

Miljöhänsyn för mark och vatten vid hästhållning

Barbro Ulén,

SLU, Institutionen för Mark och Miljö, Box 7014, SE-750 07 Uppsala Sweden

Barbro.ulen@slu.se Tel 018-671251

Sammanfattning

En fallstudie visade på förhöjd halter löst reaktiv fosfor i dräneringsvattnet från rasthagar för hästar i jämförelse med en närliggande åker. Sju andra hästhagar på olika gårdar inventerades för risken att läcka mycket fosfor. Till hagarna fördes 60 kg fosfor per hektar i form av hästspilling jämfört med de 22 kg per hektar som är tillåtet att applicera i form av stallgödsel på vanlig åkermark. Riskbedömningar baserat på markkemi i jorden (fosformättnadsgrad, fosfor i vattenlöslig form) visade på tydliga samband med hästtätthet och med åldern på rasthagen. Markanalyser visade på en fosforanrikning i jorden som beror på många års tillförsel av spillning i form av träck och foder utan att motsvarande mängder förts bort med någon skörd. Av de cirka 300 000 hektaren mark som används för hästar i Sverige är cirka 34 000 hektar rasthagar och där är i sin tur cirka 2 700 hektar utfodrings- och gödselytor (spilling) som utgör högriskområden för stora läckage. Stor tillförsel av fosfor måste inte alltid innebära stort läckage men i detta fall bekräftade experiment med regnsimulering av jordkolonner i laboratoriet också högre läckage från de ytor i hagarna där hästarna lämnar sin träck än från andra ytor. Fosforläckaget uppgick till i medeltal 1,1 kg per hektar jämfört med ett typiskt läckage av fosfor från åkermark i intervallet 0,2 till 0,9 kg fosfor per hektar.

I ett följande laboratieförsök täcktes jorden med vete, torv, respektive träflis och ovanpå lades ett lager färsk hästspilling. Sedan simulerades regn. Spån av träflis visade sig vara ett möjligt material att använda som marktäckare medan halm och torv befanns vara mindre lämpliga för att minska fosforläckaget. Förutom att mocka i rasthagarna är därför ett annat konkret råd som framkommit i studierna att strö spån på ytor där det ansamlas träck från hästarna.

BAKGRUND

I Sverige, liksom många andra europeiska länder är antalet hästar stort; 0,6 milj. i UK, 0,4 milj. i Spanien och 0,3 milj. i Belgien. I Sverige har antalet ökat från 70 000 på 1970-talet till 363 000 år 2010. Förutom tiden i stallet hålls hästarna ofta utomhus i förhållandevis små rasthagar (paddock) nära stallen. Totalt finns c:a 34 000 hektar hästhagar. Antalet hästar per ytenhet som enbart regleras på rekommendationer kan här vara mycket högt till skillnad från djurhållningen inom ordinarie jordbruk som regleras av djurtäthetsregler. Hästhagarna används som daglig födoplatz och för motion även under vintern. Födorester och träck från hästarnas spillning tas inte alltid bort vilket kan resultera i en betydande ansamling i rasthagarnas mark. Hästgårdarna är ofta etablerade nära städer där vatten som används som dricksvatten och för rekreation kan påverkas negativt. I vilken grad hästhagar bidrar till fosforförluster till vatten i relation till andra källor har hittills varit väldigt lite känt. En fallstudie

visade på höga halter löst reaktiv fosfor i dräneringsvattnet från rasthagar för hästar (Parvage m.fl. 2011) och hästar bedömdes också bidra signifikant till fosfortransporten i ett avrinningsområde där beteshagar med synlig ytavrinning var belägna nära utloppsbacken (Ulén m fl. 2011; 2013) Hästaktiviteterna har fram till nu ofta inte inkluderats i miljöplanering (se också SLU:s remissvar).

