

## God skötsel av skydds-zoner för effektivare växtnäringsretention (projekt H1333159)

Ararso Etana och Barbro Ulén

### Bakgrund och Syfte

För att minska utsläppen av växtnäring och bekämpningsmedel från åkermark till vattendrag och sjöar anlägger man ofta skydds-zoner med vallväxter längs vattendragen. Åtgärden anses som en viktig del i många åtgärdsprogram för att minska fosfortransporten till vattendragen, men effekten beräknas rent teoretiskt eftersom det nästan helt saknas erfarenheter från svenska försök. Studier i UK och Skottland har emellertid visat att fosfor kan ansamlas i skydds-zonen för att i samband med kraftig avrinning föras ut i vattendragen (Stutter et al., 2009). En norsk studie har dessutom visat att en stor andel av de finkorniga lerpartiklarna passerade igenom skydds-zonen till skillnad från de större jordpartiklarna (Syversen & Borch, 2005). De flesta studierna i Norden angående skydds-zonernas effektivitet mot fosfor-utlakning har enbart behandlat ytavrinning (t.ex. Syversen & Borch, 2005; Uusi-Kämppe & Jauhiainen, 2010). Anledningen att man har fokuserat på ytavrinningen är att den största andelen åkermarker i Norge ligger i kuperade markområden där erosion är ett stort problem. Om åkern är plan eller bara har svag lutning som i de mellansvenska slättmarksområdena kan näringsförlusten genom marken vara minst lika viktig.

I detta projekt utvärderade vi hur effektiva fält med vanliga skydds-zoner är med att minska näringstransporten till vatten i jämförelse med fält utan skydds-zoner. Vi undersökte också om bortförel av avslaget växtmaterial kunde förbättra infiltrationen i marken och minska risken för fosfor- och kväveanrikning, så att näringsretention i skydds-zonerna förbättras både på kort och på lång sikt. Således syftade detta projekt till att jämföra permanent vallgräs med avslaget och bortfört gräs som skydds-zon. Följande hypoteser testades:

- En skydds-zon av gräs reducerar transporten av växtnäring, framför allt fosfor, från ett fält jämfört med samma fält utan skydds-zon.
- Avslagning och bortförel av gräs minskar anrikningen av förmultnade växter i skydds-zonen så att fosforanrikningen och utlakningen av kväve via ytavrinning och dränering minskar. För att testa hypoteserna anlade vi ett fältexperiment där transporten av fosfor (i löst och partikelbunden form) och nitratkväve kvantifierades.

### Material och metoder

Fältförelöket är beläget i Krusenbergl, söder om Uppsala. Jorden på förelöksplatsen är en mellanlera med hög andel mo (Ler =32,3 %, mjäla=18,9 %, mo =47,6 %, sand =1,2 %). Lutningen är jämn och mycket måttlig (ung. 1% i nord-sydlig riktning). Förelödsfosfor (P-HCl) var 71 mg/100 g (klass IV) och pH var 6,4 vid förelöketets början. I förelöket ingick tre led med fyra upprepningsar: A) Bearbetad mark utan skydds-zon (referens); B) Skydds-zon med vallgräs (timotej + rödklöver); C) Skydds-zon som B vilket skördades en gång varje år under senare delen av sommaren.

Försöket utfördes som randomiserat blockförsök med rutstorleken 42 m<sup>2</sup> (6 m lång och 7 m bred). Varje försöksruta avgränsades av byggplast från 0,25 till 1 m's djup för att förhindra vatten att passera mellan närliggande rutor. Dräneringsledningarna är sex m långa och ligger på 90 cm's djup längs mitten av varje försöksruta. Insamling av ytvatten skedde med rännor i nedre kanten av varje ruta. Dränerings- och ytvatten leddes separat till små uppsamlingsbrunnar för att sedan ledas till en mätstation. Fältet uppströms (exklusive försöksytor) är 40 m långt och avgränsades på övre sidan med en nedgrävd stamledning och öppet dike för att begränsa inströmning av vatten utifrån. Försöket anlades år 2010 och utvärderingen påbörjades ett år senare. Vallgräset hade då etablerats väl. Vattenflödet registrerades med vippkärl samtidigt som flödesproportionell prover samlades automatiskt för att bestämma koncentrationerna av partikulärt bunden fosfor (Part-P), löst reaktiv fosfor (DRP) och nitratkväve (nitrat-N). Vegetationens ovanjordiska biomassa skördades en gång per år i slutet av augusti och dess innehåll av fosfor, kol och kväve bestämdes. Uppströmsfältet och referensrutorna odlades konventionellt. Fältet gödslades med mineralgödsel förutom hösten 2013 och 2017, då inkorporerades stallgödsel före sådd med en giva av 25 ton/ha. Innehållet av fosfor och kväve motsvarande den rekommenderade givan för området.

