

EFFEKT AV KALK I TÄCKDIKESÅTERFYLLNINGEN PÅ FOSFORFÖRLUSTER FRÅN JORDBRUKSMARK

JAN LINDSTRÖM

BARBRO ULÈN



FÖRORD

Denna studie har genomförts i samarbete mellan Avdelningarna för hydroteknik och vattenvårdslära, Institutionen för markvetenskap, SLU. Projektet genomfördes i ett fastliggande fältförsök på Forsbyboda gård i Västmanland under åren 2000-2003.

Hushållningssällskapet i Västmanlands län har medverkat vid anläggningen av försöket, datainsamling, vattenprovtagningar, grundvattenbestämningar mm.

Partec Nordkalk har bidragit med kalken som ingick i försöket.

Jordbruksverket har finansierat projektet.

Uppsala, juli 2003

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	7
INLEDNING	7
Bakgrund	7
Syfte	9
MATERIAL OCH METODER	9
Försöksplats och utförande	9
Markundersökningar och fältstudier	10
Avrinning	10
Infiltration	10
Grundvattenstånd	10
Laboratorieanalyser	10
Markfysikalisk karakteristik	10
Kemiska analyser	12
Väderlek	12
RESULTAT OCH DISKUSSION	13
Fältstudier	13
Infiltration	13
Grundvattenstånd	14
Kemiska analyser	14
LITTERATURFÖRTECKNING	19
BILAGOR	20
Bilaga 1. Markdata	20
Bilaga 2. Markdata	20
Bilaga 3. Markdata	20

SAMMANFATTNING

I föreliggande rapport redovisas resultat från en undersökning i ett fältförsök på 4 hektar beläget i Västmanland. Försöket pågick under åren 2000 till 2003.

Syftet med projektet var att utvärdera effekten av kalkfilterdike för att reducera fosforförlusterna till Svartån. I försöksplanen ingick två försöksled, kontroll respektive kalkfilterdike. Återfyllningen i kalkfilterdiket blandades omsorgsfullt med 5% osläckt kalk (CaO).

I försöket utfördes grundvattenståndsmätningar, avrinningsmätningar och vattenprovtagningar. Ytvattenavrinningen och avrinningen från dräneringsledningarna (kalkfilterdiket, kontroll) mättes med triangulärt överfall och lastcell kopplad till datalogger. Provtagningen skedde flödesproportionellt så att ett delprov pumpades i samlingsdunken efter det att 800 l ytvatten respektive 90 l dräneringsvatten runnit av. Detta motsvarade 0,48 respektive 0,054 mm. Vattenproven analyserades på fosfor, suspenderat material och kväve.

Jordarten var måttligt mullhaltig styv lera i matjorden och styv lera i alven. Den mättade konduktiviteten var hög i matjorden men minskar på djupet till mycket låga värden. Försöket höstplöjdes första året och kultiverades grunt de påföljande åren.

Ytavrinningen under de tre mätperioderna var 80% högre för kontrollrutan än från kalkfilterrutan. Avrinningen från täckdiket i kontrollrutan var 40% lägre än för kalkfilterrutan.

Den största effekten har varit att fosforkoncentrationen i ytavrinningsvattnet från kalkfilterrutan var avsevärt mindre än för kontrollrutan. Halterna partikulärt fosfor var höga i ytavrinningen och avrinningen från täckdikena. Fosforhalterna minskade i vattnet som passerade kalkfiltret. Den partikelbundna fosfor minskade i ytvattnet med 90% i kalkfilterrutan. För totalfosfor var minskningen 20% och för det suspenderade materialet var minskningen 60% i kalkfilterrutan jämfört med kontrolledet.

I och med att mer vatten infiltrerade genom återfyllningen efter kalkningen ökade nitratkväveförlusterna.

