



# Grip op gladheidbestrijding

---

de visie van Nouryon - januari 2019

**Nouryon**  
Wegenzout

## Inhoudsopgave

<b>1. Introductie</b>	<b>3</b>
1.1 Algemene opmerking	3
<b>2. Strooimiddelen</b>	<b>4</b>
2.1 Vacuümzout	5
2.2 Steenzout	5
2.3 Zeezout	6
2.4 Alternatieve dooizouten	6
<b>3. Pekel voor gladheidbestrijding</b>	<b>8</b>
3.1 Natriumchloride pekkel	8
3.2 Calciumchloride pekkel	9
3.3 Magnesiumchloride pekkel	9
<b>4. Vriespuntdaling</b>	<b>10</b>
4.1 Hoe werkt het?	10
4.2 Vriespuntdaling in theorie	11
4.3 Vriespuntdaling in de praktijk	12
4.4 Smeltcapaciteit	13
4.5 Invloed van verkeer	14
4.6 Warmteontwikkeling bij vast calciumchloride	14
4.7 Alternatieve dooimiddelen	15
<b>5. Gladheidbestrijding</b>	<b>16</b>
5.1 Preventief en curatief	16
5.2 Natstrooien	16
5.3 Dosering	17
5.4 Pekelsproeien	18
5.5 Effectief strooien met een homogene korrelgrootteverdeling	18
5.6 Milieu	19
5.7 Corrosie	19

Dit document is eigendom van Nouryon of haar gelieerde ondernemingen. Alle rechten zijn strikt voorbehouden. Reproductie, uitgifte of openbaarmaking aan derden in welke vorm dan ook, is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de eigenaar.

# 1. Introductie

In dit document leest u Nouryon's visie op gladheidbestrijding en effectief gebruik van dooimiddelen. Het is bedoeld voor iedereen die zich professioneel met gladheidbestrijding bezighoudt.

## 1.1 Algemene opmerking

In veel documentatie over gladheidbestrijding worden vaak ervaringen en/of meetresultaten m.b.t. geconcentreerde zoutoplossingen beschreven, al dan niet met additieven, waarbij flinke vriespuntdalingen bereikt worden. Dit gebeurt echter niet in de praktijk.

Nouryon richt zich voornamelijk op de dooiprocessen die zich werkelijk op het gestrooide wegdek voltrekken en waarbij sterk verdunde zoutoplossingen ontstaan. Bij verdunde zoutoplossingen treden vanzelfsprekend minder grote vriespuntdalingen op dan bij geconcentreerde oplossingen.

De informatie in dit document is zorgvuldig opgesteld. Mocht er onverhoopt informatie incorrect blijken, dan passen wij het document graag aan. Derhalve zal Nouryon geen enkele aansprakelijkheid aanvaarden ten aanzien van de inhoud van het document of de interpretatie ervan.





## 2. Strooimiddelen



Strooimiddelen kunnen worden onderverdeeld in stroefmakende middelen en dooimiddelen. Voor 1960 werden naast het traditionele sneeuwruimen uitsluitend stroefmakende middelen als zand, grind, as en split ingezet om de wegen berijdbaar te houden. Deze middelen hebben geen dooiwerking, maar maken het wegdek stroef. In gebieden waar strenge winters voorkomen zoals Scandinavië en de Alpenlanden, worden momenteel nog stroefmakende middelen gebruikt. Na 1960 werd in West Europa steeds meer gebruik gemaakt van dooimiddelen die de gladheid bestrijden en ijs en sneeuw laten smelten. Het meest gebruikte dooimiddel destijds was natriumchloride (NaCl) en is dat momenteel nog steeds.

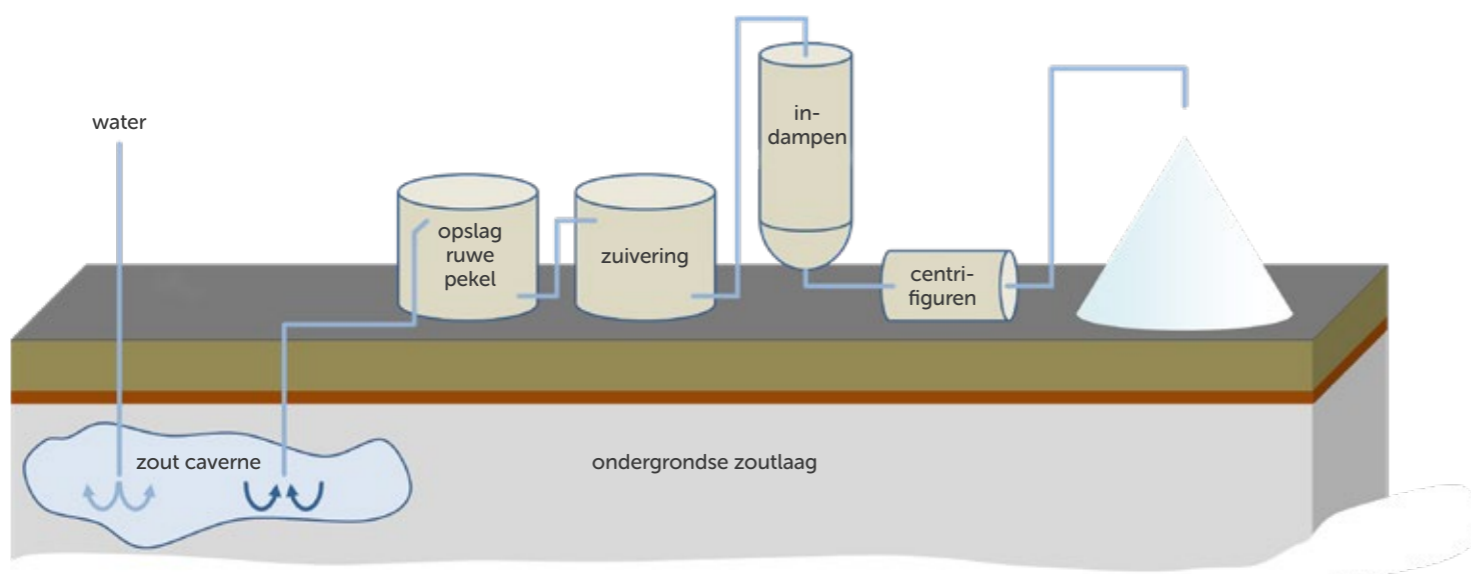
De voordelen van het gebruik van natriumchloride zijn:

- Het is vrijwel onbeperkt beschikbaar en voorradig
- Het is relatief goedkoop
- De optimale vriespuntverlaging van (smelt)water
- Het is veilig te hanteren
- Het is minder corrosief dan andere chloridehoudende dooimiddelen

### Natriumchloride-zouten in vaste vorm

Van oudsher wordt wereldwijd natriumchloride (NaCl) het meest gebruikt bij gladheidbestrijding. Natriumchloride-zout is onder te verdelen in drie soorten:

- Vacuümzout
- Steenzout
- Zeezout



Figuur 1: Productieproces van vacuümzout (vlnr).

