

Inverkan av vägsalt (NaCl) på jordens aggregatstabilitet och risker för fosforförluster från åkermark

Ararso Etana & Tomas Rydberg



SLU, Institutionen för Markvetenskap,
Avdelningen för jordbearbetning
Box 7014, 750 07 UPPSALA

Förord

Denna rapport utgör slutredovisning av SLF:s projekt 0233057. Målet med projektet var att studera vägsaltets effekter på markstrukturen på åker utmed vintersaltade vägar. Jord för laboratoriestudier samlades in från åkermark utmed vintersaltade vägar våren 2003. Fem fält ingick i studien, varav tre med styva leror, ett med mellanlera och ett med lerig mo.

Vi tackar de lantbrukare som upplåtit åkermark för jordprovtagning. Ett tack också till agronomie doktor Jan Lindström som levererat information och data för jordprover från Forsbyboda gård och som i övrigt också bidragit med värdefulla kommentarer under projektarbetet. Agronomerna Josefin Ingvast, Anna Melakari och Sam Forsberg har hjälpt till med provtagning och laboriöarbete. Christina Öhman och Kerstin Usik vid Institutionen för Markvetenskap utförde analyser av jordprover. Ett stort tack även till dessa för deras välvilliga inställning till projektarbetet.

A. Etana & T. Rydberg

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning.....	2
Sammanfattning	3
Bakgrund.....	4
Material och metoder.....	4
Resultat.....	5
Diskussion.....	11
Slutsatser.....	12
Referenser.....	12

Sammanfattning

Projektet avsåg att utreda effekter av vägsalt (NaCl) på markstrukturen på åker utmed vintersaltade vägar. Jordprover samlades in från fem fält, varav tre med styva leror, ett med mellanlera och ett med lerig mo. Från alla platser togs lösa matjordsprover, före vårsådd, för att undersöka upplösningen av jordpartiklar från aggregat vid kontakt med vatten. Dessutom togs jordkolonner ut, i PVC- rör med 200 mm diam. och 200 mm höjd, från två fält, ett på Hjulsta gård (Uppland) respektive ett på Forsbyboda gård (Västmanland). Samtliga fem fält var höstplöjda. Avståndet mellan provtagningspunkterna bestämdes visuellt genom att bedöma variationsgränser i markstruktur. Från Forsbyboda togs också lösa jordprover och kolonnprover från ett närliggande skifte med permanent vall.

Från de lösa jordproverna preparerades det fram aggregat i storleken 8-11 mm i diameter. Från varje jordprov togs sedan ut sex delprov om vardera 12 aggregat, ca 8g/delprov. Aggregaten placerades på en sandbädd vid 0,05 meter vattenavförande tryck under en vecka för att åstadkomma likartad vattentension. Därefter blandades proverna försiktigt med 250 ml destillerat vatten i PVC- flaskor. Turbiditeten (grumligheten) bestämdes efter att större jordpartiklar än lerfraktionen sedimenterat. Turbiditet eller grumlighet är en optisk egenskap som uppstår när ljus bryts vid passage i en vätska. Ju grumligare vätskan är desto mer ljusbrytning. Sambandet mellan grumlighet och lerkoncentration i en vätska är linjärt. I de lösa matjordsproverna bestämdes också mängden av Ca, K, Mg, Na och P. Kolonnproverna utsattes för regnsimulering och även på dräneringsvattnet mättes turbiditeten.

Resultaten visade att natriumhalten var betydligt högre närmast de vintersaltade vägarna på alla platser. Natriumanrikningen skedde på bekostnad av andra katjoner, t.ex. kalium. Högst natriumkoncentration, närmast vägarna, återfanns på Forsbyboda och Hjulsta, där uppmättes också en minskning på ca 50 % respektive 70 % av kaliumkoncentrationen. Turbiditetsvärden på markvätska från aggregat och på dräneringsvatten från kolonnprover avspeglade i stort sätt likaså natriumhalten i matjorden. Riskerna för partikelförluster är alltså högst närmast de vintersaltade vägarna. Permanent vall visade sig minska denna risk på ett påtagligt sätt. Markens lutning verkade ha stor betydelse för saltspridningen över fältet.