MATERIAL OCH METODER

I en pilotstudie jämfördes ytjordens (0-10 cm) markkemi i nio mindre hästhagar med motsvarande data från den uppströms liggande åkern. En markinventering utfördes därefter på sju gårdar i Uppsalatrakten efter identifiering av spillningsytor för träck och foder och vistelseytor för betning och motion. En jämförelse gjordes med referensytor. Samlingsprover bestående av 5-8 delprov som torkades och analyserades på vattenlöslig fosfor (WSP) med förhållandet mark:vatten 1:3. Växttillgänglig fosfor (P-AL), aluminium (Al-AL) och järn (Fe-AL) extraherades med 0,5 M ammoniumlaktat (AL) vid pH 3,75. Graden av fosformättnad (DPS-AL) beräknades som kvoten av dessa element på molbasis och i procent: $DPS = [P-AL \div (Fe-AL + Al-AL)] \times 100$

Totalfosfor i jorden (TOTP) bestämdes efter uppslutning i 7 M salpetersyra (HNO₃). Organisk fosfor uppskattades som skillnaden i oorganisk fosfor efter förbränning (550 °C, 1 tim) med ett färskt prov som skakats med 0,1 M H₂SO₄ under 16,5 timmar. Jordens pH bestämdes i destillerat vatten med förhållandet 1:5 mark till vatten. Koncentrationen totalt organiskt kol (TOC) och totalkväve TON bestämdes efter förbränning av 1 g lufttorkad jord vid 1250 °C under 5 minuter.

Jordkolonner togs i plastcylindrar (20 cm långa 18,8 cm diameter) på ställen nära där jordprovtagningen skett. Kolonnerna förvarades i kylrum 5 °C tills försöken med regnsimulering startade. Regnsimulatoren hade ett sprinklersystem med automatiskt sprejmunstycke (kapacitet 7 L per timme med droppdiametern 0,07 – 0,10 mm) positionerad 80 cm över markytan i kolonnerna. Efter att ha preparat dessa (lös jord togs bort) placerades de, försedda med tygfilter med nätstolek 50 µm, på en perforerad metalplatta där vattnet dränerades av och samlades upp i en glasflaska. Två rasthagar med kontrasterande jordtyp (46% ler resp. 84% sand), och med representativ hästtätthet, ålder och fosforstatus, användes för regnförsök tillsammans med kolonner från närliggande ängsmark (referensytor). Försöken gjordes på kolonner från ytor från hagarna som representerande spillning av träck eller föda samt övriga vistelseytor för hästar. Kolonnerna exponerades var och en för 40 mm regn under 3 timmar och vid 4 regntillfällen som motsvarande 80% av hela jordvolymen. Intervallet mellan regnen var 72 timmar. Lakad vattenvolymen uppmättes efter 48 timmar och analyserades på totalfosfor (TP), löst reaktiv fosfor (DRP), partikelbunden fosfor (PP), [skillnaden mellan TP i ofiltrerat och filtrerat prov och löst organisk fosfor] och (DOP) [skillnaden mellan TP och PP i den filtrerade fraktionen].

Femton kolonner från hästhagen med sandjord användes för att utvärdera möjligheterna att minska fosforläckagen från spillytorna med träck. I försöken täcktes markyta med ett 5 cm lager med strö (torv, spån eller halm). Färsk hästspillning (750 g) lades ovanpå strömaterialet varefter regnsimulering följde. Kolonnerna exponerades för sex på varandra följande regnsimuleringar med 24 timmars intervall, motsvarande 20 mm regn med en intensitet av 2 mm per timme. Som konstgjort regn användes kranvatten som innehöll 0,004 mg TP L⁻¹ och 1,07 mg TN L⁻¹ (pH 8,3).

Tabell 1. Markanvändning, antal samlingsprov (n), innehållet av vattenlöslig fosfor, (WSP), växttillgänglig fosfor (P-AL), total-fosfor (TOTP), pH och graden av fosformättnad i surt ammoniumlaktat-extrakt (DPS-AL) i ytjorden (0-10 cm) i nio små rasthagar som ligger bredvid varandra och i en närliggande åker (medelvärde \pm standardavvikelse)

Markanvändning	n	WSP	P-AL (mg/kg)	TOTP	pH	DPS-AL (%)
Hästhage	15	0,43 \pm 0,4	14,9 \pm 12,3*	117 \pm 25	6,1 \pm 0,3	7,4 \pm 4,7*
Åkermark	5	0,37 \pm 0,3	8,7 \pm 4,1	107 \pm 9	6,3 \pm 0,1	4,9 \pm 1,6