## Resultat

### Nederbörd och avrinning

I tabell 1 anges nederbörd från 2011 till 2018 från Ultuna, 10 km från försöksplatsen. Normalvärdet (1961-1990) för området är 544 mm år<sup>-1</sup>. År 2012 var nederbördsrik medan åren 2013, 2017 och 2018 hade liten nederbörd. Ytavrinning förekom sällan, trots att det förekommit både kraftiga regn och intensiva snösmältningar, eftersom marken hade hög vattengenomsläpplighet och fältets lutning var måttlig. Det förekom mätbar ytavrinning under bara fyra av de åtta försöksåren. Den sammanhängande tiden med avrinning från dräneringsledningarna varierade mellan olika år och sträckte sig som längst från september till april eller november till maj (tabell 2-9). Avrinning beräknades utifrån ytan på varje försöksyta (42 m<sup>2</sup>). Avrinningen via dräneringen var ofta mycket större än nederbörden för samma period. Detta visar att dräneringsvattnet inte bara kom från själva försöksytan utan också från fältet uppströms. Det som har haft stor betydelse för avrinningens storlek var intensiteten och varaktigheten av nederbörden. Vid högintensiva och varaktiga regn blev jorden vattenmättad. Snösmältningen var ofta kortvarig. Avrinning via dräneringsrören, som ligger på 90 cm djup, brukade förekomma när grundvattennivån steg högre än 70 cm under markytan.

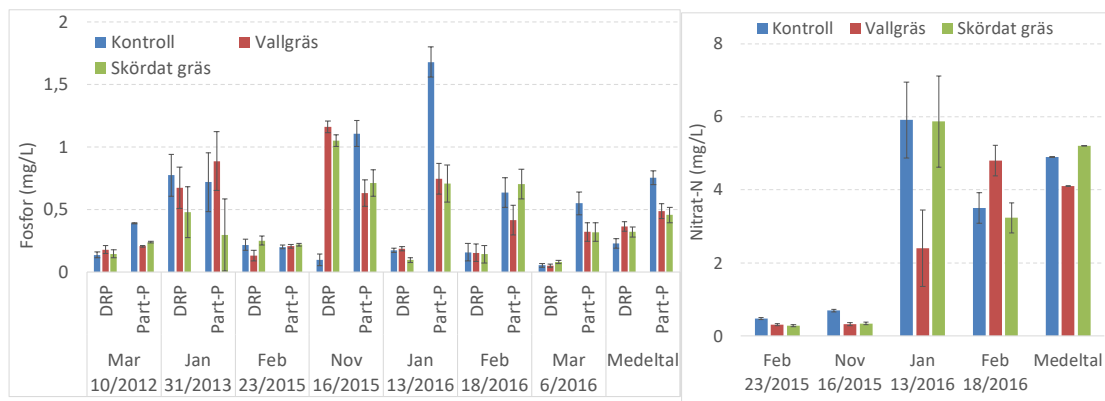
### Växtnäringskoncentrationer i ytavrinning

Ytavrinning förekom endast vid snösmältning när underliggande mark var frusen. I figur 1 redovisas koncentration av löst reaktiv fosfor (DRP) och partikulärt bunden fosfor (part-P) samt nitrat-N (höger) i det flödesproportionellt tagna ytvattnet. I genomsnitt var halten DRP 58% högre i led med gräs som inte skördats jämfört med kontrollen. Om man skördat och fört bort gräset var DRP-halten 40% högre än kontrollen. Dessa skillnader var dock inte signifikanta. Gräset tenderade däremot att reducera halten part-P i båda leden.

Dessa var i genomsnitt 36% lägre om gräset hade fått stå kvar och 40% lägre om gräset skördats och förts bort. Inte heller dess skillnader var signifikanta på grund av den stora variationen i halterna.



Snösmältning i försöksfältet på våren  
(foto A. Etana)



Figur 1. Fosforhalter i form DRP och Part-P (vänster) samt nitrat-N (höger) i ytavrinning.