Utredningar och forskning kring vägsaltets effekter på miljön har hittills fokuserat på föroreningen av grundvatten. Problemet med vägsaltets negativa påverkan på markstrukturen har hittills haft en förhållandevis låg prioritet, förmodligen beroende på att effekterna inte märks omedelbart. Dessutom är förekomsten av ämnet natrium i marken naturlig. I våra svenska jordar är den dock vanligtvis så pass låg att den inte missgynnar växtligheten såsom den kan göra i så kallade saltjor dar i andra delar av världen. Ytterligare en orsak till försummelsen kan vara att effekten av vägsaltet felaktigt tas för packningsskador på vändtegar utefter de vintersaltade vägarna. Förutom försämrad markstruktur, kan vägsalt leda till växtnärsbrist, framför allt av kalium, och det finns därför anledning att kontrollera växtnärsstillståndet i de skiften som gränsar till vintersaltade vägar extra noga. Om användningen av vägsalt fortsätter i samma form och utsträckning som idag kan natriumkoncentrationen i åkermarken bli hög inte bara närmast de vintersaltade vägarna utan också över större arealer. En sådan utveckling kan orsaka stora skador på åkermarken och de omgivande vattendragen. Förutom skador på markstrukturen ökar vägsaltet risken för utlakning av fosfor och vissa tungmetaller som följer med uppslammade lerpartiklar i avrinnande vatten. Det kan därför vara värt att sätta in motåtgärder, till exempel i form av strukturkalkning och anläggning av olika typer av skydds zoner.

BAKGRUND

Nästan all halkbekämpning i Sverige utförs med natriumklorid eftersom det är ett billigt salt. Idag använder vägverket ca 250 000 ton vägsalt för halkbekämpning per år på det statliga vägnätet (Ojala & Mellqvist, 2004). Vägsaltet kan föras med vind upp till 100 meter över öppet fält, men avsevärd anrikning sker inom 20 m avstånd från vägen (Blomqvist & Johansson, 1999; Norrström & Bergstedt, 2001). Spridningen över åkerareal ökar dock genom åren med jordförflyttning vid jordbearbetning (blandningseffekt).

Tidigare studier visade att halten av kloridjoner var avsevärt högre än natriumjoner i vattendrag, vilket indikerar jonbyte i marken (Löfgren, 1999). Natrium ersätter andra katjoner såsom kalcium och kalium och det kan försämra markstrukturen. Kalciumjoner (Ca^{2+}) har en stabiliserande effekt medan natriumjoner (Na^+) har den motsatta. Dessutom kan det uppstå växtnärbrikt, framför allt kaliumbrist, i åkermark utmed vintersaltade vägar. Svag aggregatstabilitet ökar risken för skorpbildning med i vissa fall förödande konsekvenser för kulturväxterna. Dessutom ökar risken för yterosion på grund av minskad vatteninfiltration. En annan konsekvens av markstrukturförsämringen är partikelförluster via dräneringsvatten och via ytavrinning. Det kan bidra till eutroferingen eftersom fosforförluster från åkermark i första hand sker genom partikelbunden transport (Sharpley & Syres, 1979; Catt m.fl., 1998; Ulén, 2001). Projektet avsåg att utreda effekter av vägsalt (NaCl) på markstrukturen på åker utmed vintersaltade vägar.