INLEDNING

Bakgrund

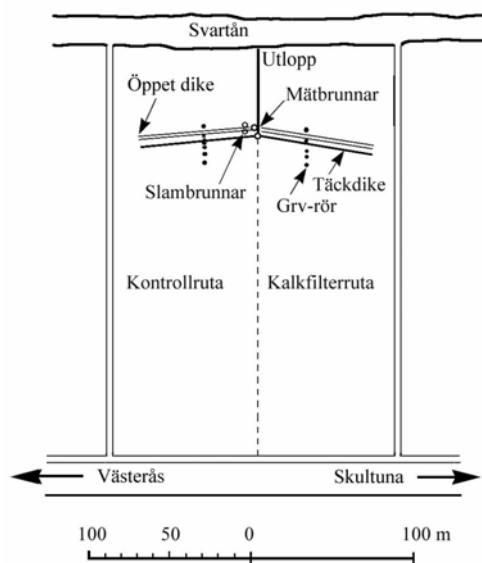
Eutrofieringen utgör den allvarligaste miljöeffekten för vattendrag och sjöar. Debatten har fokuserats på fosfor som nyckelämne eftersom fosfor till skillnad mot kväve inte har utbytesprocesser med luften. Av växtnäingsförlusterna från jordbruksmark är fosfor den största källan till vattendragen (Rekolainen et al. 1997).

Transporten av fosfor från åkermark kan ske antingen i löslig form, fosfater, eller i partikelform adsorberade till lerpartiklar genom erosion (Sharpley & Syers, 1979). Mängden transporterad fosfor beror på många faktorer; nederbörd, topografi, jordtyp, marktäckning, jordbearbetning mm. Fosfortransporten från jordbruksmark i Sverige varierar mellan 0,03 och 3,4 kg/år och hektar, med halter mellan 0,03 och 5,9 mg/l (Ulén, 1996). Kritiska nivåer på fosforkoncentrationen för alg tillväxt kan vara så låg som 0,005-0,01 mg P/l (McCutcheon et al., 1992).

Vid dränering påverkas fosforläckaget väsentligen av beskaffenhet hos återfyllnadsmaterialet ovanför ledningarna (Turtola & Paajanen, 1995). På sluttande mark kan ytvattnet ledas in i dräneringssystemet och effektiviteten blir särskilt stor om återfyllningen förbättrar markens strukturstabiliteten. Kalkinblandning i återfyllningen förbättrar strukturstabiliteten, ökar den hydrauliska konduktiviteten och reducerar därigenom ytvattenavrinningen (Eriksson, 1982). Dessutom reagerar den osläckta kalken med markvattnet, höjer pH och binder fosfor i komplexa föreningar. Fosfor faller ut, i huvudsak som kalciumfosfat och hydroxylapatit, vilka båda har låg löslighet.

Inblandning av osläckt kalk i täckdikesåterfyllningen används för att reducera fosforförlusterna på lerjordar med låg hydraulisk konduktivitet i Finland. Åtgärden har där uppmuntrats genom bidrag från EU:s miljöstöd. Fosforförlusterna har reducerats med upp till 90% på en försöksplats under åren 1992-94 (Weppling et al., 1995). Åtgärderna har haft effekter också efterföljande år och man kan räkna med god effekt under åtminstone 10 år (Weppling, muntl. kom.). Av stor vikt är emellertid att inblandningen av kalken i återfyllnadsmaterialet sker noggrant.

Resultat från den svenska miljöövervakningen av växtnäringsförluster från jordbruksmark visar på ett klart samband mellan jordart och fosforförluster, med de största fosforförlusterna från lerjordsområdena. Fosforinnehållet ökar också med ökad lerhalt (Kyllmar och Johnsson, 1998). Möjligheterna att reducera fosforförlusterna från sådana områden är starkt begränsade: plöjning på hösten är nödvändig för att få bra struktur på jorden och vallodling förekommer bara på en mindre del av arealerna. Övrig grön mark (höstvete, fånggröda) har inte visat sig reducera ytvattenförluster (Ulén, 1997). På lerjordar, speciellt sådana som sluttar mot vattendrag, är kalkfilterdiken därför en av



Figur 1. Försöksfältet med kontroll- och kalkfilterruta.

de få åtgärder som är effektiva. Det är därför av största vikt att utvärdera åtgärdens potential att minska fosforförlusterna från jordbruksmark.

Syfte

Syftet med projektet var att utvärdera effekten av kalkfilterdike för att reducera fosforförlusterna till vattendragen.

