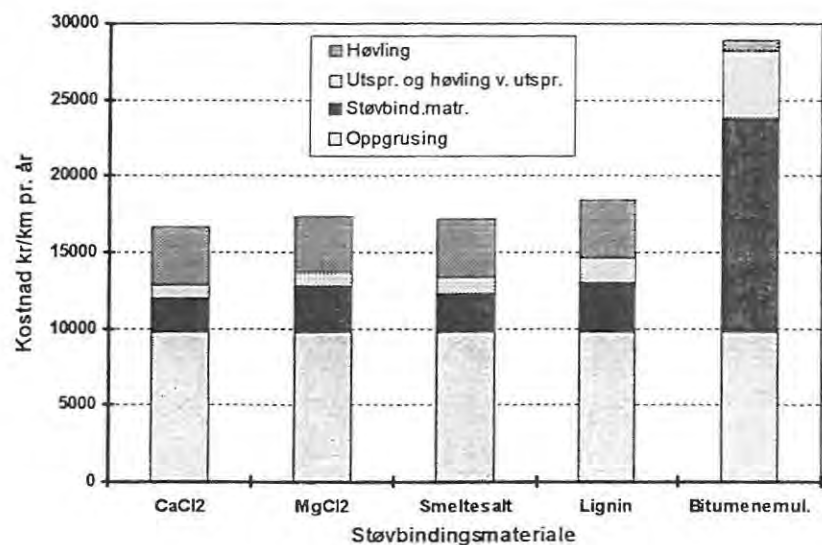
Beregninger viser også at hvis materialkostnadene endres med 20 % - 280 kr/tonn, dvs. fra 1.400 kr/tonn til 1.680/1.120 kr/tonn, vil dette føre til at de totale vedlikeholdskostnadene gjennom sesongen endres med 2.800 kr/km, dvs. ca 10 % av totalkostnadene. Utgangspunktet for beregningen er at det blir utført 1 utspredning i året og at forbruket er 2 l/m².

6 Evaluering / Vurdering

I en evaluering av ulike støvbindingsmaterialer må også aktiviteter som oppgrusing og høvling av grusveger inkluderes. Egenskaper hos de ulike støvbindingsmaterialene kan føre til variable behov for oppgrusing og/eller høvling. Også andre forhold enn type støvbindingsmateriale kan føre til at behovet for oppgrusing og høvling varierer.

Beregning av kostnader for grusvegvedlikehold omfatter kostnader til oppgrusing, innkjøp og utspredning av støvbindingsmateriale og høvling. Kostnadene er beregnet i kr pr. km pr. år. Det er beregnet en "Normalkostnad" og et variasjonsområde, uttrykt ved "Maks. kostnad" og "Min.kostnad". I figur 16 er de beregnede "Normalkostnader" vist for alle støvbindemidlene, basert på følgende aktiviteter: oppgrusing, materialkostnader - støvbindingsmateriale (kostnader levert vegstasjon), utspredning og høvling i forbindelse med utspredning og høvling som utføres gjennom hele sesongen for vedlikehold av vegen.

Ved valg av støvbindingsmetode er det også andre egenskaper ved støvbindingsmaterialene enn de som framkommer i kostnadsberegningene i denne rapporten som har betydning for valg av metode. For enkelte grusveger har endel av disse egenskapene praktiske konsekvenser og for noen både praktiske konsekvenser og økonomiske konsekvenser. Kostnadene for ulempene er ikke tatt med i disse beregningene. De vil også variere fra grusveg til grusveg. Endel av disse ulempene er summert opp senere i dette kapittelet.



Figur 16 Årlige "normalkostnader" ved vedlikehold av grusveger med bruk av ulike støvbindingsmaterialer

Beløpene angir årlige kostnader pr km grusveg. Modellen for kostnadsberegning er etablert på basis av innsamlede opplysninger og erfaringsdata om priser og mengder, feltforsøk og spørreundersøkelse. I "normalsituasjonen" som ligger til grunn for modellen regnes det med aktiviteter og forbruk pr år for de ulike typene av støvbindingsmaterialer som angitt i tabell 27.

	Støvbindingsmaterialer				
	CaCl ₂	MgCl ₂	Smeltesalt	Lignin	Bitumenemulsjon
Oppgrusing - forbruk - materialkostnad - utføring	70 m ³ 70 kr/m ³ 70 kr/m ³	70 m ³ 70 kr/m ³ 70 kr/m ³	70 m ³ 70 kr/m ³ 70 kr/m ³	70 m ³ 70 kr/m ³ 70 kr/m ³	70 m ³ 70 kr/m ³ 70 kr/m ³
Støvbinding - antall utspr. pr år - forbruk pr utspr.	2 700 kg/km	2 900 kg/km	1,5 (1 el. 2) 1.800 v 1. utspr. 300 v. 2. utspr.	2 6m ³ /km, 1:2 v. 1. utspr. 6m ³ /km, 1:3 v. 2. utspr.	1 2 l/m ²
Støvb. materiale - innkjøp - transport, handl.	1.400 kr/t 200 kr/t	1.200 kr/t 200 kr/t	1.100 kr/t levert vegstasjon	750 kr/t (kons.) levert vegstasjon	1.400 kr/t levert vegstasjon
Kapasitet v. utspr.	35 km/dag	32 km/dag	18 km/dag	7 km/dag	1,3 km/dag
Høvling v. utspr.	3 · lengde	3 · lengde	4 · lengde	4 · lengde	6 · lengde
Annen høvling	12 ggr á 3 · lengde	12 ggr á 3 · lengde	12 ggr á 3 · lengde	12 ggr á 3 · lengde	2 ggr á 3 · lengde