MATERIAL OCH METODER

Jordprover samlades in för laboratoriestudier från åkermark utmed vintersaltade vägar våren 2003. Jordproverna togs från fem fält, varav tre med styva leror, ett med mellanlera och ett med lerig mo. Jordarnas kornstorleksfördelning redovisas i tabell 1. Från alla platser togs lösa matjordsprover. Jordproverna användes för att undersöka upplösning av jordpartiklar från aggregat vid kontakt med vatten. Avståndet mellan provtagningspunkterna bestämdes visuellt genom att bedöma variationsgränser i markstruktur. Provtagningen gjordes strax före vårsådd och på varje avstånd från vägen togs fem parallella prover längs vägarna. Samtliga provtagningsfält var höstplöjda. Provtagning skedde med hjälp av en kvadratisk metallram, med måtten 20x20x20 cm. Jordmassan innanför ramen grävdes upp försiktigt och relativt ostörda jordklumpar samlades i en plastburk. Dessutom togs jordkolonner ut i PVC-rör med 200 mm diam. och 200 mm höjd, i två fält, vid Hjulsta (Uppland) respektive vid Forsbyboda (Västmanland). Kolonnproverna från Hjulsta togs på 2, 12, 24 och 36 m avstånd från vägdike. På Forsbyboda togs de på 2, 8, 16 och 32 m, och från ett skifte med permanent vall på två avstånd, 2 och 32 m. Kolonnproverna togs med fyra upprepningar per plats och punkt. I anslutning till kolonnproverna från vallskiftet togs också lös jord. Jordproverna transporterades till Ultuna och bevarades i kylrum vid 2°C tills laboriearbetet påbörjades.

Från de lösa jordproverna preparerades det fram aggregat i storleken 8-11 mm i diameter. Från varje jordprov togs sedan ut sex delprov om vardera 12 aggregat, ca 8g/delprov. Aggregaten placerades på en sandbädd vid 0,05 meter vattenavförande tryck under en vecka för att åstadkomma likartad vattentension. Därefter blandades proverna försiktigt med 250 ml destillerat vatten i PVC-flaskor. Turbiditeten (grumligheten) bestämdes efter att större markpartiklar än lerfraktionen sedimenterat, enligt Stoke's lag (Sheldrick & Wang, 1993). Turbiditet eller grumlighet är en optisk egenskap som uppstår när ljus bryts vid passage i en vätska. För att uppskatta vätskans grumlighet bestämmer man ljusbrytningen i 90° med en apparat som kallas för turbidimeter. Ju grumligare vätskan är, pga lerkoncentration i vattnet, desto mer ljusbrytning. Sambandet mellan grumlighet och lerkoncentration i

en vätska är linjärt (figur 1 & 2). I de lösa matjordsproverna bestämdes också koncentration av de viktiga katjonerna (Ca, K, Mg och Na) och fosfor.

De prover som var tagna i kolonner preparerades och placerades i en anläggning anpassad för regnsimulering och uppsamling av dräneringsvatten (Roulier and Jarvis, 2002). Bevattning och uppsamling av dräneringsvatten gjordes tre gånger, med två dygns uppehåll. Bevattningen pågick i två timmar med intensiteten 8-10 mm/timme och uppsamlade vattenprover analyserades på turbiditet på samma sätt som ovan.

Tabell 1. Provjordarnas kornstorleksfördelning och mullhalt (%)

Provtagningsplats	Avstånd från vägdike (m)	Ler	Mjåla	Mo	Sand	Mullhalt
Forsbyboda (Västerås, väg 68)	2 - 16	35	31	30	4	2,1
	24 - 32	39	28	31	2	2,2
Storgården, Vara (öster om E20)	2 - 16	48	33	16	3	3,9
	32 - 64	44	34	19	3	3,7
Storgård, Vara (väster om E20)	2 - 16	44	34	17	5	3,4
	32 - 64	44	33	17	6	4,2
Hjulsta, Enköping, (vid väg 55)	2 - 16	48	25	26	1	3,2
	32 - 72	47	27	24	2	3,2
Bredan, Vara (öster om E20)	2 - 16	6	5	51	38	5,9
	32 - 64	6	4	53	37	6,4