MATERIAL OCH METODER

Försöksplats och utförande

Undersökningen genomfördes på Forsbyboda i Västmanland. Lägeskoordinaterna för platsen är 661800/153700. Försöksplatsen sluttar 3,5% mot Svartån och består av en kontrollruta med konventionellt täckdike och en ruta med kalkfiltertäckdike. Osläckt kalk (5% CaO) blandades in noggrant i återfyllningen över kalkfilterdiket. Båda rutorna hade ett öppet dike nedanför täckdikningen för att samla upp ytvattenavrinningen. De öppna grunda diken togs upp efter höstbearbetningen. Ytavrinning och eroderat material från rutorna samlades upp i sedimentbrunnar. Vattnet leddes vidare till en mätbrunn där flödet mäts med ett triangulärt överfall och

registrerades av en datalogger. Vattenprov insamlades varannan vecka för analys av partikulärt fosfor, suspenderat material och kväve.

Efter täckdikningen höstplöjdes fältet med fallrikningen och öppna grunda diken togs upp för att leda ytvavrinningen till sedimentationsbrunnarna och vidare till mätbrunnarna. År 2001 kultiverades fältet med fallrikningen och år 2002 diagonalt med tallriksharv. Växtföljden under försöksperioden var oljeväxter, vårsäd och vårsäd.

Markundersökningar och fältstudier

Avrinning

Ytvattenavrinningen och avrinningen från dräneringsledningarna (kalkfilterdikt, kontroll) mättes med triangulärt överfall och lastcell kopplad till datalogger. Provtagningen skedde flödesproportionellt så att ett delprov pumpades i samlingsdunken efter det att 800 l ytvatten respektive 90 l dräneringsvatten runnit av. Detta motsvarade 0,48 respektive 0,054 mm.

Infiltration

Infiltrationsmätningar utfördes hösten 2001 med en infiltrometer (White et al., 1992). Infiltrometern består av en mätcylinder med diametern 0,6m. Cylinderen har höjden 0,3 m och är tillverkad av stålplåt. Vid en mätning grävdes matjordslagret bort och cylindrarna pressades ned cirka 8 cm i marken. Marken inuti cylindern vattenmättades genom att fylla på med vatten och låta stå tills allt vattnet i cylindern infiltrerat i marken. Vid mätning fylldes cylindrarna upp med vatten och med jämna tidsintervall avlästes med djupmått hur mycket vattenytan sjunkit i cylindern.

Grundvattenstånd

Grundvattenståndsror sattes ut på hösten med ett rör invid täckdiktet och tre rör på vardera sidorna om täckdiktet med avstånden 1, 3 och 7 meter. Rören sattes till 1 meters djup med grusfyllning och tätades upptill i matjorden med bentonit. Registreringen av vattenytan utfördes med blåsrör och nivån avlästes under avrinningsperioden varannan vecka eller oftare vid behov. Innan rören togs bort för vårbruket avvägdes dessa för att få en referensnivå till markytan.

Laboratorieanalyser

Markfysikalisk karakteristik

Texturen analyserades med metod beskriven av Ljung (1987). Cylinderprov togs ut för bestämning av vattenhållande egenskaper och hydraulisk konduktivitet. Infiltrationen i fält bestämdes med permeameter (White et al., 1992).

Fyra parallella ostörda cylinderprover togs ut i tio skikt ned till en meters djup.

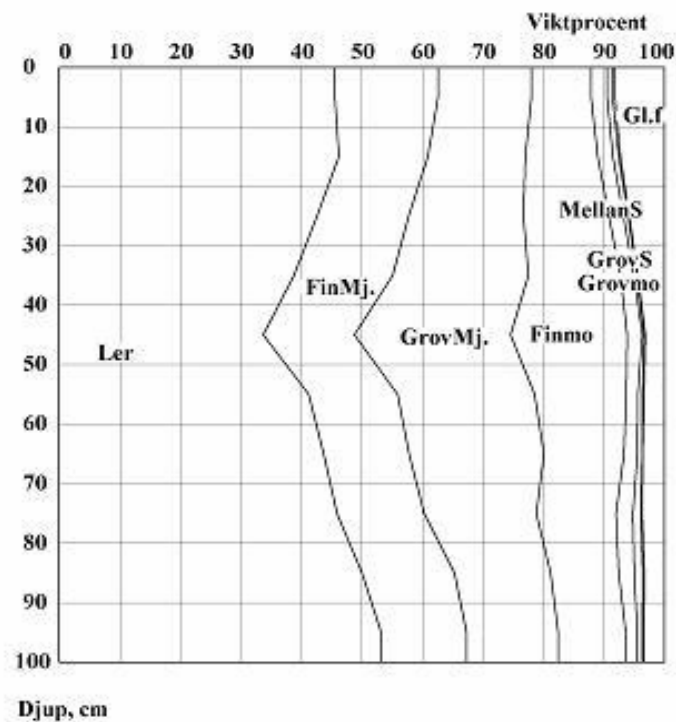
Fysikalisk karakterisering av markprofilen gjordes med avseende på:

- porvolym
- vattenbindande förmåga vid sex olika trycksteg, 0,05 till 150 meter vattenpelare (m.vp.)
- torr skrymdensitet
- kompaktdensitet
- mättad konduktivitet för vatten
- texturanalys

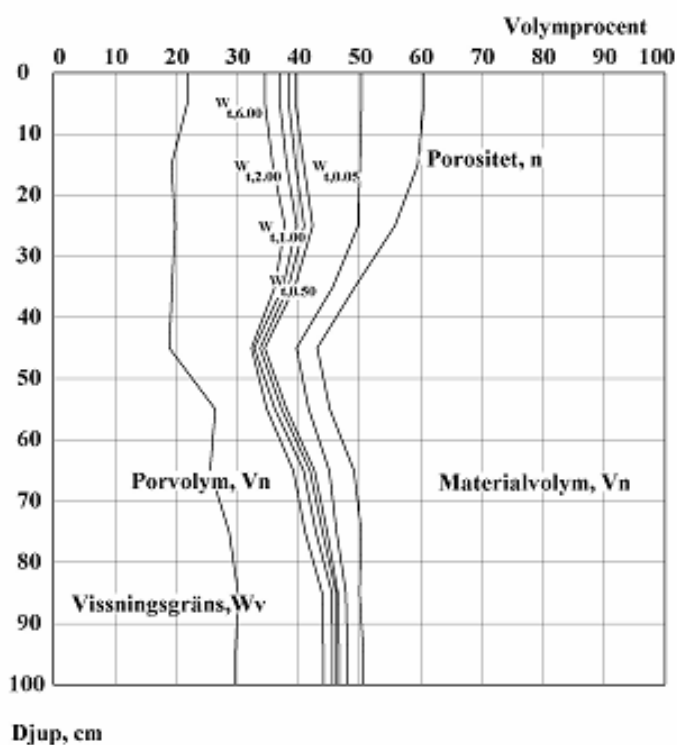
Resultat över Forsbyboda redovisas i figurerna 2 och 3 och i bilagorna 1, 2 och 3. Jordarten utgörs i matjorden av en måttlig mullhaltig styv lera och mellanlera till styv lera i alven. Lerhalten minskar i profilen från 46% i matjordskiktet till 34 % ler på 0,5 meters djup och ökar därefter till 53 % ned till en meters djup (figur 1). Profilen har ett litet inslag av gyttja.

Porvolymen var i medeltal 56 %. Vid dräneringsjämvikten var luftvolymen 21% i matjorden och 7% på 0,5 meters djup. Vissningsgränsen var 21 % i matjorden. Mängden växttillgängligt vatten är $407 - 240 = 167$ mm.

Konduktiviteten minskade med djupet (bilaga 3).



Figur 2. Kornstorlek och glödförlust.



Figur 3. Markprofilens materialvolym, porvolym och tensionskurvor.

Kemiska analyser

Vattenprover, ytvatten och dräneringsvatten, analyserades med avseende på totalfosfor, partikulärt fosfor, fofatfosfor, övrigt löst fosfor, totalkväve, nitratkväve och suspenderat material. På uttagna jordprover från olika skikt bestämdes lösligt fosfor, förådsfosfor, ammoniumkväve och nitratkväve. Vattenanalyserna utfördes enligt svensk standard vid Avd. för vattenvårdsläras laboratorium och jordanalyserna vid Avd. för växtnärläras laboratorium.

Väderlek

Tabell 1 visar månadsnederbörden och normalvärden för åren 1961 till 1990.

År 2000 inleddes med en nederbördsfattig varm vår följt av en kylig regnrik sommar. Juni och juli fick mycket över det normala. Augusti och september var nederbördsfattiga. På senhösten kom mycket stora regnmängder. Den uppmätta nederbörden var 46% över normal nederbördsmängd under säsongen.