* signifikant skillnad hästhage och vanlig åker ($p < 0,05$)

RESULTAT OCH DISKUSSION

Jämförelse mellan rasthagar och närliggande åker Såväl vattenlöslig fosfor, växttillgänglig fosfor, totalfosfor och fosformättnadsgraden var högre i rasthagarna jämfört med den ovanför liggande åkern (Tabell 1). För P-AL och DPS-AL var skillnaderna signifikanta. Detta visar på att det skett en uppbyggnad av fosfor i marken i rasthagarna och från dessa har höga koncentrationer av framför allt den lösta reaktiva fosfor (DRP) uppmätts i dräneringsvattnet (Parvage m.fl., 2011). Resultaten ledde fram till en detaljerad undersökning av andra rasthagar där man också skiljde mellan platser med spillning av träck eller föda – platser som var svåra att identifiera under sommaren med högt gräs men tydliga under vintern.

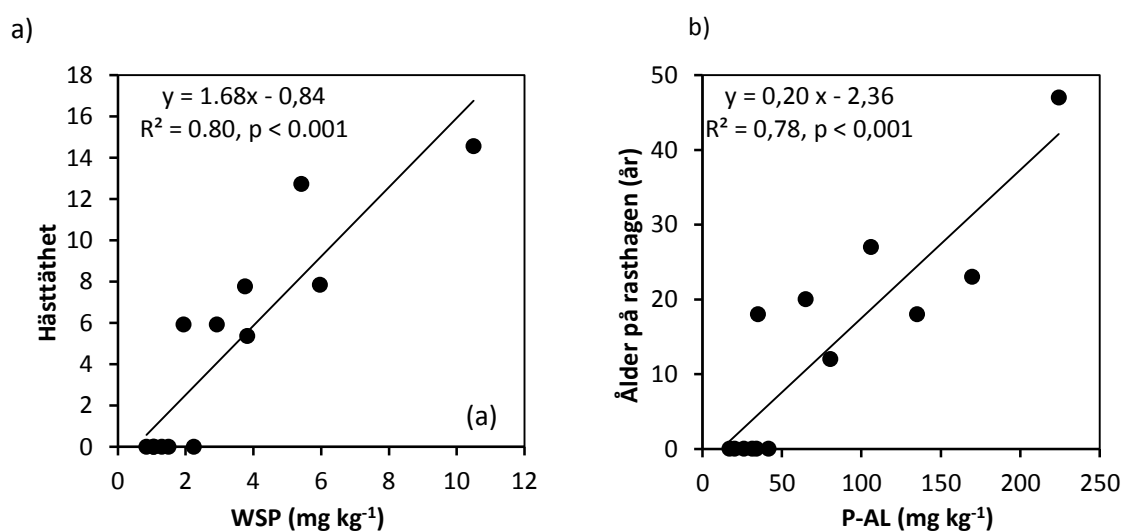
Inventering av sju gårdar Storleken på hästhagarna varierade stort från 0,1 till 0,7 ha och hästtäteten (Tabell 2) varierade från 5,3 till 14,5 (medelvärde 8,6) djurenheter per hektar. För alla rasthagar gällde att spillningsytorna med träck eller föda var relativt små – ungefär 3-5% av ytan, medan vistelseytan där hästarna också betade sommartid utgjorde huvuddelen av rasthagen. Omräknat till per häst varierade födoplatsen från 18 till 55 m² (medel 33 m²), spillningsytan med träck från 24 till 72 m² (medel 51 m²), och ytan som betades 509 till 1394 m² (medel 979 m²). Utevistelsen längd berodde på årstiden och var vanligen 7 timmar under oktober-april och 18 timmar under maj-september. Omräknat till hela året varierade hästtäteten mellan 2,6 – 7,4 (medelvärde 4,1). Hästarna fick enbart hö, hö och havre eller hö och granulät (blandad kommersiellt hästfoder). Höet lades direkt på marken och resterna förblev kvar där. Granulaten serverades i hinkar men det föranledde också spill. Vid fem av gårdarna togs inte hästgödseln bort – endast en gård mockade hagarna en gång per år och en annan vart annat år.