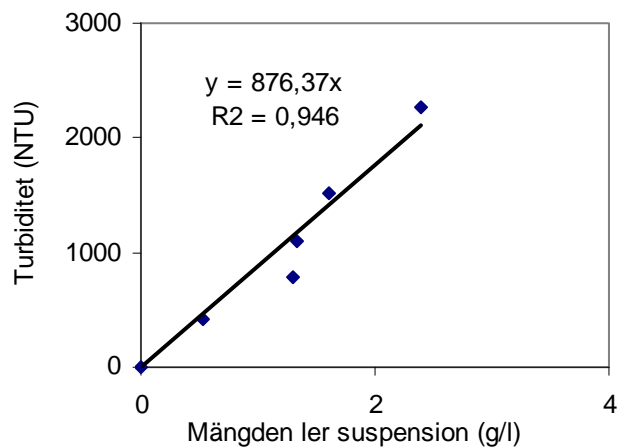
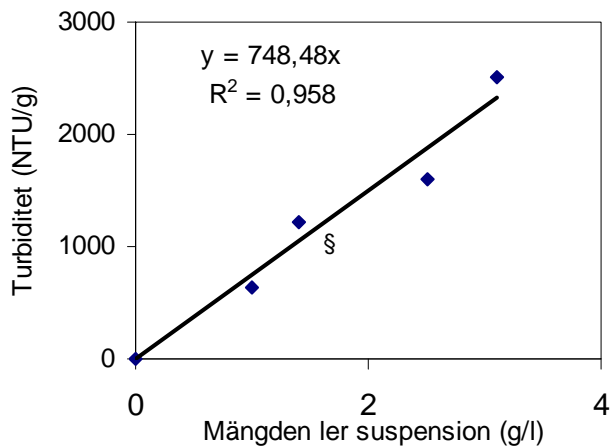
RESULTAT

I tabell 2 redovisas innehåll av utbytbara baskatjoner i matjorden. Natriumhalten var högre närmast de vintersaltade vägarna på samtliga platser, men skillnaden varierade mellan platserna. Natriumanrikningen skedde på bekostnad av andra katjoner t.ex. kalium. Högst natriumkoncentration återfanns närmast vägarna utanför Västerås och Enköping och där minskade kaliumkoncentrationen med ca 50 % respektive 70 % jämfört med i punkter längre bort från vägarna. Natriumkoncentrationen avtog successivt ju längre bort från vägen man kom, förutom på Forsbyboda. Möjligen kan ytavrinningen pga lutningen (ca 5 %) och den dominerande vindriktningen begränsat ackumuleringen av natrium till endast dikeskanten. I figur 1 och 2 redovisas sambandet mellan koncentration av lerpartiklar i suspension och dess turbiditet. Figurerna visar att turbiditet är en ganska säker metod för att mäta mängden suspenderade lerpartiklar i vatten. Turbiditeten av suspension vid aggregattesterna redovisas i figurerna 3, 4 och 7-9. I en lättjord förväntas en del av natriumjonerna från vägsaltet snabbt utlakas med dräneringsvatten men vi noterade förhöjd natriumackumulering även i en sådan jord (Bredans gård i Vara, tabell 2). Även denna jord var mindre stabil närmast vägen (figur 9). Natriumackumuleringen har inte direkt påverkat mängden förrådsfosfor i matjorden (tabell 2).