Året 2001 var nederbörden över det normala fram till maj. Maj månad var nederbördsfattig, därefter följde en ganska torr sommar och varm höst. Nederbörden var lika med normalvärdet under säsongen.

År 2002 inleddes med en nederbördsfattig varm vår följt av en kylig regnrik sommar. Juni och juli fick mycket över det normala. Augusti och september var nederbördsfattiga. Den uppmätta nederbörden var 46% över normal nederbördsmängd under säsongen.

År 2003 har börjat milt och torrt. Det har varit nederbördsfattigt sedan augusti förra året. April månad blev nederbördsrik.

Tabell 1. Nederbörd vid SMHI:s station i Västerås

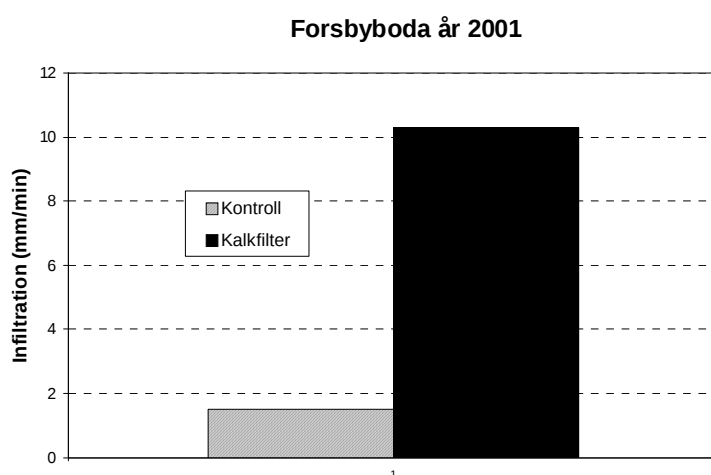
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	s:a
2000	13	17	24	20	45	85	174	17	7	119	123	82	728
2001	55	39	34	38	48	32	47	63	68	65	16	36	535
2002	55	50	41	20	30	110	105	5	25	46	50	15	545
2003	25	18	6	50									
Medel	30	22	25	28	32	46	66	63	56	48	46	33	495
1961- 1990													

RESULTAT OCH DISKUSSION

Markundersökningar och fältstudier

Infiltration

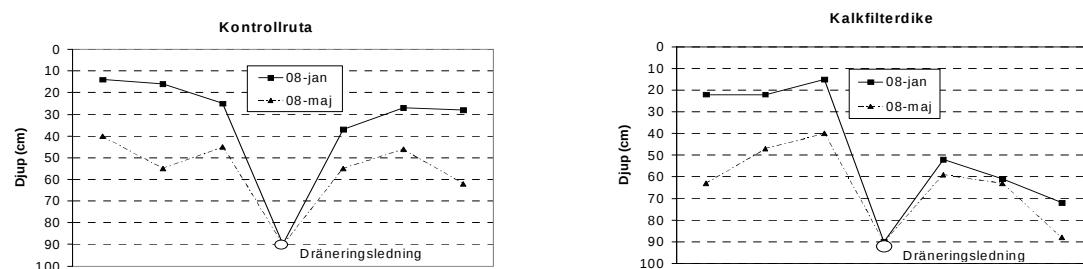
I figur 4 presenteras resultat av infiltrationsmätningar utförda i återfyllningen över täckdikesledningarna.



Figur 4. Infiltration över täckdiken hösten 2001.

Kalkinblandning i återfyllningen har förbättrat markstrukturen och därigenom konduktiviteten som blev sex gånger högre i kalkfilterdiket jämfört med kontroll diket.

Grundvattenstånd



Figur 5. Grundvattennivåns variation vid två tidpunkter under mätperioden 2000/2001. Punkterna anger mätrorens placering (0, 1, 3 och 7m) från täckdiketsröret.

I figur 5 redovisas grundvattenstånden vid två tidpunkter under mätperioden 2000/2001. Två tidpunkter har lagts in i diagrammet. Markytan lutar ca 3,5% från vänster till höger i diagrammet. Grundvattenståndet fluktuerade under hela perioden mellan 15 cm under markytan och dräneringsnivån. Vattennivån låg betydligt lägre nedströms täckdiketsrören, speciellt efter kalkfilterdiket, vilket kan förklaras av den högre infiltrationen över kalkfilterdiket.