### 2.1 Vacuümzout

Vacuümzout wordt gewonnen door middel van oplosmijnbouw. Het productieproces is schematisch weergegeven in Figuur 1. Hierbij worden de onderaardse zoutlagen opgelost met water en als pekkel naar de oppervlakte gepompt. Deze pekkel wordt vervolgens in verschillende stappen gezuiverd waarna in boilers het water grotendeels onder vacuüm wordt verdampt, zodat het gezuiverde zout uitkristalliseert. Deze productiemethode zorgt ervoor dat het zout een zeer hoge zuiverheid heeft met een kleine korrel en een gelijkmatige korrelgrootteverdeling (zie Figuur 7). Daarnaast bevat ongedroogd vacuümzout al circa 2,8% vocht, wat zorgt voor een goede hechting aan het wegdek. Zie Tabel 1 voor relevante eigenschappen.

### 2.2 Steenzout

Steenzout wordt met behulp van traditionele mechanische mijnbouw gewonnen. Bij dit proces van winning wordt het zout onder de grond afgegraven en gezeefd, maar niet gezuiverd. Steenzout bevat dan ook verontreinigingen als zand, zware metalen, en andere oplosbare zouten zoals sulfaten. Het resultaat is dat het gehalte natriumchloride lager is en, ondanks het zeven, de korrelgrootte gemiddeld grover en onregelmatiger is dan bij vacuümzout (zie Figuur 7). Zie Tabel 1 voor relevante eigenschappen.

Tabel 1: Eigenschappen van vacuümzout, steenzout en zeezout als dooimiddel

Eigenschap	Vacuümzout	Steenzout	Zeezout
NaCl-gehalte (%) als droge stof	99,9%	95-98%	95-99%
Antiklontermiddel* (mg/kg)	70 - 100	70 - 100	70 - 100
Zware metalen (mg/kg)	< 0,2	1 - 3	1 - 3
Onoplosbaar (%)	< 0,01	1 - 3	1 - 3
Oplosbaar anders dan NaCl (%)	< 0,01	1 - 2	1 - 2
Sulfaten (g/kg)	0,3	0,3 - 7	1,5 - 8
Vochtgehalte (%)	< 3	< 1	1 - 5
Korrelgrootte			
80% (mm)	0,20 - 0,45	1 - 3	1 - 3
Maximum (mm)	< 0,16 mm: 5%	< 0,16 mm: 2,5%	< 0,16 mm: 2,5%
<b>Maximum (mm)</b>	<b>&gt; 1 mm: 1%</b>	<b>&gt; 5 mm: 1%</b>	<b>&gt; 5 mm: 1%</b>

\* Gehalte antiklontermiddel is uitgedrukt als ferrocyanide,  $\text{Fe}(\text{CN})_6$ .



### 2.3 Zeezout

Zeezout wordt gewonnen in warmere zuidelijke landen door middel van verdamping van zeewater door de zon. Uiteindelijk blijft er een zout achter dat met betrekking tot verontreinigingen en korrelgrootteverdeling het meest te vergelijken is met steenzout. Zie Tabel 1 voor relevante eigenschappen.

### 2.4 Alternatieve dooizouten

Naast natriumchloride (NaCl) kan men de volgende dooimiddelen ook gebruiken: calciumchloride ( $\text{CaCl}_2$ ), magnesiumchloride ( $\text{MgCl}_2$ ), ethyleenglycol, ureum, natriumformiaat, kalium- of natriumacetaat en calciummagnesiumacetaat (CMA).

Calcium- en magnesiumchloride zijn het beste vergelijkbaar met natriumchloride maar zijn als vaste stof zeer hygroscopisch en moeilijk/onveilig te verwerken. Hygroscopische stoffen trekken zeer sterk vocht aan en veroorzaken daardoor brandplekken op de huid. Tevens zijn deze dooimiddelen corrosiever dan natriumchloride (zie Figuur 8).

De andere genoemde dooimiddelen bevatten organische componenten en zijn praktisch niet corrosief maar veel duurder. Deze typen dooimiddelen worden vooral gebruikt op plekken waar geen corrosie mag optreden, zoals op bruggen en vliegvelden. Het organische deel in deze dooimiddelen veroorzaakt een verhoogde BOD (Biological Oxygen Demand) en is milieubelastend. BOD geeft aan hoeveel zuurstof uit het milieu (water/lucht) onttrokken moet worden om het dooimiddel af te breken.

Informatie over vriespunt daling en ijslijnen van verschillende dooizouten is te vinden in paragraaf 4.7.





# 3. Pekel voor gladheidbestrijding



De pekellosoorten die algemeen gebruikt worden voor het bevochtigen van wegeenzout zijn:

- 20 - 22% NaCl
- 16% CaCl<sub>2</sub>
- 15% MgCl<sub>2</sub>

In Nederland worden voornamelijk NaCl pekels en in mindere mate 16% CaCl<sub>2</sub> pekels gebruikt; percentages zijn op gewichtsbasis.

## 3.1 Natriumchloride pekels

Natriumchloride pekels (NaCl) kunnen worden verkregen door:

- zelf NaCl op te lossen in een oplosinstallatie
- gebruiksklare pekels (20-22% NaCl) direct te betrekken vanaf de leverancier



### 3.1.1 Zelf oplossen

Veelal wordt pekels gemaakt door zout op te lossen in water met behulp van oplosmiddelen. De pekels die hierbij verkregen worden, hebben meestal een concentratie van 20%. Zoals in 4.1.2 nader wordt toegelicht, is het van belang dat de pekels nooit een concentratie hoger dan 23% hebben. Bij hogere concentraties kunnen leidingen en nozzles verstopt raken.

Tijdens het oplossen van steenzout en zeezout lost tot ca. 2% niet op in het water, dit blijft als onoplosbaar bestanddeel achter in de oplosmiddel. Ongeveer 50% van de zware metalen die aanwezig zijn in steenzout lost op in water met als gevolg dat de overige 50% achterblijft bij de onoplosbare bestanddelen. In 1000 kg steenzout kan tot ca. 5 gram zware metalen achterblijven op 2 kg niet oplosbare bestanddelen. Het bezinksel in de oplosmiddel kan in dat geval mogelijk aangemerkt worden als chemisch afval.

Vacuümszout daarentegen lost volledig op en bevat geen zware metalen. Oplossen van vacuümszout gaat aanmerkelijk sneller vanwege de kleine korrelgrootte.

### 3.1.2 Kant en klare pekels

Als pekels direct betrokken worden van een leverancier, spaart dat de investering, onderhoudskosten en operationele kosten uit van gebruik van een oplosmiddel.