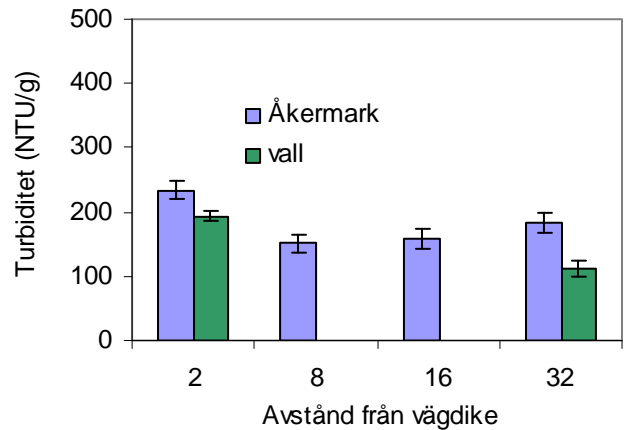
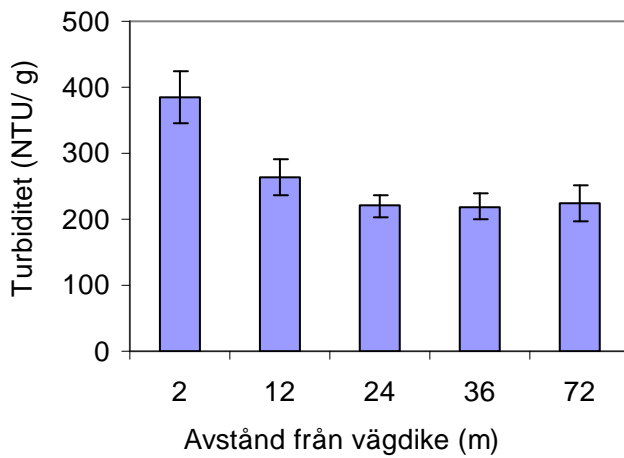
I figur 5 & 6 redovisas turbiditeten av dräneringsvatten från kolonnprover från Hjulsta respektive från Forsbyboda. Partikelförluster med dräneringsvatten var högst närmast vägarna. Lerförluster från kolonnprover tagna i permanent vall vid Forsbyboda var lägre än från kolonnprover från åkermark på motsvarande avstånd från vägdiket (figur 6). Flödes hastigheten i kolonnproverna tycktes ej påverkas av mängden vägsalt (tabell 3).

Tabell 2. Innehåll av baskationer och fosfor i matjorden (0-20 cm)

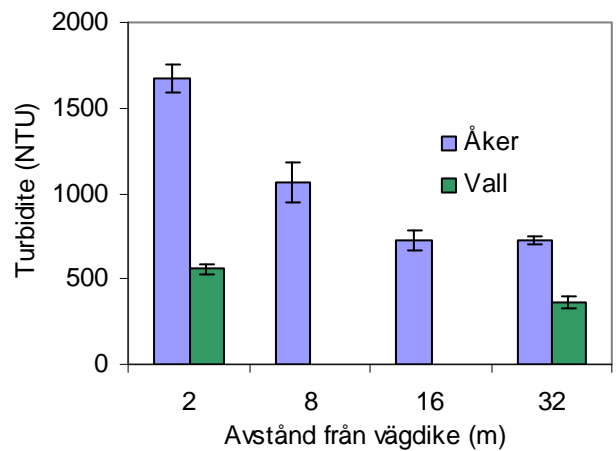
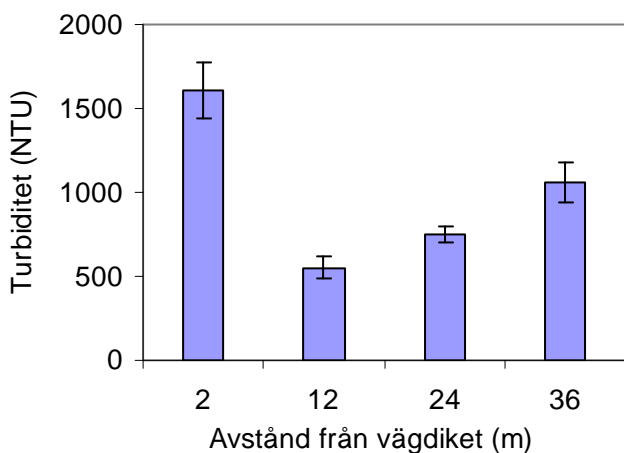
Plats	Avstånd från vägdike (m)	Baskationer, mg/100 g lufttorrt prov				Mängd fosfor	
		K	Na	Ca	Mg	P-Al	P-HCL
Hjulsta (Enköping, väg 55)	2	8,8	69,8	167	16,1	6,3	63
	8	19,0	31,6	194	21,1	5,8	66
	12	27,5	7,8	301	29,7	13,9	65
	24	30,0	4,9	348	25,8	5,8	65
	36	34,0	4	381	29,2	8,6	73
	72	29,0	3,5	353	29,9	7,8	80
Forsbyboda (Västerås, väg 68)	2	7,6	63,2	138	14,5	5,9	80
	8	15,0	3,3	219	19,6	6,2	82
	16	17,5	3,5	240	21,6	6,1	81
	32	13,5	1,8	214	24,5	4,9	77
Vall ”	2	12,0	48,4	167	20,8	11,6	97
	32	12,5	4,9	226	21,8	9,4	96
Storgården (Vara, öster om E20)	2	14,0	23,4	230	47,9	2,4	41
	4	12,0	16,0	275	50,3	4,6	47
	8	13,5	8,5	247	52,0	1,7	42
	16	15,5	6,7	271	45,0	1,9	44
	32	16,5	4,5	262	39,6	3,5	47
	64	16,0	4,1	228	31,9	1,8	37
Storgården (Vara, väster om E20)	2	11,5	18,2	233	26,8	1,6	37
	4	11,5	13,3	241	27,1	1,5	34
	8	14,5	8,2	277	29,0	2,2	38
	16	13,5	6,9	272	31,2	1,9	40
	32	15,5	5,4	268	31,8	2,2	40
	64	14,5	3,6	262	28,6	1,9	36
Bredan (Vara, öster om E20)	2	3,0	8,2	185	5,9	7,5	33
	4	9,0	5,1	196	6,5	8,6	33
	32	7,0	1,7	189	7,2	5,1	32