### Växtnäringskoncentrationer i dräneringsvatten

Koncentration av DRP och part-P i dräneringsvatten redovisas i figur 2. Det har varit en stor variation i halter mellan provtagningstidpunkterna. Halterna av DRP mellan leden var stora vid enskilda provtagningstidpunkter men i genomsnitt för åtta år fanns det inga statistiskt säkra skillnader mellan behandlingarna. Vallgräs som inte bortfördes medförde lägre halter av partikulärt bunden fosfor i 14 av 24 fall under försöksåren. I genomsnitt var halterna 25% lägre jämfört med kontroll. Motsvarande skillnad för bortfört gräs var 15% men båda skillnaderna är inte statistiskt säkra. Vallgräs reducerade halten av nitrat-N med 27% men inte heller denna skillnad var statistiskt säker (figur 3). Däremot tenderade halterna att vara 4% högre i ledet med bortfört gräs. I tabeller 2-9 redovisas månadsavrinning och månadstransporter av DRP, Part-P och nitrat-N via dräneringsledningarna. Hösten 2012, var ovanligt nederbördsrik och avrinningen började redan i september efter ett ymnigt (106 mm) regn i augusti som gjorde att jorden blev vattenmättad tidigt på hösten. Årstransporten av löst reaktiv och partikulärt bunden fosfor var ofta högre än vad som brukar uppmätas i observationsfält med liknande lerklass. Detta kan bero på att experimentfältet har hög fosforklass och mycket snabb vattentransport i profilen. Hög avrinning orsakade ofta höga

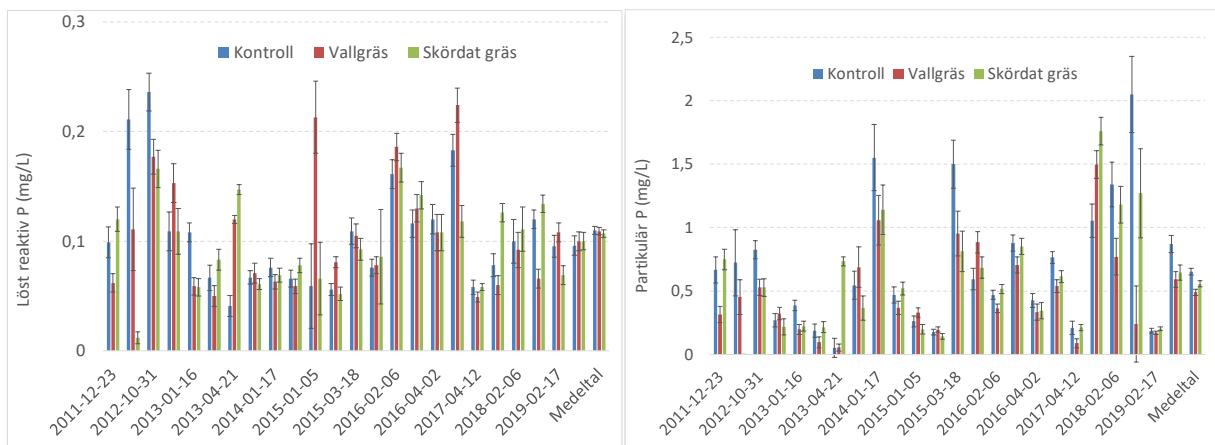
förluster av växtnäring. Inblandning av stallgödsel hösten 2013 och 2017 orsakade höga dräneringsförluster av fosfor och kväve (tabell 4 & 8).

Tabell 1. Månadsnederbörd (mm) under försöksperioden

ÅR	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Summa
2011	36	10	13	12	21	57	11	105	64	61	23	62	474
2012	37	42	12	52	42	111	56	106	68	58	39	27	647
2013	22	21	1	50	11	48	16	48	48	63	52	48	426
2014	29	49	45	33	55	67	18	88	50	66	36	28	560
2015	64	25	39	10	70	36	56	8	61	5	62	38	471
2016	34	42	14	53	28	40	59	74	16	21	72	19	472
2017	22	20	22	21	17	53	32	32	41	57	47	38	402
2018	27	18	31	40	8	9	78	64	37	20	22	35	388

Tabell 2. Avrinning (mm) och näringstransporter (kg/ha) via dräneringsledningar för 2011/2012

År-månad	Led	Avrinning	Fosfat-P	Partikulär-P
2011-12	Kontroll	61	0,072	0,381
	Vallgräs	60	0,039	0,201
	Skördat gräs	65	0,073	0,488
2012-01	Kontroll	30	0,036	0,190
	Vallgräs	29	0,028	0,133
	Skördat gräs	31	0,030	0,211
2012-02	Kontroll	25	0,029	0,153
	Vallgräs	25	0,023	0,111
	Skördat gräs	29	0,027	0,191
2011/2012	Kontroll	116	0,137	0,724
	Vallgräs	114	0,090	0,445
	Skördat gräs	125	0,130	0,890