Nouryon natriumchloride (NaCl) pekels:

- bevat geen antiklontermiddel (ferrocyanide) in tegenstelling tot pekels die verkregen zijn door het oplossen van vast zout, waarbij ook het antiklontermiddel oplost in de pekels.
- bevat geen onoplosbare bestanddelen
- bevat altijd 22% NaCl

## 3.2 Calciumchloride pekels

Calciumchloride pekels (CaCl<sub>2</sub>) kunnen worden verkregen door:

- gebruiksklare pekels direct te betrekken vanaf leverancier
- 33% CaCl<sub>2</sub> pekels te betrekken vanaf leverancier en deze 1 op 1 verdunnen met water tot 16% CaCl<sub>2</sub> pekels
- zelf CaCl<sub>2</sub> op te lossen in een oplosmiddel, waarbij CaCl<sub>2</sub> pekels ontstaan

## 3.3 Magnesiumchloride pekels

Magnesiumchloride pekels (MgCl<sub>2</sub>) kunnen worden verkregen door:

- gebruiksklare pekels direct te betrekken vanaf leverancier
- 30% MgCl<sub>2</sub> pekels te betrekken vanaf leverancier en deze 1 op 1 verdunnen met water tot 15% MgCl<sub>2</sub> pekels
- zelf MgCl<sub>2</sub> op te lossen in een oplosmiddel, waarbij MgCl<sub>2</sub> pekels ontstaan

# 4. Vriespuntddaling

De effectiviteit van een gladheidsbestrijdingsmiddel wordt bepaald door:

- vriespuntddaling van water
- smeltcapaciteit op ijs en sneeuw

Over het algemeen worden voornamelijk NaCl zout en (in mindere mate) pekels en CaCl<sub>2</sub> pekels gebruikt als dooimiddel, daarom wordt dieper ingegaan op de dooi-eigenschappen van deze twee soorten dooimiddelen.

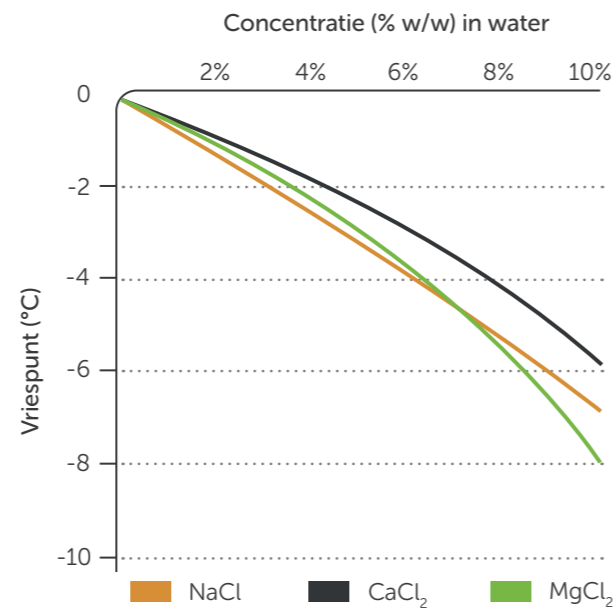
## 4.1 Hoe werkt het?

**Pas als zouten oplossen in (smelt)water, daalt het vriespunt.** Dit heet vriespuntddaling. Water bevriest dan bij een temperatuur lager dan nul graden. De mate waarmee het vriespunt daalt door oplossen van zout, hangt af van (1) de chemische samenstelling van het zout, (2) de hoeveelheid en (3) het oplosmiddel (water).

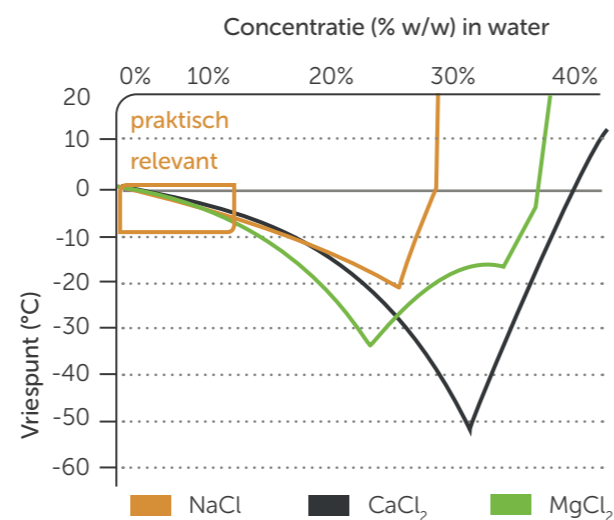
De theoretische achtergrond staat beschreven in paragraaf 4.2. Hieronder staat een aantal voorbeelden.

### 4.1.1 Er wordt gestrooid tot ca. -10 Celsius

Bij temperaturen onder -10 Celsius is het meestal droog en wordt er geen gladheid verwacht. Dit betekent dat men in Nederland hooguit een vriespuntddaling van 10 graden nodig heeft. In het geval van NaCl is er een concentratie van 13,8% nodig, voor CaCl<sub>2</sub> bedraagt dat 14,1%. Tot die temperatuur zijn er kleine verschillen in vriespuntddaling tussen de verschillende chloridezouten. Dit is weergegeven in Figuur 2, waarin de lijnen de vriespunten voorstellen bij verschillende zoutconcentraties.



Figuur 2: Vriespunten voor pekels van chloridezouten onder praktisch relevante omstandigheden. Onder de lijnen wordt er ijs gevormd, boven de lijnen is alles in de vloeistoffase.



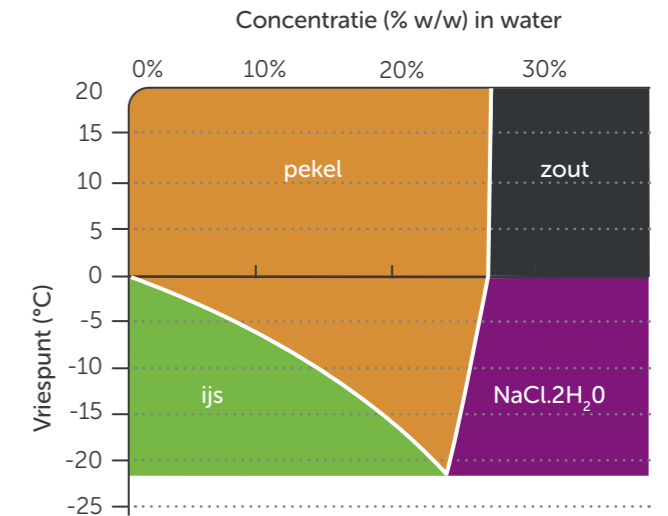
Figuur 3: De fase-diagrammen van chloridezouten. Hierin is het praktisch relevante temperatuurbereik gegeven.