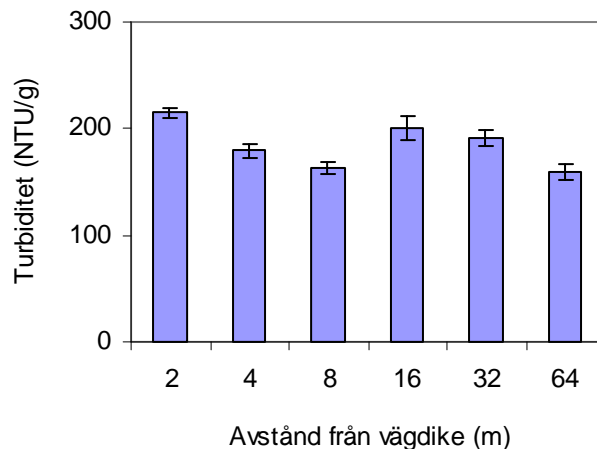
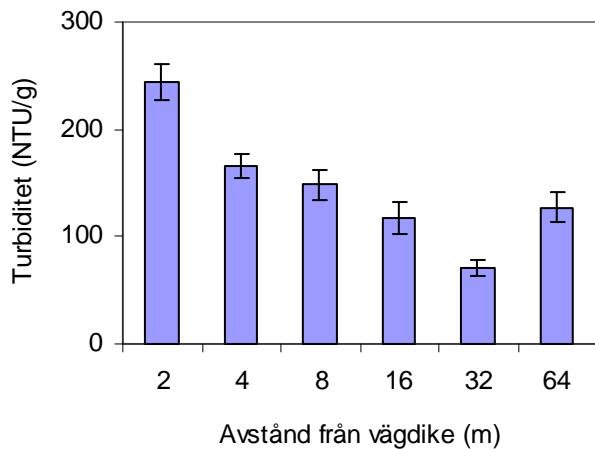
Figur 1 & 2. Turbiditet som funktion av suspenderat ler (vänster Hjulsta; höger Forsbyboda).