De höga fosforkoncentrationerna i hästhagarna kan förklaras av den höga belastningen av spilld träck. Tillförseln omräknad till hästtätet under året motsvarade 38-108 kg totalfosfor (Tabell 2) av vilket 11-30 kg beräknades vara i form av lösta fosfater. Resultaten kan jämföras med de från vanlig åkermark där maximalt 22 kg per hektar som är tillåtet att applicera i form av stallgödsel som ett medelvärde per år under en femårsperiod. Ackumuleringen påverkades av hästtätet och åldern på rasthagen. Den totala tillförseln till marken beräknades vara 805-2010 kg totalfosfor och 226-565 kg fosfatfosfor per hektar för de 12-47 åren som hästhagarna använts. Det fanns en stark korrelation mellan vattenlöslig fosfor och hästtätet (Figur 1a), och mellan fosfor-status (P-AL) och ålder på hagen (Figur 1b).

Tabell 2. Gårdens kod, hästhagens jordart (internationell klassificering) lerhalt (%), hagens ålder, hästtätet i form av djurenheter (DE) tillförsel av hästföda till rasthagarna och direkt på marken i form av färsk spillning, som också omräknats till totalfosfor (TOTP) samt frekvens för eventuell bortförsel av hästgödsel för de sju gårdar som ingick i studien

Kod	Internationell jordart	Ler (%)	Ålder (år)	Hästtätet (DE/ha)	Typ av föda	Tillförsel spillning		Bortförsel spillning
						Färskvikt (kg/ha/år)	TOTP (kg/ha/år)	
SJE	Sand	1,8	12	14,5	hö, granulat	77 000	108	vard 2:e år
UKB	Loamy sand	9,2	18	12,7	hö, havre	61 000	85	ingen
ERS	Sand clay loam	27,6	27	7,8	hö, havre	38 000	52	ingen
FJD	Clay loam	36,8	20	7,7	hö havre	35 000	49	varje år
UKH	Sandy loam	17,9	18	5,9	hö, havre	32 000	45	ingen
SVS	Sandy loam	19,7	47	5,3	hö, granulat	31 000	43	ingen
UPS	Clay	45,6	23	5,9	hö	27 000	38	ingen
	Medel	22,6	23	8,6		43 000	60	

Det dränerande vattnet från matjorden med hög lerhalt hade en medelhalt av DRP, PP och TP, som var signifikant högre ($p < 0.05$) från platsen med träck än från ytor som betats och från referensytan (Figur 2). Högre koncentrationer av alla fosforformer återfanns också i områdena med födoinslag med dessa halter var inte signifikant skilda från övriga områden. Nettoförlusten av fosfor (uttryckt i förhållande till mängden vatten som dränerade i mm) varierade från 0,5 – 3,9 g DRP; 0,5 – 4,0 g PP; 0,1 – 0,7 g DOP; och 1,3 – 8,6 g TP per hektar och mm från lerjordskolonerna. De högsta förlusterna uppmättes från området med spillning av träck med DRP (46%) och PP (47%) som de huvudsakliga fosforformerna. Totalförlusterna av fosfor från hela hästhagen (viktad mängd) var dubbelt så stor (2,7 g TP per hektar och avrinning i mm) som från referensytan (1,3 TP g per hektar och avrinning i mm) och DRP var den dominerande formen (66%).



Figur 1 a) Hästtätet i relation till koncentrationen av vattenlöslig fosfor (WSP) i yttjord (0-20 cm) och b) Rasthagens ålder i relation till koncentrationen växttillgänglig (P-AL) i yttjord. Fosfor-fraktionerna från referensytorna ingår och har värdet noll för hästtätet och ålder.