Kemiska analyser

I tabellerna 2 till 6 redovisas resultat från avrinning och kemiska analyser under de tre avrinningsperioderna (2000-2003).

Tabell 2. Nederbörd (Ned) oktober-april och avrinning med ytvatten (Ytavr) och via dränering (Dränavr) i okalkat led de tre åren 2000-2003 (mm)

År	Ned	Ytavr	Dränavr	Summa avr
2000/2001	490	116	94	210
2001/2002	283	32	98	130
2002/2003	210	16	46	62

Andelen vatten som rann av ytligt var hög; i genomsnitt omkring 60% de tre åren efter dikningen. Med kalkåterfyllnad minskade andelen vatten som rann av ytligt till omkring 80% och det mesta av vattnet dränerade av via återfyllningen och dräneringsledningen.

Tabell 3. Flödesvägda halter (mg/l) under de tre åren 2000-2003

	Ytvatten kalkad	Ytvatten okalkad	Dränerings- vatten kalkad	Dränerings- vatten okalkad	Yt och dränering kalkad	Yt och dränering okalkad
TotP	0,248	0,345	0,239	0,275	0,239	0,303
PP	0,206	0,284	0,184	0,215	0,186	0,243
PO4P	0,010	0,026	0,012	0,021	0,012	0,023
Övrig, löst P	0,032	0,035	0,042	0,039	0,041	0,037
TotN	6,68	5,02	16,4	10,0	15,7	8,0
NO3N	4,74	3,28	12,2	8,54	11,7	6,4
Susp	173	446	136	263	139	338

Halterna partikulär fosfor var höga i såväl yt- som dräneringsvatten. Andelen löst fosfor (fosfater och andra fosforformer som passerar ett membranfilter med porstorleken 0,2 µm) var endast 18 resp 28%. I matjorden var andelen lättillgänglig fosfor (P-AL) i förhållande till förrådsfosfor (P-HCl) låg, mellan 3-4%.

Halterna suspenderat material var höga speciellt det första året då uppmättes upp till 3,7 g/l. De höga halterna kan vara en effekt av de tidvis höga flödena detta år, men kan också vara en effekt av dikningen.

Tabell 4. Minskningen i (flödesvägda) halter mellan okalkat och kalkat led (mg/l) under de olika åren

	Ytvatten			Drän vatten		
	00/01	01/02	02/03	00/01	01/02	02/03
TotP	-0,211		-	-0,053	-0,058	-0,038
PP	-0,188		-	-0,057	-0,036	-0,102
PO4P	-0,020		-0,003	-0,013	-0,010	-
Susp	-500		-	-338	-	-138

Fosforhalterna och halten suspenderat material minskade i ytvattnet som passerade kalkåterfyllnaden det första året. Påföljande år var ytvattenavrinningen liten från det kalkade ledet. I dräneringsvattnet minskade fosforhalterna efter kalkfilterdiktet i jämförelse med okalkat led under samtliga år. För totalfosfor del mostvarade detta

(0,303-0,239) 20%. För det suspenderade materialet var minskningen så stor som (338-139) 59% under samtliga år.

Tabell 5. Avrinning (mm) och transport (kg/ha) med och utan kalkning av återfyllningen under hela perioden 2000-2003

	Ytvatten kalkad	Dränerings- vatten kalkad	Ytvatten okalkad	Dränerings- vatten okalkad	Summa kalkad	Summa okalkad
Avr	32	397	165	237	429	402
TotP	0,079	0,948	0,569	0,653	1,027	1,222
PP	0,066	0,731	0,467	0,510	0,797	0,977
PO4P	0,003	0,048	0,043	0,050	0,051	0,093
TotN	2,14	65,1	8,26	23,8	67,2	32,0
NO3N	1,52	48,5	5,41	20,3	50,0	25,7
Susp	55	541	735	624	597	1360

Om man antar samma avrinning från båda rutorna har kalkfilterdiket minskat fosforförlusterna med $1,22 \times 0,2 = 0,24$ kgP/ha. och från hela provrutan (1,66 ha) omkring 0,4 kg P.

