

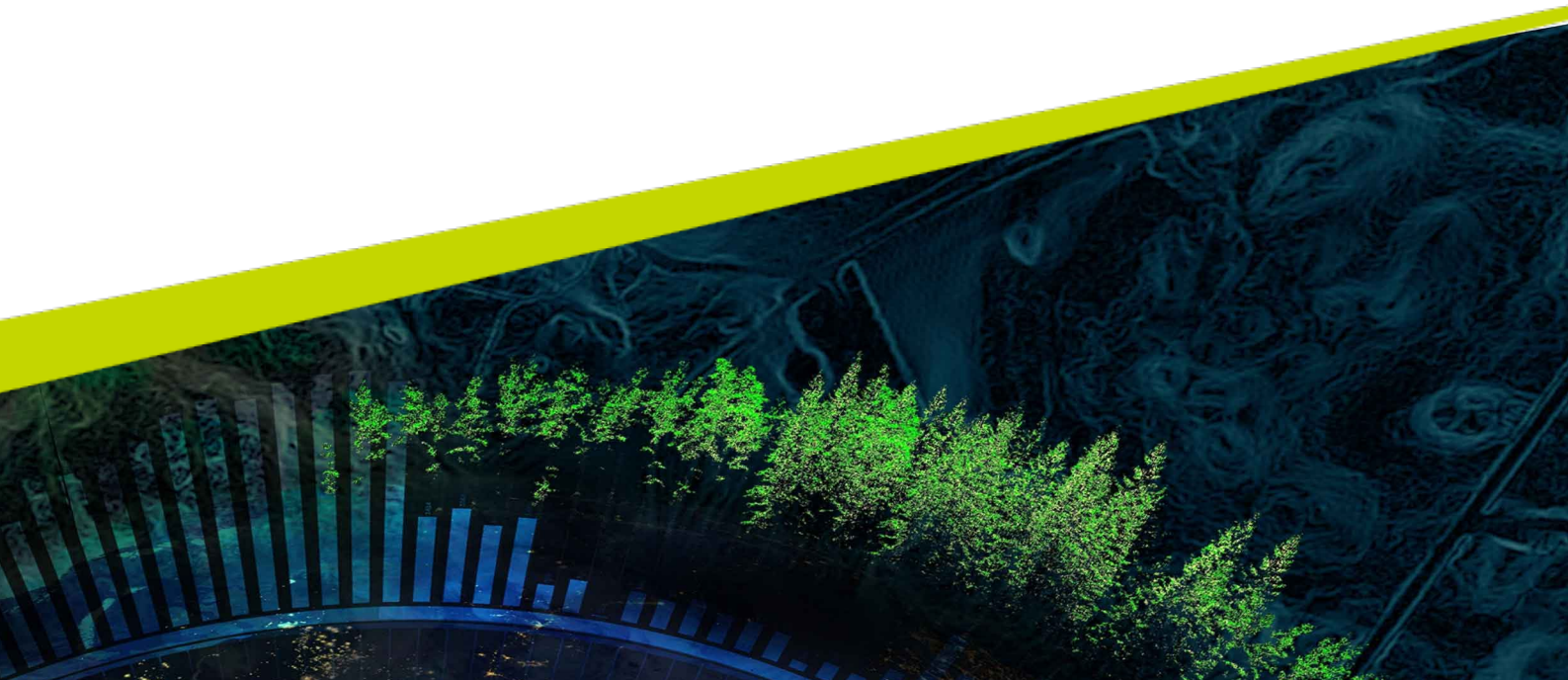


# Fosforläckage från hästverksamhet

---

Fanny Badh

Självständigt arbete • 15 hp  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap/  
Institutionen för husdjurens biovetenskaper/Enheten för hippologutbildning  
Hippologprogrammet  
Uppsala 2024



# Fosforläckage från hästverksamhet

*Leakage of phosphorus from horse farms*

Fanny Badh

**Handledare:** Karin Morgan, Ridskolan Strömsholm och Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens biovetenskaper, Hippologenheten

**Examinator:** Anna-Lena Holgersson, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens biovetenskaper, Hippologenheten

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i hippologi

**Kurskod:** EX0864

**Program/utbildning:** Hippologprogrammet

**Kursansvarig inst.:** Institutionen för husdjurens biovetenskaper

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2024

**Upphovsrätt:** Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

**Delnummer i serien:** K 163

**Nyckelord:** Övergödning, fosfor, näringsläckage, rasthagar, mockning, häst.

## **Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap/  
Institutionen för husdjurens biovetenskaper  
Enheten för hippologutbildning

## Sammanfattning

Övergödning är ett av de största miljöhoten i Östersjön och orsakas av överdriven näringstillförsel av näringsämnen kväve och fosfor till vattenmiljön. Jordbruket är den främsta källan till diffust näringsläckage till Östersjön och har den största reduceringspotentialen. Jordbruksmark innehåller stora mängder kväve samt fosfor och när jordbruksmarker rörs vid odling frigörs även mer av dessa näringsämnen. Fosfor är en viktig del av miljöpåverkan i naturen med tanke på långsiktig hållbarhet.