Soms worden zeer lage temperaturen voor "maximale vriespuntddaling" gerapporteerd. Deze worden pas gehaald bij substantieel hogere zoutconcentraties, die in de praktijk niet gehaald kunnen worden en bovendien geen praktisch nut opleveren. Ter illustratie; een concentratie van 10% wordt pas bereikt bij ongeveer 30 g/m<sup>2</sup> natstrooien op een wegdek waarop 0.2 mm water of ijs aanwezig is. De "maximale vriespuntddaling" wordt pas bereikt bij ca. 70-130 g/m<sup>2</sup> natstrooien onder die condities. In de praktijk wordt dit niet toegepast, maar dat is ook niet nodig. Het praktisch relevante concentratie- en temperatuurbereik, zoals in Figuur 2 is gegeven, is in Figuur 3 in oranje aangegeven.

Uit Figuur 3 volgt dat een lager eutecticum (ofwel laagste vriespunt) **niet** betekent, dat een dooimiddel in de praktijk beter werkt.

### 4.1.2 Geschikte concentratie voor pekels

In Figuur 4 wordt het fase-diagram van natriumchloride zout in water weergegeven. Het laagst-mogelijke vriespunt wordt gehaald bij een concentratie van ca. 23% NaCl; het vriespunt is dan ca. -21 °C. Dit punt in het diagram wordt ook wel **eutectisch punt** genoemd. Bij concentraties lager dan eutectische concentratie kan bij temperaturen onder de grafiek ijs ontstaan, terwijl bij hogere concentraties een andere vaste stof kan ontstaan: het zogenaamde natriumchloridedihydraat (NaCl·2H<sub>2</sub>O). Deze vaste stof kan leiden tot verstopping van leidingen en sproei-nozzles. Vergelijkbare hydraat zouten worden ook gevormd bij bijvoorbeeld MgCl<sub>2</sub> (dodecahydraat: MgCl<sub>2</sub>·12H<sub>2</sub>O) en CaCl<sub>2</sub> (hexahydraat: CaCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O). Het is daarom essentieel om pekels te gebruiken die in concentratie niet boven de eutectische concentratie komen. Dat is de reden dat voor NaCl pekels een concentratie van maximaal 22% aangehouden wordt.



Figuur 4: Schematische weergave van het fase-diagram van Natriumchloride in water. Bij temperaturen boven de witte lijn blijft NaCl opgelost in water (pekels). Bij temperaturen onder deze lijn worden verschillende vaste stoffen gevormd.

## 4.2 Vriespuntddaling in theorie

In 1884 heeft de Nederlandse chemicus Van't Hoff het fenomeen van vriespuntddaling bestudeerd en zijn bevindingen in een wet vastgelegd, die voor lage concentraties geldt:

$$VPD = K \times n \times \frac{c}{MW}$$

waarin VPD is vriespuntddaling (in graden Celsius ofwel Kelvin):

- K = constante = 1.86 voor water (kg.K/mol)
- n = aantal ionen dat ontstaat bij oplossen van 1 molecuul dooimiddel (in water)
- c = zoutconcentratie op de weg (g zout per kg water)
- MW = molecuulgewicht van het zout



Hieruit valt direct logisch af te leiden dat:

- in hoe meer deeltjes (ionen) een zout uiteenvalt bij het oplossen in water (n), hoe groter de vriespundaling
- hoe hoger de concentratie zout in water (c), hoe groter de vriespundaling
- hoe zwaarder het zout per molecuul (moleculgewicht MW), hoe **kleiner** de vriespundaling.

**Ter illustratie:** Oplossen van NaCl geeft minder ionen (n=2) dan het oplossen van CaCl<sub>2</sub> (n=3), maar heeft wel een lager moleculgewicht (resp. 58,44 en 111). Per saldo levert dat een betere vriespundaling per gram zout op voor NaCl dan voor CaCl<sub>2</sub>. Dit zie je terug in Figuur 2 en 3: bij lagere concentraties ligt de ijslijn voor NaCl onder die van CaCl<sub>2</sub>.

### 4.3 Vriespundaling in de praktijk

In onderstaande voorbeelden worden vriespunten afgeleid uit Figuur 3. De wet van Van't Hoff geldt alleen voor lage concentraties, maar er bestaat ook een wet die voor de vriespundaling bij hogere (praktische) concentraties toegepast kan worden. Bij onderstaande voorbeelden is van deze laatste wet gebruik gemaakt.

#### 4.3.1 Voorbeeld 1: Preventief strooien bij verwachting van 0.2 mm neerslag

Uitgaande van een preventieve strooiactie volgens natstrooi procedure met een dosering van 10 g/m<sup>2</sup> ter voorkoming van het aanvriezen van 0,2 mm neerslag, overeenkomend met 0,2 liter smeltwater per m<sup>2</sup>, kan de vriespundaling voor de verschillende pekeloplossingen berekend worden.

Bij natstrooien maakt het feitelijk weinig uit welke pekela je gebruikt, omdat het bereikte dooi-effect nagenoeg hetzelfde is (zie Tabel 2).

**Tabel 2:** Voorbeeld berekende vriespundaling bij 10 g/m<sup>2</sup> FS30 strooien (7 gram zout + 3 gram pekela) op een wegdek ter voorkoming van aanvriezen van 0,2 mm neerslag

Natstrooien	Weg-bedekking (g/m <sup>2</sup> )	Total zout (g/m <sup>2</sup> )	Vriespundaling (°C)
NaCl zout	7	7	2,0
+ 22% NaCl pekela	+ 0,66	7,66	2,2
+ 16% CaCl <sub>2</sub> pekela	+ 0,48	7,48	2,1
+15% MgCl <sub>2</sub> pekela	+ 0,45	7,45	2,1

#### 4.3.2 Voorbeeld 2: Preventief pekela sproeien bij verwachting van 0.2 mm neerslag

Wanneer preventief alleen pekelaoplossing wordt gesproeid, zullen vriespundalingen voorkomen zoals vermeld in Tabel 3. De algemeen toegepaste hoeveelheid voor preventief sproeien is 20 ml/m<sup>2</sup>. Wil men echter dezelfde vriespundaling bereiken met CaCl<sub>2</sub> pekela en/of MgCl<sub>2</sub> pekela, dan moet men voor beide zoutsoorten een grotere hoeveelheid pekela gebruiken. Dit is weergegeven in Tabel 4. De resultaten in Tabel 4 geven duidelijk weer dat aanzienlijk meer CaCl<sub>2</sub>- en/of MgCl<sub>2</sub> pekela nodig is om dezelfde vriespundaling te verkrijgen als met NaCl pekela.