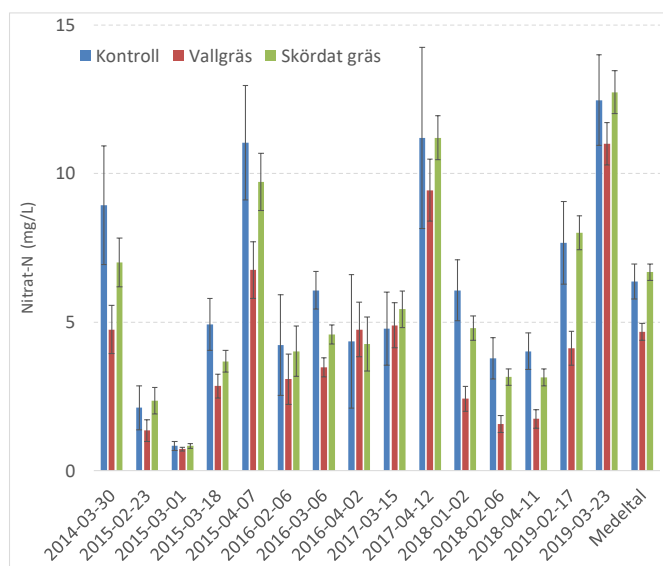
Figur 2. Koncentration av löst reaktiv fosfor (vänster) och Partikulärt bunden fosfor (höger) i prover från dräneringsledningarna.

Tabell 3. Avrinning (mm) och näringstransporter (kg/ha) via dräneringsledningar för 2012/2013

År-månad	Led	Avrinning	Fosfat-P	Partikulär-P
2012-09	Kontroll	25	0,082	0,334
	Vallgräs	26	0,023	0,082
	Skördat gräs	29	0,068	0,142
2012-10	Kontroll	104	0,261	0,940
	Vallgräs	124	0,243	0,696
	Skördat gräs	135	0,234	0,623
2012-11	Kontroll	40	0,044	0,131
	Vallgräs	43	0,036	0,104
	Skördat gräs	45	0,041	0,140
2012-12	Kontroll	48	0,049	0,157
	Vallgräs	49	0,033	0,121
	Skördat gräs	53	0,044	0,189
2013-01	Kontroll	122	0,130	0,407
	Vallgräs	123	0,080	0,285
	Skördat gräs	124	0,105	0,411
2013-04	Kontroll	122	0,109	0,293
	Vallgräs	123	0,148	0,808
	Skördat gräs	127	0,179	0,956
2012/2013	Kontroll	461	0,675	2,62
	Vallgräs	488	0,563	2,096
	Skördat gräs	513	0,671	2,461

Tabell 4. Avrinning (mm) och näringstransporter (kg/ha) via dräneringsledningar för 2013/2014

År-månad	Led	Avrinning	Fosfat-P	Partikulär-P	Nitrat-N
2013-12	Kontroll	26	0,016	0,132	2,80
	Vallgräs	51	0,022	0,179	2,23
	Skördat gräs	72	0,042	0,239	5,61
2014-01	Kontroll	23	0,022	0,541	2,91
	Vallgräs	50	0,033	0,538	2,23
	Skördat gräs	74	0,053	1,086	5,47
2014-02	Kontroll	75	0,059	0,543	7,27
	Vallgräs	111	0,055	0,298	4,95
	Skördat gräs	138	0,087	0,763	10,78
2014-03	Kontroll	36	0,029	0,249	3,43
	Vallgräs	59	0,031	0,153	2,64
	Skördat gräs	82	0,044	0,409	6,14
2014-04	Kontroll	7	0,005	0,044	0,67
	Vallgräs	16	0,008	0,039	2,15
	Skördat gräs	24	0,010	0,110	0,76
2013/2014	Kontroll	557	0,367	4,116	45,84
	Vallgräs	287	0,149	1,207	14,2
	Skördat gräs	390	0,236	2,607	28,76



Figur 3. Koncentration av nitrat-N i prover från dräneringsledningarna.