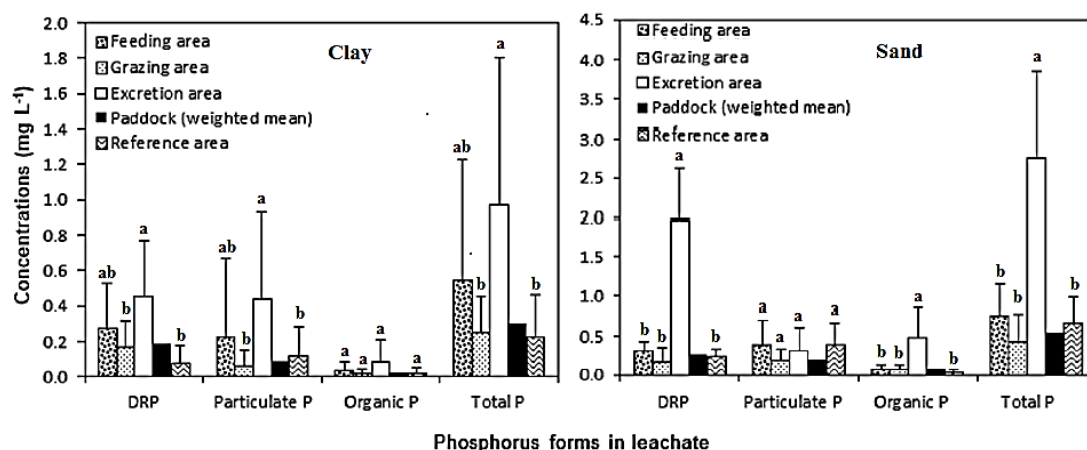
Tabell 3. Ytor för födointag (Föda), bete, träck och referens (Ref.) med antalet samlingsprov (n) från matjorden för sju studerade gårdar. Medelvärde (\pm standardspridning) av vattenlöslig fosfor (WSP), fosfor extraherad i ammoniumlaktat (P-AL), totalfosfor (TOTP), graden av fosformättnad i extraktet (DPS-AL), organiskt kol (Org. C) och totalkväve (TOTN). Medelvärden med olika bokstäver i samma kolumn är signifikant olika ($p < 0.05$)

Om- råde	n	WSP	P-AL (mg kg ⁻¹)	TOTP	DPS-AL	Org. C (%)	TOTN
Föda	28	9,0 \pm 6,9 ^a	222 \pm 152 ^a	973 \pm 397 ^{ab}	44 \pm 24 ^{ab}	3,3 \pm 1,0 ^a	0,28 \pm 0,09 ^{ab}
Bete	28	4,0 \pm 2,0 ^b	106 \pm 67 ^b	774 \pm 251 ^{bc}	28 \pm 14 ^{bc}	2,5 \pm 1,2 ^b	0,22 \pm 0,11 ^b
Träck	26	11,0 \pm 9,8 ^{at}	256 \pm 162 ^a	1034 \pm 320 ^a	66 \pm 81 ^a	3,8 \pm 1,2 ^a	0,30 \pm 0,09 ^a
Ref.	28	1,8 \pm 1,4 ^b	39 \pm 28 ^b	642 \pm 94 ^c	11 \pm 9 ^c	2,5 \pm 0,7 ^b	0,22 \pm 0,07 ^b

^tTvå prov med ovanligt hög koncentration WSP som snedfördelar resultatet har tagits bort

I dräneringsvattnet från sandjorden var halterna DRP, löst organisk P (DOP) och TP signifikant högre ($p < 0.05$) från ytan med träck än från andra ytor på samma sätt som från lerjorden. Halten TP var ungefär fyra ggr. högre än från referensytan medan halten DRP och TP var c:a åtta respektive tolv gånger högre än från referensytan (Figur 2). Det var emellertid inga signifikanta skillnader mellan födo- vistelse och referensytan för någon form av fosfor. Nettoförlusterna var högre än från lerjorden och varierade från 1,6 – 19,0 g DRP; 1,8 – 4,0 g PP; 0,4 – 4,7 g DOP; och 4,0 – 26,7 g TP per hektar och mm. Högsta läckagen uppmättes från ytan med träck (27 g TP per hektar och mm) där 71% var i form av DRP.

Strömmaterial i hästhagar Den färska hästspillingen som samlats från en gård där hästarna enbart fått hö och vatten 48 timmar innan tarmtömningen innehöll 1,22 kg TP per kg torrsubstans av vilken 86% var löst P och 57% löst reaktiv fosfor. Torv var det strömaterialet som hade högst vattenhållande kapaciteten (9-11 liter per kg torrsubstans), medan vattenlöslig fosfor (WSP) var högst för vete/halm (6,2 mg per kg torrsubstans). Maximala kapaciteten att hålla fosfor (malda till < 2 mm) var nästan densamma för torv, spån och halm (ungefär 5 mg P per g torrsubstans). Frigörelse av fosfor från dessa material var en faktor att räkna med och motsvarade (; 1,3 för torv; 1,5 för spån och 10,6 för halm mg P per g torrsubstans) .