**Tabel 3:** Voorbeeld berekende vriespundaling bij 20 ml/m<sup>2</sup> pekela op een wegdek ter voorkoming van aanvriezen van 0,2 mm neerslag

Pekela	Concentratie op de weg	Vriespundaling (°C)
22% NaCl pekela	2,50%	1,49
16% CaCl <sub>2</sub> pekela	1,79%	0,76
15% MgCl <sub>2</sub> pekela	1,67%	0,79

**Tabel 4:** Berekening van benodigde hoeveelheid pekela bij gelijke vriespundaling

Pekela	Weg-bedekking (ml/m <sup>2</sup> )	Vriespundaling (°C)
22% NaCl pekela	20,0	1,49
16% CaCl <sub>2</sub> pekela	38,8	1,49
15% MgCl <sub>2</sub> pekela	35,5	1,49

#### 4.3.3 Voorbeeld 3: Curatief pekela sproeien op 0.2 kg/m<sup>2</sup> ijs (ca. 0.2 mm ijs)

Gladheid, ontstaan door lichte sneeuwval of een dunne ijslaag op het wegdek, kan uitstekend bestreden worden door te sproeien met pekela. Het voordeel van pekela sproeien t.o.v. nat zout strooien is dat de bedekking op het wegdek volledig is en het dooi-effect ogenblikkelijk optreedt. Vooral op wegen met lage verkeersintensiteit, zoals voet- en fietspaden, en op dagen dat minder verkeer aanwezig is, zoals tijdens weekenden en feestdagen, is pekela al snel effectiever dan vast zout omdat bij weinig verkeer vast zout minder goed verspreid wordt. Vanwege de goede wegbedekking kan ook de hoeveelheid NaCl/m<sup>2</sup> veel verder verlaagd worden dan wanneer met vast zout gestrooid wordt. Voor (nat) zout strooien wordt een minimum van 7 g/m<sup>2</sup> toegepast. In Tabel 5 worden enkele voorbeelden gegeven van vriespundalingen bij gebruik van verschillende hoeveelheden pekela bij 0,2 mm ijs of 2 mm sneeuw op het wegdek.

**Tabel 5:** Vriespundaling bij verschillende pekela doseringen

Dosering NaCl pekela (ml/m <sup>2</sup> )	Zout (g/m <sup>2</sup> )	Vriespundaling (°C)
10	2,56	0,74
20	5,12	1,49
30	7,68	2,23

Bij sproeien van 30 ml/m<sup>2</sup> NaCl (22%), wordt dezelfde vriespundaling verkregen als wanneer preventief gestrooid wordt met 10 g/m<sup>2</sup> (nat) zout.

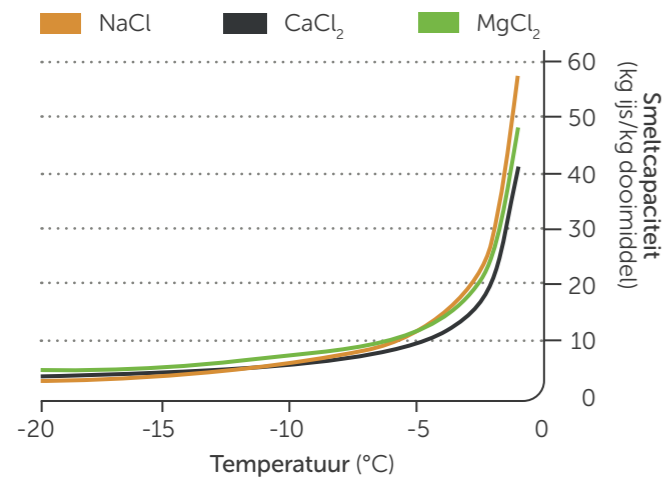
### 4.4 Smeltcapaciteit

Smeltcapaciteit wordt uitgedrukt als de hoeveelheid ijs die smelt bij gebruik van 1 kg dooimiddel bij een temperatuur van -5 °C. Voor verschillende chloridezouten gelden de smeltcapaciteiten zoals te zien in Tabel 6.

**Tabel 6:** Smeltcapaciteit van zout, pekela en FS30 natstrooien bij -5° C

Dooimiddel	Kg gesmolten ijs per kg dooimiddel
NaCl	11,8
CaCl <sub>2</sub>	9,91
MgCl <sub>2</sub>	12,2
NaCl pekela (22%)	1,82
CaCl <sub>2</sub> pekela (16%)	0,75
MgCl <sub>2</sub> pekela (15%)	0,98
FS30 NaCl + NaCl pekela (22%)	8,83
FS30 NaCl + CaCl <sub>2</sub> (16%)	8,49
FS30 NaCl + MgCl <sub>2</sub> pekela (15%)	8,57





**Figuur 5:** Smeltcapaciteit van chloridezouten

In Figuur 5 is de smeltcapaciteit van natriumchloride, calciumchloride en magnesiumchloride weergegeven. Hieruit valt op te maken dat bij milde vorst er nog enige verschillen in smeltcapaciteit tussen de chloridezouten zijn. Bij lagere temperaturen zijn deze verschillen verwaarloosbaar.

#### 4.5 Invloed van verkeer

Bij preventief natstrooien wordt ca. 7 – 10 gram (nat)zout per m<sup>2</sup> op het wegdek gebracht. Wanneer er een ijs- of sneeuwlaag op het wegdek ligt, lost het zout op en wordt verdund door het smeltwater dat ontstaat. Als er 0,2 mm ijs of 2 mm sneeuw ligt op 1 m<sup>2</sup> wegdek komt dit overeen met ca. 0,2 liter smeltwater dat ontstaat bij dooi. Uitgaande van 10 g/m<sup>2</sup> dooimiddel volgens de natstrooiprocedure (= 7,7 g NaCl per m<sup>2</sup>) wordt dan een verdunde pekkel gevormd met een concentratie van 36,5 gram NaCl per liter ofwel 3,65%.

Pekels die op de weg ontstaan door verdunning van het zout door smeltwater, hebben typisch een vriespunt van ca. -0,5 tot -2°C. Het dooi-effect wordt echter bevorderd wanneer het wegdek bereden wordt door verkeer. Dit is wat in de volksmond "inrijden van zout" genoemd wordt, wat ervoor zorgt dat eventueel gevormd ijs zich niet aan het wegdek hecht en zodoende niet tot gladheid leidt.

#### 4.6 Warmteontwikkeling bij vast calciumchloride

Calciumchloride is in verschillende vormen als vaste stof verkrijgbaar. In tegenstelling tot de meeste vormen, die kristalwater bevatten, bevat de **anhydraat** vorm geen kristalwater. Omdat **calciumchloride anhydraat** geen kristalwater bevat, komt er veel warmte vrij als het opgelost wordt in water. Het oplossen in water is dan exotherm. Van deze eigenschap wordt gebruik gemaakt wanneer in het geval van sneeuwval er vastgereden ijsplaten op het wegdek kunnen ontstaan. Deze ijsplaten zijn met reguliere strooiacties of ploegacties immers niet meer te verwijderen.