Tabell 5. Avrinning (mm) och näringstransporter (kg/ha) via dräneringsledningar för 2014/2015

År-månad	Led	Avrinning	Fosfat-P	Partikulär-P	Nitrat-N
2014-11	Kontroll	34	0,021	0,098	0,71
	Vallgräs	31	0,148	0,077	0,41
	Skördat gräs	38	0,024	0,065	0,92
2014-12	Kontroll	22	0,013	0,058	0,42
	Vallgräs	20	0,105	0,051	0,26
	Skördat gräs	26	0,016	0,05	0,63
2015-01	Kontroll	61	0,037	0,125	1,37
	Vallgräs	58	0,065	0,107	0,80
	Skördat gräs	53	0,033	0,076	0,97
2015-02	Kontroll	160	0,092	0,318	3,62
	Vallgräs	153	0,11	0,256	1,96
	Skördat gräs	126	0,078	0,151	1,75
2015-03	Kontroll	34	0,025	0,222	2,68
	Vallgräs	32	0,027	0,276	1,81
	Skördat gräs	42	0,033	0,263	3,01
2015-05	Kontroll	17	0,011	0,082	1,68
	Vallgräs	16	0,012	0,141	1,11
	Skördat gräs	22	0,016	0,157	2,69
2014/2015	Kontroll	328	0,199	0,903	10,48
	Vallgräs	310	0,467	0,908	6,35
	Skördat gräs	433	0,278	0,913	11,72

Tabell 6. Avrinning (mm) och näringstransporter (kg/ha) via dräneringsledningar för 2015/2016

År-månad	Led	Avrinning	Fosfat-P	Partikulär-P	Nitrat-N
2015-12	Kontroll	6	0,010	0,011	0,56
	Vallgräs	6	0,011	0,012	0,17
	Skördat gräs	5	0,009	0,010	0,21
2016-01	Kontroll	46	0,075	0,081	2,93
	Vallgräs	35	0,064	0,072	1,13
	Skördat gräs	38	0,074	0,079	1,74
2016-02	Kontroll	47	0,058	0,065	2,91
	Vallgräs	40	0,056	0,061	1,42
	Skördat gräs	46	0,067	0,078	2,23
2016-03	Kontroll	44	0,071	0,083	0,77
	Vallgräs	44	0,052	0,056	2,05
	Skördat gräs	46	0,049	0,054	2,57
2015/2016	Kontroll	137	0,214	0,240	7,17
	Vallgräs	119	0,183	0,201	4,77
	Skördat gräs	130	0,199	0,221	6,75

Tabell 7. Avrinning (mm) och näringstransporter (kg/ha) via dräneringsledningar för år 2017

År-månad	Led	Avrinning	Fosfat-P	Partikulär-P	Nitrat-N
2017-02	Kontroll	25	0,043	0,256	1,02
	Vallgräs	28	0,059	0,141	0,90
	Skördat gräs	14	0,011	0,048	0,32
2017-03	Kontroll	94	0,225	0,933	3,42
	Vallgräs	38	0,052	0,164	1,85
	Skördat gräs	30	0,028	0,140	2,64
2017	Kontroll	119	0,268	1,189	4,44
	Vallgräs	66	0,111	0,305	2,75
	Skördat gräs	44	0,039	0,188	2,96

Tabell 8. Avrinning (mm) och näringstransporter (kg/ha) för 2017/2018

År-månad	Led	Avrinning	Fosfat-P	Partikulär-P	Nitrat-N
2017-11	Kontroll	87	0,064	0,880	5,10
	Vallgräs	82	0,051	1,253	2,22
	Skördat gräs	86	0,096	1,632	4,35
2017-12	Kontroll	130	0,097	1,38	7,63
	Vallgräs	131	0,083	2,10	3,45
	Skördat gräs	118	0,134	2,29	6,10
2018-01	Kontroll	98	0,091	1,13	4,04
	Vallgräs	102	0,092	0,85	1,78
	Skördat gräs	93	0,099	1,30	3,61
2018-02	Kontroll	18	0,017	0,212	0,72
	Vallgräs	19	0,017	0,121	0,30
	Skördat gräs	17	0,018	0,244	0,62
2018-03	Kontroll	45	0,060	1,913	1,63
	Vallgräs	35	0,027	0,119	0,69
	Skördat gräs	22	0,028	0,211	0,60
2018-04	Kontroll	87	0,100	1,404	3,60
	Vallgräs	78	0,060	0,200	1,08
	Skördat gräs	72	0,094	1,062	2,67
2017/2018	Kontroll	465	0,429	6,919	22,72
	Vallgräs	447	0,33	4,643	9,52
	Skördat gräs	408	0,469	6,739	17,95