Figur 2. Koncentrationen fosfor i läckagevatten i form av löst reaktiv fosfor (DRP), partikulär P, organiskt P, och total P från matjordskolonner från rasthagar med lera (clay) och sand. Staplarna anger medelvärden och strecken standardspridningar beräknade för varje typ av yta (föda, bete träck) som areal-viktat värde för hela hästhagen samt för referensytan. Medelvärden med olika bokstäver var signifikant olika ($p < 0,05$).

Tabell 4. Påverkan på dränerad volym och fosforläckage i form av olika fosforfraktioner via dränerande vatten med olika strömaterial som applicerats som ett lager ovanpå markytan och med träck ovanför; kontroll (ingen tillsats); träck; torv och träck; spån och träck; samt halm och träck. Värderna inom parentes anger den procentuella minskning i förhållande till kontrollen

Läckage och fosforform		Behandling				
		Kontroll	Träck	Torv+Träck	Spån+Träck	Halm+Träck
Dränerat vatten	(mm)	104	96	85	75	71
Löst reaktiv (DRP)	(kg/ha)	0,03	2,2	8,3 (0)	0,4 (81)	7,7 (0)
Partikulär(PP)	(kg/ha)	0,05	1,5	2,4 (0)	0,5 (69)	2,4 (0)
Löst organisk (DOP)	(kg/ha)	0,02	1,3	4,5 (0)	0,6 (49)	2,4 (0)
Total (TP)	(kg/ha)	0,11	5,0	15,2 (0)	1,5 (69)	12,5 (0)

Träflis av spån minskade fosforläckaget betydligt till skillnad från de övriga två materialen, varifrån läckaget oväntat ökade jämfört med om enbart spillning lagts på marken (Tabell 4). Den potentiellt minskade fosforläckaget som följde efter tillsats av spån och färsk spillning (träck) jämfört med spån kan delvis förklaras av kapaciteten att binda fosfor. Det oväntade större läckaget från torv + träck och halm + träck kan inte förklara tillskottet av vattenlöslig fosfor med träcken. För behandlingen med vete halm + träck motsvarade detta 0,13 kg WSP per hektar, vilket är 60 ggr lägre än de det uppmätta DRP läckaget (7,7 kg DRP per hektar).

Visserligen hade torv en hög vattenhållande förmåga, och detta material har visat sig kunna minska kväveförlusterna i andra studier. Enligt de här försöken verkade torven inte kunna minska fosforläckaget och detta trots att själva torven bara innehöll negligerbara mängder av vattenlöslig fosfor (under detektionsgränsen). Fosforläckaget med ett lager spån på markytan var däremot nästan bara två tredjedelar jämfört med om marken bara hade ett lager träck. Resultaten indikerar därför att spån kan vara ett användbart strömaterial för att minska fosforläckaget från områden med spillning i hästagar.

Hur har arbetet fortskridit?

I remissvar, seminarier och i populärartiklar har vi påtalat att hästnäringen bör ta sitt miljöansvar och att sådan verksamhet ska ingå i riskbedömningar och åtgärdsprogram. I Bornsjöförsöket (som har hög lerhalt i jorden) har vi påbörjat en fältstudie för att se eventuella effekter på strukturen och inverkan på växtnäringsläckaget efter tillförsel av kompost från hästströgsel med spån.

Remissyttranden

SLUs yttrande över remiss från Landsbyggsdepartementet om Djurhållning och miljö - hantering av risker och möjligheter med stallgödsel (SOU 2013:5) 2013-05-15.

SLUs yttrande över remiss från Miljödepartementet avseende Naturvårdsverkets redovisning av ett regeringsuppdrag om återföring av fosfor 2014-03-31.

SLUs yttrande över Samråd från länsstyrelsen i Västmanlands län, Vattenmyndigheten i Norra Östersjöns vattendistrikt - förslag på åtgärdsprogram. 2015-04-29.