Tabell 27 Mengder, priser, aktiviteter og forbruk pr. år i "normalsituasjonen" som figur 16 beskriver.

Levetiden på tiltak med bitumenemulsjon er usikker. I modellen er det regnet med 1 års levetid, men med levetid på 2 år vil kostnadene bli vesentlig redusert.

Ut fra det innsamlede materialet er det vanskelig å si noe generelt om bruk av en type støvbindingsmateriale kan redusere behovet for oppgrusing i forhold til bruk av andre typer støvbindingsmaterialer. For høvling har man forutsatt et mindre behov ved bruk av bitumenemulsjon i forhold til bruk av de andre typene.

Normale totalkostnader for å vedlikeholde en grusveg, basert på aktivitetene oppgrusing, innkjøp og utspredning av støvbindingsmateriale og høvling, varierer fra ca 16.600 kr til ca 29.000 kr pr. km veg pr. år. Det er liten variasjon i totalkostnader, fra 16.600 kr til 18.400 kr, mellom CaCl₂, MgCl₂, smeltesalt og lignin. Denne forskjellen er ubetydelig i forhold til nøyaktigheten i beregningene. Ved beregning av kostnader er det forutsatt at det spredes like ofte ved bruk av CaCl₂ og MgCl₂, men utspredd mengde er 700 kg/km CaCl₂ og 900 kg/km MgCl₂. En sammenligning av behovet for CaCl₂ og MgCl₂, utført i Sverige (ett forsøk), har vist at man trenger ca 20 % mer MgCl₂ enn CaCl₂ for å støvbinde en veg gjennom ett år.

Forsøk i Kongsvinger-området i 1995 har ikke vist denne forskjellen.

Støvbinding med bitumenemulsjon har etter våre beregninger vist seg å være endel dyrere (29.000 kr pr. km veg pr. år) enn de andre typene, men erfaringene med bitumenemulsjon er såpass begrensede at kostnadene er usikre, bla. er man usikker på varigheten av tiltaket. Siden man antar at behovet for høvling er mindre ved bruk av bitumenemulsjon i forhold til bruk av de andre støvbindingsmaterialene, vil besparelsen i høvelkostnader blir større enn våre beregninger viser på veger hvor det er stor avstand mellom veg som skal høvles og der hvor høvelen er plassert.

Ved endring av mengde støvbindingsmateriale (inkl. mengde pr. utspredning og antall utspredninger), ulike enhetskostnader, behov for oppgrusing og behov for høvling kan det bli store variasjoner i totalkostnadene for de ulike støvbindingsmaterialene.

Figur 16 viser at kostnadene til innkjøp og utspredning av støvbindingsmaterialene CaCl_2 , MgCl_2 , smeltesalt og lignin utgjør 18-26 % av total-kostnadene, basert på aktivitetene oppgrusing, innkjøp og utspredning av støvbindingsmateriale og høvling. For bitumen-emulsjon utgjør kostnader til innkjøp og utspredning over 60 % av totalkostnadene.

For støvbindingsmaterialene CaCl_2 , MgCl_2 , smeltesalt (Hydrosalt) og lignin (Dustex) utgjør en endring i innkjøpskostnader på 20 % fra 2 til 4 % endring i totalkostnader, mens en endring i innkjøpskostnader på 20 % for bitumenemulsjon utgjør ca 10 % endring i totalkostnader.

En reduksjon av utspredd mengde CaCl_2 fra 1000 til 700 kg/km vil medføre at årlige totale kostnader til vedlikeholdet vil minke med 1000 kr/km, fra 17.600 til 16.600 kr/km. Forutsetningen er at antall utspredninger ikke øker. Forsøkene ved Kongsvinger og resultater fra spørreundersøkelsen antyder at 700 kg/km er tilstrekkelig ved hver utspredning. En årlig besparelse på 1000 kr/km grusveg gir en årlig besparelse på 25 mill. kr for hele landet. Dette er ikke oppnåelig i praksis fordi mange allerede bruker mindre enn 1000 kg/km CaCl_2 , men en besparing på 5 - 10 mill kr på landsbasis burde være oppnåelig ved å redusere utspredningsmengden.