Tabell 9. Avrinning (mm) och näringstransporter (kg/ha) för år 2019

År-månad	Led	Avrinning	Fosfat-P	Partikulär-P	Nitrat-N
2019-02	Kontroll	24	0,022	0,081	3,49
	Vallgräs	24	0,015	0,075	2,62
	Skördat gräs	27	0,028	0,211	0,60
2019-03	Kontroll	69	0,056	0,464	9,17
	Vallgräs	64	0,049	0,321	9,02
	Skördat gräs	64	0,057	0,333	11,18
2018/2019	Kontroll	93	0,078	0,545	12,66
	Vallgräs	91	0,085	0,544	11,78
	Skördat gräs	88	0,064	0,396	11,64

## Diskussion

Skyddszoner med vallgräs anläggs vanligen för att dämpa erosion av växtnäring med jord som i sin tur kan förvärra eutrofiering av vattendrag och sjöar. En stor del av svenska åkerjordars benägenhet mot erosion är emellertid låg eller måttlig. Åkrarna är antingen naturligt väl-dränerade eller så har man dränerat dem artificiellt. Experimentfältet har måttlig lutning som är typisk för de mellansvenska slättmarksområdena. Jordens vattengenomsläpplighetsförmåga är dessutom hög (Daniel, 2015). Därför förekom erosion mycket sällan trots att det har förekommit åtskilliga perioder med höga och intensiva nederbörd. Vintrarna har dessutom varit ganska snöfattiga. Denna studie visade att transport av fosfor via ytavrinning var mindre än 10% av den totala fosfortransporten. Detta innebär att växtnäringen infiltrerar ner i marken innan den når skyddszonen. En bevuxen yta närmast diken och vattendrag kan dock skydda mot jordras vid hög vattenföring.

Vid de tillfällen då det förekom ytavrinning har skyddszonerna gjort nytta genom att de har reducerat koncentrationerna av partikulärt bunden fosfor. Däremot har den inte skyddat mot den mest eutrofierande fosforformen (löst reaktiv fosfor). På motsvande sätt har en finsk studie visade att vallgräs som skyddszon kan öka utlakningen av löst reaktiv fosfor (Uusi-Kämpä & Jauhiainen, 2010). De rekommenderar också att man skördar och för bort gräset eller annan vegetation minst en gång per år, men vår studie kan inte bekräfta detta. I vår studie inkluderade vi ett led där gräset skördades en gång per år i syfte att förhindra näringsackumulering i skyddszonen. I genomsnitt togs det bort 6,8 kg/ha P och 29 kg/ha N per år med skördat gräs. Trots det var förlusten av part-P med dräneringsvatten 12% högre när gräset var skördat än i led med oskördat gräs. Motsvarande ökning för kväve var 30%. Detta kan bero på spill vid skörd och att återväxande vall på hösten fryser under vintern. Förhoppningsvis kan man minska riskerna för återväxt genom att skörda gräset sent på hösten.

## Slutsatser

- Skyddszon av vallgräs tenderade att minska halten partikulärt bunden fosfor och nitrat-N i både ytavrinning och dräneringsvatten, men ökade risken för utlakningen av löst reaktiv fosfor i ytavrinnande vatten.
- Bortförel av gräset tenderade att öka utlakningen av nitrat-N och tidpunkten för skörd av gräset från skydds zoner bör testas närmare.
- Skydds zoner av gräsvall är en otillräcklig åtgärd mot näringsförluster till vatten och därför bör kompletteras med andra åtgärder.

## Referenser

Daniel J., 2015. Water movement and phosphorus leaching from managed and unmanaged grass buffer strips. Master thesis, Soil & Environment, SLU. <https://stud.epsilon.slu.se/9219/>

Elliott, J. 2013. Evaluating the potential contribution of vegetation as a nutrient source in snowmelt runoff. *Can. J. Soil. Sci.*, 93: 435-443.

Stutter, M. I., Langan, S.J., Lumsdon, D. G. 2009. Vegetated buffer strips can lead to increased release of phosphorus to waters: a biogeochemical assessment of the mechanisms. *Environ. Sci. Technol.* 2009, 43, 1858–1863

Syversen, N. & Borch, H. 2005. Retention of soil fractions and phosphorus in cold-climate buffer zones. *Eco. Eng.*, 25 (382-394).

Uusi-Kämppe, J & Jauhiainen, L. 2010. Long-term monitoring of buffer zone efficiency under different cultivation techniques in boreal conditions. *Agriculture, ecosystems and environment*, 137: 75-85.