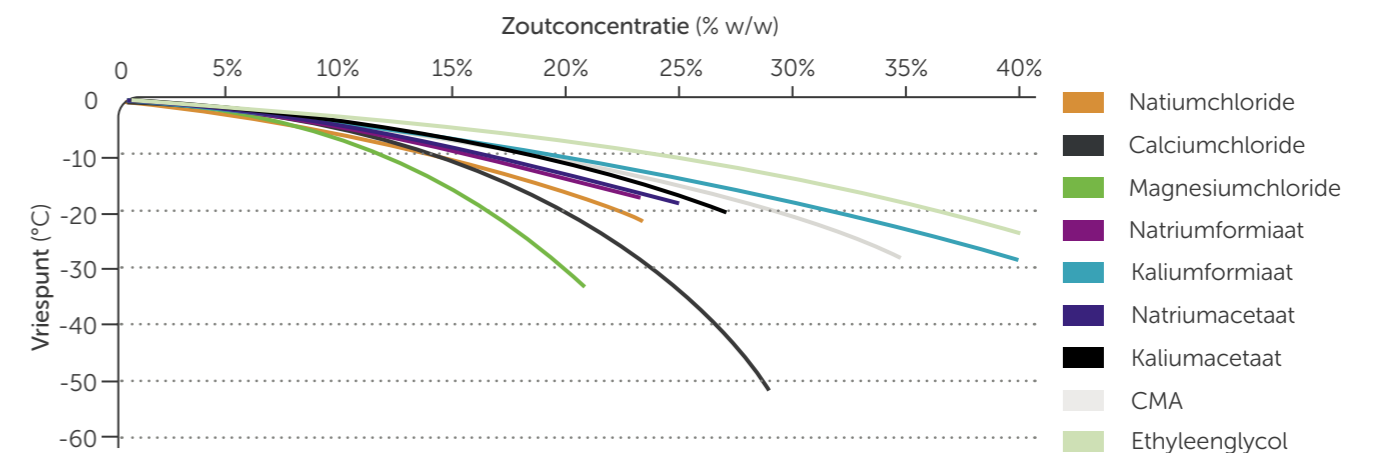
In deze extreme situatie wordt de anhydraat vorm gebruikt om hete pekkel te maken, bijvoorbeeld door de zgn. **Firestorm**; de ontstane hete pekkel wordt in een geïsoleerde tank op een vrachtwagen gepompt en onder hoge druk op het wegdek aangebracht in situaties waarbij ijsplakken vastzitten aan het wegdek. Dit warmte-effect zorgt ervoor dat vastzittend ijs goed loskomt van het wegdek, en/of dat het warme dooimiddel sneller zijn werk doet. Dit betekent overigens niet, dat de smeltcapaciteit hoger is. Wel zorgt de smeltwarmte voor snellere werking van het dooimiddel. Als calciumchloride kristalwater bevat of als koude (of afgekoelde) pekkel wordt toegepast, dan treedt het warmte-effect niet meer op.

Overigens is calciumchloride anhydraat niet prettig te verwerken, omdat het zeer hygroscopisch is en daardoor irriterend voor huid, ogen en longen. Deze eigenschap geldt ook voor magnesiumchloride.



#### 4.7 Alternatieve dooimiddelen

Voor verschillende toepassingen worden legio dooimiddelen ingezet. Hieronder staan de meest gebruikelijke op een rij.



**Figuur 6:** IJslijnen (vriespunten) van verschillende dooimiddelen

Uit Figuur 6 blijkt dat (net als uit Figuur 3) een lager eutecticum (ofwel laagste vriespunt) **niet** betekent dat een dooimiddel in de praktijk beter werkt. Dit is nader toegelicht in paragraaf 4.1.1.

**Tabel 7:** Vriespuntdaling door verschillende dooimiddelen bij een concentratie van 5% in water. De waarden zijn gerangschikt naar vriespuntdaling.

Dooimiddel	MW (g/mol)	n	vriespuntdaling (°C)
NaCl (natriumchloride)	58,5	2	3,07
MgCl <sub>2</sub> (magnesiumchloride)	95,2	3	2,83
Natriumformiaat	68	2	2,73
Natriumacetaat	82	2	2,36
CaCl <sub>2</sub> (calciumchloride)	111	3	2,26
Kaliumformiaat	84,1	2	2,21
Kaliumacetaat	98,2	2	1,92
CMA (calcium-magnesiumacetaat)	300,6	4	1,66
Ureum	60,1	1	1,6*
Ethyleen glycol	62,1	1	1,6*
Saccharose (suiker)	342	1	0,3*

\* = Deze waarden zijn bij gebrek aan literatuurwaarden wel met Van't Hoff berekend. Deze zijn dus indicatief.

Uit deze tabel volgt dat de grootste vriespunt daling in ijs/sneeuw wordt bereikt met NaCl.



# 5. Gladheidbestrijding

## 5.1 Preventief en curatief

Gladheidbestrijding door middel van zout kan op twee manieren plaatsvinden: preventief of curatief. In het begin werd alleen curatief gestrooid met droog zout: het zogenaamde "droogstrooien". Vanaf 1970 begon men in bepaalde omstandigheden preventief te strooien met bevochtigd zout: het zogenaamde "natstrooien".

- **Preventief:** hierbij wordt dooimiddel gestrooid op het wegdek voordat er sprake is van bevriezing of voordat gladheid veroorzakende neerslag (ijzel, sneeuw) is gevallen: de benodigde hoeveelheid dooimiddel is gebruikelijk 7 – 10 g/m<sup>2</sup>.
- **Curatief:** wanneer al gladde omstandigheden zijn ontstaan wordt zout gestrooid om deze omstandigheden op te heffen: de benodigde hoeveelheid dooimiddel is gebruikelijk 10 – 20 g/m<sup>2</sup>.

Door preventief te strooien wordt vooraf voorkomen dat het wegdek gaat bevriezen en in geval van sneeuwval wordt bewerkstelligd dat de vastgereden sneeuwlaag gemakkelijker verwijderd kan worden doordat deze minder aan de weg hecht.

Momenteel wordt in West-Europa zoveel mogelijk preventief gestrooid.

## 5.2 Natstrooien

Het zout kan zowel droog als vochtig (bevochtigd) op het wegdek gestrooid worden, hoewel droog zout strooien in Noordwest Europa weinig wordt toegepast i.v.m. verstuiven

van het zout. Gladheidbestrijding in Nederland wordt voor het grootste deel uitgevoerd door preventief te strooien met bevochtigd zout. Door het bevochtigen verstuift het zout minder (voornamelijk voor droog vacuümzout en droog steenzout) en minder zout belandt in de berm.

Bij strooien met bevochtigd zout worden vast zout en pekkel vermengd op de verdeelschijf van de strooiapparatuur, meestal in de verhouding 70% vast zout en 30% pekkel (FS30). De gebruikelijke dosering bij preventief strooien is 7 – 10 g/m<sup>2</sup> (nat) wegenzout. Uiteindelijk ligt er dan 5,4 – 7,7 gram NaCl/m<sup>2</sup> op het wegdek als 22% NaCl pekkel wordt gebruikt ter bevochtiging.