PUBLIKATIONER OCH ANNAN RESULTATFÖRMEDLING

Vetenskapliga artiklar

- Parvage, M.M., Kirchmann, H., Kynkäänniemi, P., Ulén, B. 2011. *Impact of horse grazing and feeding on phosphorus concentrations in soil and drainage water*. Soil Use and Management 27, 367-375.
- Parvage, M.M., Ulén, B., Kirchmann H., 2013. *A survey of soil phosphorus (P) and nitrogen (N) in Swedish horse paddocks*. Agriculture Ecosystem and Environment 178, 1-9.
- Parvage, M.M., Ulén, B., Kirchmann, H. 2015. *Are horse paddocks threatening water quality through excess loading of nutrients?* Journal of Environmental Management 147, 306-313.
- Parvage, M.M., Ulén, B., Kirchmann H. 2015. *Wood chips, peat and wheat straw as manure phosphorus binding agent to reduce leaching losses from horse paddocks* (manuscript in thesis)
- Parvage, M.M., Ulén, B., Kirchmann H. 2015. *Nutrient retention and leaching potential from three contrasting agricultural top soils in Sweden amended with composted horse manure* (submitted).
- Parvage, M.M., 2015. *Impact of Horse-keeping on Phosphorus Concentrations in Soil and Water*. Doctoral thesis. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet, Acta Universitatis agriculturae Sueciae, 1652-6880 ; 2015:55.
- Ulén, B., Djodjic, F., Etana, A., Johansson, G., & Lindström, J. 2011. *The need for an improved risk index for phosphorus losses to waters from tile-drained arable land*. Journal of Hydrology 400, 234-243.
- Ulén, B., von Brömssen, C., Kyllmar, K., Djodjic, F., Stjernman Forsberg, L., Andersson, S., 2012. *Long-term temporal dynamics and trends of particle-bound phosphorus and nitrate in agricultural stream waters*. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil and Plant Science 62 Supplement 2, 217-228.

Seminarier/föreläsningar/exkursioner/populärredovisningar

- Masud Parvage *Impact of Horse Grazing and Feeding on Phosphorus Concentrations in Soil and Drainage Water* (poster and presentation) Water Focus on Soil and Water Symposium under the theme "Ecosystem Services in Soil and Water Research", Uppsala, 7-10 June 2011.
- Masud Parvage: *Impact of Horses on Phosphorus Concentrations in Soil and Water* (poster and presentation) Greppa Näringen 'Fosfor i fokus' kurs Uppsala, 20 November 2012.
- Barbro Ulén: *Åtgärderna inom jordbruket och deras effekt*. (muntlig presentation). Baltic Sea Action Plan – de svåra frågorna seminarium på KSLA, 2 februari 2014.
- Barbro Ulén: *Överbelastning av växtnäringsämnen i rasthagar för hästar* (muntlig presentation). Seminariet Bra hagar för hästen och miljön workshop på SLU, 27 mars 2014.

Masud Parvage: *Horse paddocks - a source of water pollution via excess phosphorus (P) and nitrogen (N) leaching and possible counter measures* (poster) 20th World Congress of Soil Science, ICC-Jeju, Korea, 8-13 June, 2014.

Masud Parvage: *Potential of excess phosphorus and nitrogen leaching losses from horse paddocks* Bertebos Conference: New ruralities - changing agendas for research and practice, Falkenberg, Sweden, 24-26 August, 2014.

Barbro Ulén: *Stallgödsel från häst - problem och möjligheter* Seminariedag Hästkomfort och miljöpåverkan J.A. Hästtjänst (www.jahasttjanst.se). Marma företagsby Knivsta, 30 mars 2015.

Masud Parvage: *Horse paddocks – an emerging source of agricultural water pollution* (poster) European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2015, Vienna, Austria 12-17 April, 2015.

Barbro Ulén: *Miljöhänsyn för mark och vatten vid hästhållning* (Exkursion och presentation) för Stiftelsen Svensk Växtnäringsforskning Bornsjön, 25 maj 2015.

Markus Hoffmann: *Hästhagar läcker fosfor*. Greppa Näringens hemsida. Nyhet, 19 maj 2015 (www.greppa.nu/arkiv/nyhetsarkiv/2015-05-19).