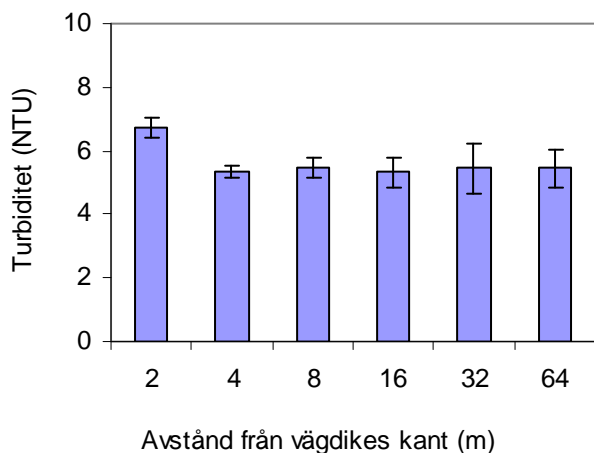
Figur 3 & 4. Turbiditet av suspension från aggregatprover (vänster Hjulsta; höger: Forsbyboda).



Figur 5 & 6. Turbiditet av dräneringsvatten från kolonnprover (vänster: Hjulsta; höger: Forsbyboda).



Figur 7 & 8. Turbiditet av suspension från aggregatprover från Storgården (vänster: öster om E20: höger: väster om E20).



Figur 9. Turbiditet av suspension från aggregatprover (Bredan, Naum vid E20 i Vara, Västergötland).

Tabell 3. Utflödes hastighet vid dräneringsförsök på laboratoriet

Gård	Avstånd från vägdike (m)	Utflödes hastighet (cm/timme)			
		Bevattning 1	Bevattning 2	Bevattning 3	Medeltal
Forsbyboda åker	2	0,60	0,57	0,61	0,60
”	8	0,54	0,55	0,52	0,54
”	16	0,70	0,67	0,62	0,66
”	32	0,55	0,58	0,50	0,54
Vall	2	0,57	0,55	0,60	0,58
”	32	0,67	0,68	0,60	0,65
Hjulsta	2	0,62	0,55	0,51	0,56
	12	0,50	0,50	0,51	0,51
	24	0,55	0,56	0,58	0,56
	36	0,58	0,67	0,52	0,59

DISKUSSION

Denna undersökning visade att markstrukturen i åkermark utmed vintersaltade vägar skadades genom förhöjd halt av natrium. Natriumanrikningen skedde på bekostnad av andra katjoner, t.ex. kalcium, magnesium och kalium. Anrikning av natrium medför svagare bindningar mellan lerpartiklarna och därmed försämras markstrukturen. Detta medför en ökad risk för utlakning av jordpartiklar och partikelbunden fosfor. Instabila aggregat försämrar dessutom vattengenomsläppligheten och ökar risken för skorpbildning och ytavrinning. Förutom dålig markstruktur kan vägsalt leda till växtnärbriist, framför allt briist på kalium. Därför bör man kontrollera näringsstatusen nära vintersaltade vägar extra noga.

Utredningar och forskning kring vägsaltets effekter på miljön har hittills fokuserat på föroeningen av grundvatten. Problemet med vägsaltets negativa påverkan på markstrukturen har hittills haft en förhållandevis låg prioritet, förmodligen beroende på att effekterna inte märks omedelbart. Dessutom är förekomsten av ämnet natrium i marken naturlig. I våra svenska jordar är den dock vanligtvis så pass låg att den inte missgynnar växtligheten såsom den kan göra i så kallade saltjordar i andra delar av världen. Ytterligare en orsak till försummelsen kan vara att effekten av vägsaltet felaktigt tas för packningsskador på vändtegar utefter de vintersaltade vägarna.

Om användningen av vägsalt fortsätter i samma form och utsträckning som idag kan natriumkoncentrationen i åkermarken bli hög inte bara närmast de vintersaltade vägarna utan också över större arealer. En sådan utveckling kan orsaka stora skador på åkermarken och de omgivande vattendragen. Förutom skador på markstrukturen ökar vägsaltet risken för utlakning av vissa tungmetaller, som följer med uppslammade lerpartiklar i avrinnande vatten (Amrhein m fl., 1992; Bäckström m fl., 2004). Det kan därför vara värt att sätta in motåtgärder, till exempel i form av strukturkalkning och anläggning av olika typer av skyddszoner (se omslagsbild). Att täckväxter kan mildra vägsaltets negativa effekter på åkermark visade turbiditetsmätningen på jordprover från Forsbyboda utanför Västerås.