Hästnäringen är jordbrukets fjärde största inkomstkälla och står för 20% av den totala produktionen av stallgödsel i Sverige. Stallgödsel innebär djurets fasta och flytande spillning och en blandning av foderrester och strömedel. Stallgödsels näringsinnehåll avgörs av foderstatens sammansättning, vilket påverkas av djurets ålder och produktion. Idag finns cirka 360 000 hästar i Sverige där 76% av antalet hästar finns inom större tätorter eller i tätortsnära områden.

Studiens syfte är att undersöka faktorer som påverkar näringsläckaget för att kunna öka medvetenheten hur verksamma inom hästnäringen kan minska näringsläckaget. En litteraturgenomgång av tio studier med fokus på markens egenskaper, mockningsrutiner, utfodringsrutiner och rasthagar undersöktes frågeställningarna "Hur påverkar markens egenskaper och uppbyggnad fosforläckage?" och "Hur påverkar faktorer i hästhållningen fosforläckage?". Resultatet visade att alvens kapacitet att binda fosfor har stor betydelse för fosforläckaget. Sandjordarnas strukturella homogenitet gör att kemiska analyser kan ge betydande information kring jordens fosforläckage. I makroporösa lerjordar bör transportmekanismer tas i beaktande när fosforläckaget ska undersökas. Resultatet visade även att koncentrationen av fosfor (P) och kväve (N) ökade i vattendragen i områden med stor andel rasthagar samt områden med en hög andel åkermark och öppen mark. Rasthagar för hästar med intensiv användning hade ett större fosforläckage till vattendrag jämfört med intilliggande åkermark. Fosfor och kalium hade en hög rörlighet i hästgödseln och näringsförlusten av dessa två näringsämnen påverkades av nederbörden. Rasthagar med bristande mockningsrutiner innehåller en högre koncentration av näringsämnen. Resultatet visade att hästar som utfodrades med grovfoderbaserade dieter utsöndrade mindre fosfor i träcken. En hög fosforgiva orsakade högre mängd fosfor i träcken.

Slutsatsen av denna litteraturstudie var att markens egenskaper påverkar näringsläckaget till vattendrag. Mark med hög andel makroporer och låg sorptionsförmåga ökar risken för näringsläckage. Kemiska egenskaper kan påverka fosfors bindning och dess tillgänglighet för grödan, vilket ökar risken för fosforläckage. I hästhållningen påverkar utfodrings- och mockningsrutiner fosforläckaget. Frekvent mockning av rasthagar, särskilt runt utfodringsområden och under blöta förhållanden, kan minska läckaget. Rasthagar med hög belastning bör mockas mer frekvent. Utfodringsområden och områden där hästar gödslar kan ha högre halter lättlöslig fosfor, vilket ökar risken för näringsläckage.

*Nyckelord:* Övergödning, fosfor, näringsläckage, rasthagar, mockning, häst

## Abstract

Eutrophication is one of the greatest environmental threats to the Baltic Sea and is caused by excessive nutrient input. The agriculture is the primary source of diffuse nutrient leakage to the Baltic Sea and has the greatest potential for reduction. The equine industry is the fourth largest income source within agriculture and accounts for 20% of the total production of stable manure in Sweden. Therefore the equine industry has a large part in the nutrient leakage to surrounding water and eventually the Baltic Sea. The aim of this literature review was to examine factors influencing nutrient leakage to raise awareness among stakeholders in the equine industry on how to mitigate nutrient leakage. Ten separate studies that focused on soil characteristics, manure management practices, feeding routines, and paddock conditions were reviewed. The questions 'How do soil characteristics and structure affect phosphorus leakage?' and 'How do factors in horse management practices influence phosphorus leakage?' were examined. The results showed that the capacity of the subsoil to bind phosphorus is of great significance for phosphorus leakage. The structural homogeneity of sandy soils allows chemical analyses to provide significant information about soil phosphorus leakage. In macroporous clay soils, transport mechanisms should be considered when investigating phosphorus leakage. The results also showed that the concentration of phosphorus (P) and nitrogen (N) increased in watercourses in areas with a high proportion of paddocks as well as areas with a high proportion of arable land and open land. Paddocks for horses with intensive use had greater phosphorus leakage to watercourses compared to adjacent arable land. Phosphorus and potassium had high mobility in horse manure, and the loss of these two nutrients was affected by precipitation. Paddocks with inadequate manure removal routines contain higher concentrations of nutrients. The results showed that horses fed forage-based diets excreted less phosphorus in their manure. A high phosphorus intake resulted in a higher amount of phosphorus in the manure. This study concluded that soil properties and management practices significantly influence nutrient leakage to water bodies. Regular manure removal from paddocks, particularly around feeding areas, is essential to mitigate nutrient leakage. Increased frequency of paddock cleaning, especially during wet conditions, can help minimize nutrient runoff. Areas where horses feed and defecate may have elevated levels of soluble phosphorus, posing a higher risk of nutrient leakage.