I kalkåterfyllnaden uppmättes anrikning av P-AL-talet på omkring 2 mgP/100 g jord. Anrikningen motsvara $(0,5 \times 0,9 \times 50 \times 1,35 \times 1000 = 22$ ton jord) likaledes 0,4 kg P.

En möjlig nackdel med kalkfilterdiket kan vara kväveläckaget ökar i och med att mer vatten dränerar genom markprofilen. I försöket ökade nitratläckaget från i genomsnitt 9 kg/ha år från okalkat led till 17 kg/ha år.

Tabell 6. Avrinning (mm) och transport (kg/ha) med och utan kalkning av återfyllningen

	Ytvatten kalkad	Dränerings- vatten kalkad	Ytvatten okalkad	Dränerings- vatten okalkad	Summa kalkad	Summa okalkad
År 2000/2001						
Avr	19,4	218,2	116,2	93,5	238	210
TotP	0,039	0,600	0,479	0,307	0,639	0,796
PP	0,032	0,488	0,408	0,263	0,520	0,671
PO4P	0,002	0,027	0,035	0,023	0,029	0,058
TotN	1,41	22,8	6,97	6,97	24,2	13,9
NO3N	0,92	11,9	4,17	5,37	12,9	9,51
Susp	21	381	700	480	402	1180
År 2001/2002						
Avr	0,02	138	32,4	98,0	138	130,4
TotP	0	0,290	0,054	0,263	0,290	0,317
PP	0	0,217	0,030	0,190	0,217	0,210
PO4P	0	0,008	0,005	0,016	0,008	0,021
TotN	0	36,0	0,71	10,5	36,0	11,2
NO3N	0	30,8	0,67	9,45	30,8	10,1
Susp	0,02	134	2	92	134	94
År 2002/2003						
Avr	12,5	40,5	16,0	45,8	53	63
TotP	0,04	0,058	0,037	0,083	0,099	0,120
PP	0,03	0,026	0,029	0,058	0,061	0,087
PO4P	0,002	0,013	0,003	0,012	0,015	0,015
TotN	0,73	6,3	0,59	6,3	7,1	6,9
NO3N	0,59	5,8	0,58	5,4	6,4	6,0
SS	34	25	33	92	59	88

Tabell 7 visar att mineraliska kväve i marken var högre för kalkfiltrerrutan under hösten och lägre värden under våren jämfört med kontrollrutan.

Tabell 7. Mineraliskt kväve på hösten och våren. Forsbyboda

	Försöksled	Marksikt	Ammonium	Nitrat	Summa (kg/ha)
Hösten -01	Kalkfilter	0-60	8,5	48,1	56,6
	Kontroll	”	6,7	24,1	30,8
Våren -02	Kalkfilter	”	7,0	24,0	31,0
	Kontroll	”	11,3	29,1	40,4
Hösten -02	Kalkfilter	”	12,4	28,2	40,6
	Kontroll	”	6,9	20,9	27,8

LITTERATURFÖRTECKNING

van Beers, W.F.J. 1958. The augerhole method. Bulletin no 1. International Institute of Land Reclamation and Improvement. Wageningen.

Eriksson, J. 1982. A field method to check subsurface-drainage efficiency. In: Proceedings 2nd International Drainage workshop. Washington, D.C. USA. pp 93-99.

Kyllmar, K & Johnsson, H. 1998. Växtnäringsförluster till vatten i typområden på jordbruksmark (JRK) 984- 1995, Ekohydrologi 44, Avd för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet.

Ljung, G. 1987. Mekanisk analys. Beskrivning av en rationell metod för jordartsbestämning. SLU, Inst för markvetenskap, Avd för hydroteknik. Avdelningsmeddelande 87:2.

McCutcheon, S. C., Martin, J. L. & Barnwell, J. O. 1992. Water Quality. In: Maidment, D. R., Ed. Handbook of Hydrology, McGraw Hill, Inc., New York.

Rekolainen, S., Ekholm, P. Ulén, B. & Gustafson, A. 1997. Phosphorus losses from agriculture to surface waters in the Nordic countries. In "Phosphorus loss from Soil to water." H. Tunney, O. T. Carton., P. C. Brookes and A. E. Johnston (eds). CAB international, Oxon UK, New York, USA, pp 77-94

Sharpley, A. N. & Syers, J. K. 1979. Water, Air pollution, 11. 417-428.