SLUTSATSER

- Denna studie visade att anrikning av natrium i åkermark utmed vintersaltade vägar är ett faktum.
- Natriumanrikningen skedde på bekostnad av andra katjoner såsom kalcium och kalium.
- Natriumanrikningen försvagade aggregatstabiliteten. Detta påvisades genom att mäta mängden lättupplöst ler i vatten.
- Förutom dålig markstruktur kan vägsalt leda till växtnärbriist, framför allt briist på kalium.
- Skadan av vägsalt var kraftigare på plöjd barmark än på mark under permanent grässvall.

REFERENSER

- Amrhein, C., Strong, J.E. & Mosher, P.A. 1992. Effect of deicing salt on metal and organic matter mobilization in roadside soils. *Environ. Sci. Technol.*, 26, 703-709.
- Blomqvist, G. & Johannsson, E. L., 1999. Airborne spreading and deposition of de-icing salt – a case study, *The Sci. of the total environment*, 235, 161-168.
- Bäckström, M., Karlsson, S. & Bäckman, L. 2004. Mobilization of heavy metals by deicing salts in a roadside environment. *Water Res.*, 38, 720-732.

- Catt, J.A, Howse, K.R, Farina, R, Brockie, D., Todd, A, Chambers, B.J, Hodgkinson, R, Harris, G.L & Quinton, J.N. 1998. Phosphorus losses from arable land in England. Soil Use and Management,14:168-174.
- Czyz, E. A., Dexter, A.R, & Terelak, H. 2002. Content of readily- dispersible clay in the arable layer of some Polish soils. I: Marcello Pagliai & Robert Jones "Sustainable Land Management – Enviromental Protection". ADVANCES IN GEOECOLOGY. Catena Verlag, Germany. 115-124.
- Danisco Sugar Agricerter <http://www.sockerbetor.nu/>
- Dexter, A.R. 2002. Soil structure: the key to soil function. I: Marcello Pagliai & Robert Jones "Sustainable Land Management – Enviromental Protection". ADVANCES IN GEOECOLOGY. Catena Verlag, Germany. 57-69.
- Etana, A. Rydberg, T. & Håkansson, I. 2000. Markfysikaliska studier i långliggande försök med reducerad jordbearbetning.apporter från jordbearbetningsavdelningen, Institutionen för markvetenskap, SLU, Uppsala, 29 s.
- Norrström, A. C & Bergstedt, E. 2001. The impact of road de-icing salts (NaCl) on colloid dispersion and base cation pools in roadside soils. *Water air and soil pollution* 127: 281-299.
- Ojala, L. & Mellqvist, E. 2004. Vägsalt – användning och påverkan på grundvattnet. SGU-rapport 2004:13, 23 s.
- Person, L. 2002 (Personligt meddelande).
- Sharpley, A.N. & Syres, J.K. 1979. *water, air polution* 11: 417-428.
- Ulén, B. 2001. Settling velocities of phosphorus-containing particles in agricultural drainage water. Submitted to *Water Research*.
- Roulier, S., and N.J. Jarvis. 2002. Modelling Macropore Flow Effects on Pesticide Leaching : Inverse Parameter Estimation using Micro-Lysimeters. Manuscript, 59 s. Löfgren, S. 1999. Vägsaltets effekter på mark- och vattenkemin i små skogsområden i sydöstra Sverige. Inst. För miljöanalys, SLU.44 s.
- Sheldrick, B.H. & Wang, C. 1993. Particle size distribution, 499-511 I: Martin R. Carter (redactor), *Soil Sampling and Methods of Analysis*, Canadian Soc. Soil Sci., Lewis Publishers, 823 s.