De methode waarbij het zout tijdens een strooiactie wordt bevochtigd met pekkel wordt ook wel natstrooien genoemd en veelal uitgedrukt als FS30, FS40, etc. waarbij FS staat voor de Duitse afkorting "Feucht Salz" en de getallen 30 en 40 het percentage pekkel aangeeft. De meest gebruikte combinatie is FS30, de trend verschuift naar gebruik van meer natte component (FS40 – FS80) tot FS100 waarbij alleen pekkel gespreid wordt en geen vast zout meer wordt gestrooid. De term FS wordt in Europa op twee manieren benaderd:

- De "Duitse versie" waarbij het getal achter FS het percentage gewichtspercenten natte component aangeeft. Dit is de meest gebruikte methode in Europa.
- De "Scandinavische versie" waarbij het getal achter FS het percentage NaCl aangeeft dat middels de natte component wordt toegevoegd.

Tabel 8: Voorbeeld 10 g/m<sup>2</sup> natstrooien volgens Duitse FS-methode

FS	Zout (g/m <sup>2</sup> )	Pekkel (g/m <sup>2</sup> )	NaCl (g/m <sup>2</sup> )
0	10	0	10
30	7	3	7,6
50	5	5	6
80	2	8	3,6
100	0	10	2

In Tabel 8 en Tabel 9 worden voorbeelden gegeven van de verschillende versies voor 10 g/m<sup>2</sup> natstrooien waarbij 20% NaCl als natte component wordt gebruikt.

Tabel 9: Voorbeeld 10 g/m<sup>2</sup> natstrooien volgens Scandinavische FS-methode

FS	Zout (g/m <sup>2</sup> )	Pekkel (g/m <sup>2</sup> )	NaCl (g/m <sup>2</sup> )
0	10	0	10
30	7	15	10
50	5	25	10
80	2	40	10
100	0	50	10

Tabel 10: Dosering zout en pekkel conform CROW

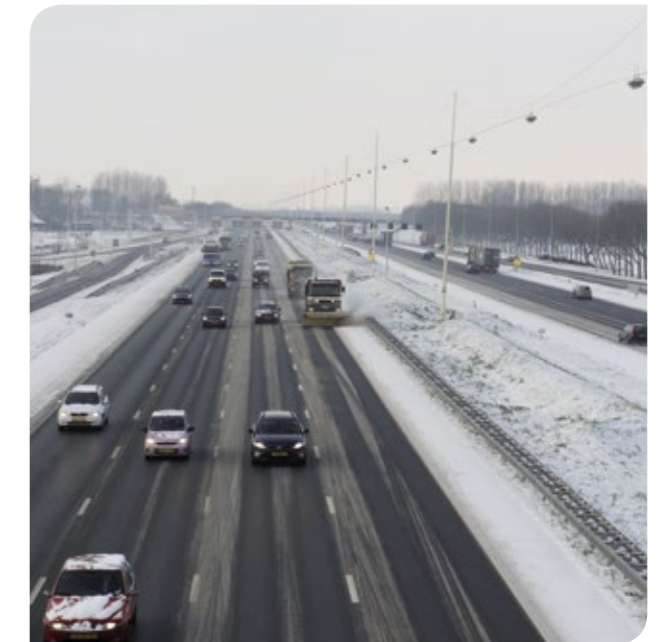
Type gladheid	Dichte wegdekken (g/m <sup>2</sup> )	Poreuze wegdekken (g/m <sup>2</sup> )
Bevriezing van natte weggedeelten		
• Preventief, natstrooien	7	14
• Curatief, natstrooien	7	14
• Sproeien pekkelwater*	23	geen ervaring
Condensatie en/of aanvriezende mist		
• Preventief, natstrooien	7	7
• Curatief, natstrooien	7	7
• Sproeien pekkelwater*	23	geen ervaring
Sneeuw (incl. ploegen of borstelen bij curatieve actie)		
• Preventief, natstrooien	7-10	15-20
• Curatief, natstrooien	10-15	15-20
• Sproeien pekkelwater*	40-60**	geen ervaring
IJzel		
• Preventief, natstrooien	15-20	20
• Curatief, natstrooien	15-20	20-40
• Sproeien pekkelwater*	40-60**	geen ervaring

\* = Bij 20% zoutoplossing. Bij deze concentratie bevat 23 g pekkel circa 4,6 gram zout.

\*\* = De aanbevolen doseringen bij het sproeien van pekkelwater bij sneeuw en ijzel zijn voorlopige waarden. Nader onderzoek moet nog plaatsvinden. Voorkomen moet worden, dat door verdunning de concentratie dooimiddel in het pekkelwater zo laag wordt dat het pekkelwater befrist.

## 5.3 Dosering

Gladheid kan op verschillende manieren optreden. Afhankelijk van het type gladheid moet de dosering van zout en pekkel aangepast worden. In de CROW publicatie (**Zout, kan het ietsje minder?**, d.d. december 2012) wordt het conform Tabel 10 aangeraden.



## 5.4 Pekelsproeien

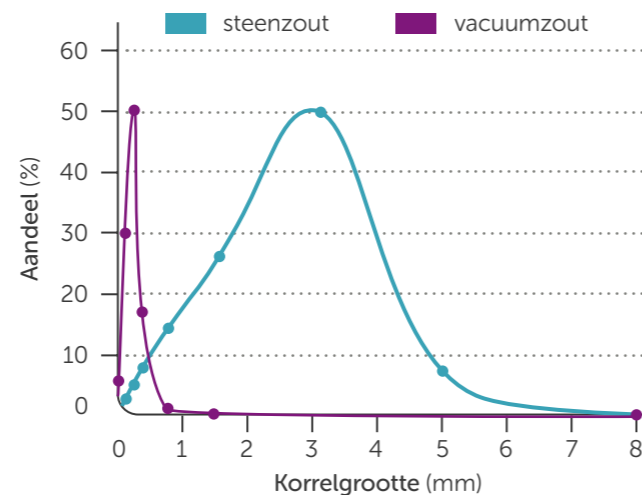
Gladheid ontstaan door lichte sneeuwval of een dunne ijslaag op het wegdek kan uitstekend bestreden worden door te sproeien met pekelsproei. Het voordeel van pekelsproeien t.o.v. nat zout strooien is dat de bedekking op het wegdek volledig is en het dooi-effect ogenblikkelijk volledig optreedt. Vooral op wegen met lage verkeersintensiteit, zoals voet- en fietspaden, en op dagen dat minder verkeer aanwezig is, zoals tijdens weekenden en feestdagen, is pekelsproei al snel effectiever dan vast zout omdat bij weinig verkeer het zout minder goed verspreid wordt. Vanwege de goede wegbedekking kan ook de hoeveelheid NaCl/m<sup>2</sup> veel verder verlaagd worden dan wanneer met vast zout gestrooid wordt. Wel is het bereik van strooiwagens bij natstrooien ongeveer een factor drie groter dan bij pekelsproeien.

## 5.5 Effectief strooien met een homogene korrelgrootteverdeling

Om zout effectief en efficiënt toe te passen, moet zout alleen dáár terechtkomen waar het nodig is; op de weg. Daarom is het van groot belang, dat zoutkorrels niet in de berm stuisen. Dat is niet economisch en bovendien ongewenst vanuit milieuperspectief.