Turtola, E. & Paajanen, A. 1995. Influence of improved subsurface runoff and leaching from a heavy clay soil under barley in Finland. Agric. Water Manag. 28: 295-310.

Ulen, B. 1985. Åkermarkens erosion. Ekohydrologi 20. Avdelningen för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.

Ulen, B. 1996. Översiktsstudie över förluster av fosfor från jordbruksmark till vatten. Statens Naturvårdsverk, Rapport 4731.

Ulen, B. 1997. Nutrient losses by surface runoff from wintergreen and spring-ploughed soil in the South of Sweden. Soil & Tillage Res. 44; 165-177.

Weppling, K., Palko, J. & Puustinen, M. 1995. Kalkkisuodinoja-uusi ojitusmenetelmä. Vestitalous 1, 1995.

White, I., Sully, M.J. & Perroux, K. M. 1992. Measurement of surface-soil hydraulic properties: Disc permeameter, tension infiltrometer and other techniques. In: top, C.G., Reynolds & Green, R.E. 1992. Advanced in measurement of soil physical properties: bringing theory into practice. SSSA Special Publication Number 30. Madison, Wisconsin, USA.

BILAGOR

Bilaga 1. Kornstorleksfördelning och mullhalt. Forsbyboda

Djup cm	Ler	Fin- mjäla	Grov- mjäla	Fin- mo	Grov mo	Mellan- Sand	Grov- sand	Mull
0-10	45,5	17,1	15,4	9,9	2,6	0,9	0,4	5,1
10-20	46,2	14,7	16,1	12,0	2,5	0,9	0,3	4,1
20-30	42,6	15,1	19,0	14,1	2,4	0,8	0,2	2,7
30-40	38,8	16,3	22,4	15,2	2,2	0,5	0,2	1,6
40-50	33,7	15,1	25,8	19,2	2,5	0,3	0,2	0,3
50-60	41,2	14,7	22,6	15,2	1,9	0,7	0,3	0,4
60-70	43,7	14,1	22,3	13,2	2,2	0,8	0,1	0,3
70-80	45,9	14,4	18,5	13,2	2,8	1,3	0,2	0,6
80-90	50,0	15,3	15,9	11,2	2,6	1,4	0,3	0,0
90-100	53,2	14,1	15,1	11,2	1,9	0,8	0,3	0,0

Bilaga 2. Sammanställning av markfysikaliska data. Forsbyboda

Djup cm	Material- volym vol%	Por- volym vol%	Vattenhalt vid olika tensioner (m.v.p.)						Skrym- densitet g/cm ³	Kompakt- densitet g/cm ³
			0,05	0,50	1,00	2,00	6,00	150		
			vol%							
0-10	39,5	60,5	50,4	39,6	38,5	37,0	34,6	21,9	1,02	2,67
10-20	40,4	59,6	50,1	40,9	39,6	38,1	35,8	19,3	1,03	2,68
20-30	44,2	55,8	49,8	42,4	41,0	39,7	37,8	19,9	1,16	2,64
30-40	50,7	49,3	45,7	39,4	38,4	37,5	36,2	19,4	1,33	2,60
40-50	56,9	43,1	39,7	34,5	33,8	32,8	32,4	18,9	1,52	2,60
50-60	54,8	45,2	41,7	38,1	37,3	36,2	34,9	26,4	1,48	2,67
60-70	50,9	49,1	45,1	42,7	41,9	40,9	39,2	25,6	1,37	2,70
70-80	49,7	50,3	46,3	44,7	44,0	42,9	41,1	28,7	1,34	2,65
80-90	50,0	50,0	47,8	46,5	46,2	45,5	43,9	30,2	1,34	2,67
90-100	49,3	50,7	48,0	46,7	46,3	45,6	44,1	29,7	1,33	2,68
Summa	441,4	558,6	464,6	415,5	407,0	396,2	380,0	240,0		

Bilaga 3. Mättad konduktivitet. Forsbyboda

Konduktivitet cm/tim										
nivå	0-10,	10-20,	20-30,	30-40,	40-50,	50-60,	60-70,	70-80,	80-90,	90-100
	1,6	5,8	0,93	0,19	0,46	0,10	0,016	0,0079	0,0011	0,10