Beregningene viser dermed at det største potensiale for å få en lavere totalkostnad for vedlikehold av grusveger ligger i å bruke et støvbindingsmateriale som fører til mindre behov for oppgrusing eller høvling eller har andre fordeler, ikke prissatt i denne rapporten, (se nedenfor). Derfor bør det gjennomføres en vurdering av hver enkelt grusveg for å finne optimal støvbindingsmetode for vegen.

Det er mange elementer som påvirker valg av støvbindingsmetode. Endel av elementene er knyttet til egenskaper ved støvbindingsmaterialet og endel er knyttet til forutsetninger for bruken og konsekvensene ved bruken av de ulike støvbindingsmaterialene. Både

egenskapene, forutsetningene og konsekvensene vil variere fra grusveg til grusveg. Endel av disse elementene er summert opp nedenfor uten å knytte kostnader til dem.

Værforhold, før, under og etter utlegging

- Ved alle metodene for støvbinding oppnår man best resultat når grusen er fuktig under utspredning, men sannsynligvis krever smeltesaltet dette i større grad enn de andre metodene.
- Dersom man er for seint ute med 1. utspredning om våren og det samtidig er tørt, vil støvbindingsmaterialene CaCl_2 , MgCl_2 , smeltesalt (Hydrosalt) og lignin (Dustex) trenge lite ned i gruslaget. Det behandlede grusdekket blir derfor tynt. Dette kan medføre slag-hulldannelse og stort høvlingsbehov.

Geometri

- For lite tverrfall har større betydning ved bruk av lignin og bitumenemulsjon som støvbindingsmateriale enn ved bruk av CaCl_2 , MgCl_2 og smeltesalt

Utspredning

- Komplettering utover året er enklere, dvs. krever mindre mannskap og utstyr eller er ikke så væravhengig, ved bruk av CaCl_2 og MgCl_2 sammenlignet med smeltesalt, lignin og bitumenemulsjon.
- Konsekvensen ved "feilslag" er større ved bruk av lignin og spesielt bitumenemulsjon enn den er ved bruk av CaCl_2 , MgCl_2 og smeltesalt.
- CaCl_2 , smeltesalt og spesielt MgCl_2 er følsom for lang oppbevaringstid på lasteplanet, materialene tar til seg fuktighet, blir mer seigtflytende og vanskeligere å spre ut.
- Ved bruk av lignin og bitumenemulsjon er man mer avhengig av riktig kornfordeling inkludert finstoffandel i grusen for å få et tilfredsstillende støvdempningsresultat i forhold til bruk av CaCl_2 , MgCl_2 og smeltesalt.

Høvling

- Slitasjen på høvelutstyret er større ved bruk av bitumenemulsjon og lignin enn det er ved bruk av CaCl_2 , MgCl_2 og smeltesalt.
- Ved høvling av bitumenemulsjon og lignin er det registrert at kvaliteten på støvdempingen blir redusert siden det er vanskelig å få en like hard overflate som den man hadde før høvling.

Beliggenhet i forhold til vegstasjon/høvel

- Det er stort volum som må transporteres og legges ut pr. km veg ved bruk av lignin til støvbinding i forhold til bruk av de andre støvbindingsmidlene. Derfor bør transportavstanden fra lagertank til veg som skal behandles være kort ved bruk av lignin.
- En reduksjon av antall høvlinger oppnås ved bruk av bitumenemulsjon sammenlignet med de andre støvbindingsmetodene og fordelene er større jo lengre avstand det er fra vegen som skal høvles til der hvor høvelen står plassert.

Arbeidsmiljø

- Ved håndtering av CaCl_2 , MgCl_2 og smeltesalt kan det oppstå irritasjon på huden ved uforsiktig omgang med støvbindingsmaterialene. I forbindelse med tømming av smeltesalt på lastebil bør det brukes støvmaske.

7 Litteraturreferanser

Meddelelser fra Veidirektøren

nr. 2 1941

Støvdempende og stabiliserende midler
1941

Støvdemping av grusveger

Alternative støvdempningsmidler

Vegdirektoratet

1993

Bengt-Olof Nilsson

Prov på dammbindning med magnesiumklorid ($MgCl_2$)

Svenska Vägverket

1993

Støvbehandling av grusveger med Dustex 1992 i

vedlikeholdsområde 3, Heimdal

Statens vegvesen Sør-Trøndelag

1993

Støvbehandling av grusveger med Dustex

Vedlikeholdsområde 4, Namsos vegstasjon

Statens vegvesen Nord-Trøndelag

1994

Magnus Glänneskog & Pernilla Skog

Bergsättersvägen

En undersökning av lignin som dammbindemedel

Universitetet i Linköping Teknisk högskolan, Institutionen för
teknisk utbildning i Norrköping

1994

Kostnadsmodeller - riksvegvedlikehold

Beregningsgrunnlag

Statens vegvesen Vegdirektoratet

1994