De optimale instelling van een strooiwagen bereik je dan ook alleen, als alle zoutkorrels even groot zijn. De korrelgrootte van vacuümzout is buitengewoon uniform, wat het optimaal afstellen van de strooiwagen vereenvoudigt. Bij een brede korrelgrootteverdeling, zoals bij steenzout en zeezout het geval is, kunnen er twee dingen gebeuren: ofwel de grote korrels stuisen van de weg af, of de strooier wordt smaller afgesteld waardoor de zoutverdeling op de weg alles behalve homogeen is. Het afstellen van een strooiwagen voor steen- of zeezout blijft dus een compromis.

Korrelgrootte heeft ook invloed op de snelheid waarmee de dooiwerking optreedt. Immers, hoe groter het oppervlak van de korrels, hoe sneller deze oplossen en hun werk kunnen doen. Per gram zout heeft vacuümzout ca. 100 maal zoveel oppervlak als grove zoutsoorten en doet daarmee veel sneller.



**Figuur 7:** Typische korrelgrootteverdeling van vacuümzout en steenzout

In 2010 zijn in opdracht van Provincie Gelderland in samenwerking met Provincie Overijssel en Rijkswaterstaat vergelijkende strooitesten uitgevoerd met grof en fijn zout. Uit dit onderzoek bleek dat strooien met fijn zout (vacuümzout) tot aanzienlijk minder zoutverlies leidt dan strooien met grof zout.

**Tabel 11:** Korrelgrootte bepaalt hoe efficiënt gestrooid kan worden

Zoutverlies	Vacuümzout	Grof zout
Zonder verkeer	7%	11%
Met verkeer	14%	27%

Meer informatie over deze onafhankelijke studie kunt u verkrijgen via de volgende link: <https://roadsalt.nouryon.com/siteassets/20170531---magazine---kleine-korrel.pdf>

## 5.6 Milieu

Elke strooiactie t.b.v. gladheidbestrijding heeft een invloed op het milieu door de hoeveelheid zout die uiteindelijk in de berm en/of het rioolsysteem terecht komt. Afgezien van het kostenaspect wordt ernaar gestreefd om het milieu zo min mogelijk te belasten door zo effectief mogelijk met zo weinig mogelijk zout te strooien. In paragraaf 5.5 is al toegelicht hoe een fijne korrelverdeling hieraan kan bijdragen. Daarnaast is het van groot belang dat het zout dat gestrooid wordt geen milieuschadelijke componenten bevat als zware metalen en onoplosbare componenten. Zware metalen belasten het milieu. Een gangbaar toetsingskader (zoals gehanteerd wordt door CROW) om het effect van onvermijdelijke toevoegingen van milieubelastende stoffen in bodem of grondwater te beoordelen wordt gevormd door het concept van de Maximaal Toelaatbare Toevoeging (MTT) en de Verwaarloosbare Toevoeging (VT). De VT is gesteld op één honderdste deel van de MTT en wordt geacht slechts een verwaarloosbaar risico te veroorzaken. De keuze van de factor 100 is weliswaar arbitrair, maar toch gangbaar en vloeit voort uit veiligheidsoverwegingen. Alle VT en MTT waarden zijn weergegeven in Tabel 12.

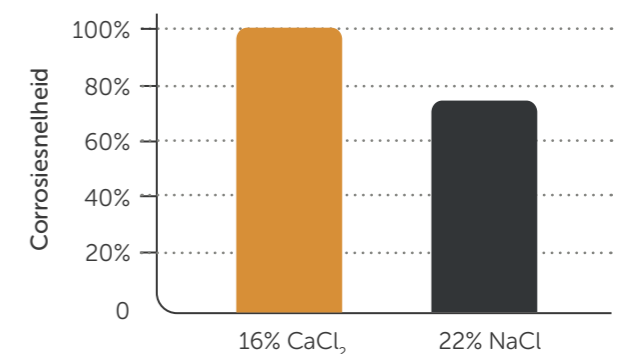
**Tabel 12:** Verwaarloosbare Toevoeging en Maximaal Toelaatbare Toevoeging van zware metalen en arseen m.b.t. milieuverontreiniging, betrokken op de Nederlandse regelgeving

Component	VT-waarde (mg/kg)	MTT-waarde (mg/kg)
Arseen	0,43	43
Barium	0,86	86
Cadmium	0,073	7,3
Chroom	0,36	36
Kobalt	0,73	73
Koper	0,31	31
Kwik	0,065	6,5
Lood	3,1	310
Molybdeen	64	6400
Nikkel	0,25	25
Zink	1,5	150

Droog vacuümzout bevat minstens 99,6% werkzame stof. Bij steenzout en zeezout ligt dit lager doordat deze verontreinigen als zware metalen, zand en andere zouten bevatten. Omdat vacuümzout zo zuiver is liggen alle concentraties van bovengenoemde componenten ruim onder de VT-waarde. Dit is niet altijd het geval voor steen- en zeezout, afhankelijk van de herkomst. Gewoonlijk geldt voor steen- en zeezout dat concentraties weliswaar onder de MTT-waarde vallen, maar voor enkele componenten boven de VT-waarde.

## 5.7 Corrosie

In sommige gevallen worden organische zouten of organische dooimiddelen toegepast, zoals op kunstwerken, bruggen, tunnels. Reden is dat chloridezouten corrosief zijn. Echter, zoals uit Tabel 7 blijkt, zijn chloridezouten het meest effectief. Bovendien zijn deze het best beschikbaar en prijstechnisch het meest aantrekkelijk in gebruik. De twee meest gebruikte dooizouten zijn natriumchloride en calciumchloride. Van deze zouten is de corrosiviteit onderzocht en de resultaten zijn gegeven in Figuur 8.



**Figuur 8:** Corrosiviteit van CaCl<sub>2</sub> en NaCl pekelsproei





Over Nouryon. Wij zijn wereldwijd marktleider op het gebied van essentiële chemie. Markten over de hele wereld vertrouwen op onze essentiële chemie voor de productie van dagelijkse behoeften als papier, kunststoffen, bouwmaterialen, levensmiddelen, farmaceutica en persoonlijke verzorgingsproducten. Door voort te bouwen op onze bijna 400-jarige geschiedenis en door de toewijding van onze 10.000 medewerkers, maar ook door onze gezamenlijke inzet op het gebied van bedrijfsgroei, een sterke financiële positie, veiligheid, duurzaamheid en innovatie, is een bedrijf van wereldklasse ontstaan en hebben we nauwe samenwerkingen met onze klanten opgebouwd. We zijn actief in meer dan 80 landen wereldwijd. Ons portfolio omvat toonaangevende merken als Eka, Dissolvine, Trigonox en Berol.

wegenzout.nl

**Nouryon**  
Wegenzout