*Keywords: Eutrophication, phosphorus, nutrient leakage, paddocks, manure removal, horse*

# Innehållsförteckning

<b>Förkortningar och förklaringar .....</b>	<b>6</b>
<b>1    <b>Introduktion</b> .....</b>	<b>9</b>
1.1   Bakgrund .....	9
1.2   Problem .....	10
1.3   Syfte .....	11
1.4   Frågeställning .....	11
<b>2    <b>Material och metod</b> .....</b>	<b>12</b>
<b>3    <b>Litteraturstudie</b> .....</b>	<b>13</b>
3.1   Markens egenskaper .....	13
3.2   Hästhållning .....	15
3.2.1   Rasthagar .....	15
3.2.2   Mockningsrutiner .....	17
3.2.3   Utfodring .....	18
<b>4    <b>Resultat</b> .....</b>	<b>21</b>
<b>5    <b>Diskussion</b> .....</b>	<b>25</b>
5.1   Jordegenskapernas påverkan på näringsläckaget .....	25
5.2   Mockningsrutiner och utfodring i rasthagar .....	27
5.3   Hållbarhet .....	30
5.4   Studiens styrkor och svagheter .....	31
5.5   Framtida studier .....	31
5.6   Slutsats .....	32
<b>Referenser .....</b>	<b>33</b>

## Förkortningar och förklaringar

*Analysis method of available phosphorus in the soil.* Olsen P.

Olsen P är en analysmetod som uppskattar tillgängliga nivåer av icke organisk fosfor för växttillväxt i jordar. (McKie u.å.)

*Degree of phosphorus saturation* (DPS). Fosformättnadsgrad.

*Degree of phosphorus saturation* (DPS) anger markens fosformättnadsgrad i förhållande till markens kapacitet att binda fosfor.

*Dissolved organic carbon* (DOC). Löst organiskt kol.

Löst organiskt kol är en term som används för att beskriva organiskt kol i form av lösta föreningar vilket finns i mark- eller vattenlösningar. Löst organisk kol utgör en del av det totala kolinnehållet i marken och är involverat i flera viktiga interaktioner med växter, mikrober och mineraler. Löst organiskt kol är en grundläggande del i processerna som formar jorden. (James & Harrison 2013)

*Dissolved reactive phosphorus* (DRP). Löst reaktiv fosfor.

Löst reaktiv fosfor är en form av fosfor vilket uppstår när fosfat som tidigare varit bundet till sediment i vatten löses upp och blir tillgängligt för alger och växter att använda för tillväxt. Koncentrationen av löst reaktiv fosfor i vatten indikerar hur väl de kan stödja tillväxten av alger och växter. (LAWA 2023)

*Lysimeter.* Lysimeter.

Lysimetrar är enheter, vanligtvis tankar eller behållare som används inom hydrologi och vattenforskning. Lysimetrar används för att mäta perkolationen (processen där vatten rör sig genom jorden eller andra porösa material och tränger nedåt) och för att fastställa de lösliga beståndsdelarna som avlägsnas i dräneringen. Lysimetrar kan erhålla högkvalitativa data om hur vegetationen använder vatten och om vattenkvaliteten under perkolationen. (Howell 2005)

*Macroporous soils.* Makroporösa jordar.

En makroporös jord består av sprickor och andra hålrum av olika storlek och form (Hammar 1977:87). Dessa hålrum kallas även för porer där man skiljer mellan makroporer, mikroporer och ultraporer (Hammar 1977:88). Makroporer utgörs av

större sprickor och hålrum samt maskgångar och rotkanaler (Hammar 1977:88). Makroporererna är generellt fyllda med luft. Finare porer som mikro- och ultraporer innehåller vatten i varierande mängd (Hammar 1977:88).

*Phosphorus extracted with ammonium lactate (P-AL)*. Fosfor som extraherats med ammoniumlaktat.

Fosfor som extraherats med ammoniumlaktat är en analysmetod där man löser ut växtnärsämnen ur jorden. Det är den lösliga växtnäringen som löses ut och är den växtnäring som i närtid kan bli tillgänglig. (Weidow 2018:127)

*Phosphorus extracted with calcium chloride (P-CaCl<sub>2</sub>)*. Fosfor som extraherats med kalciumklorid.

Fosfor som extraheras med kalciumklorid är en analysmetod där man löser ut den andel av fosfor som är lättillgänglig för växter och mikroorganismer.

*Particulate Phosphorus (PP)*. Partikelformig fosfor.

Partikelformig fosfor är fosfor som är bunden till fasta partiklar, såsom jordpartiklar, organiskt material, och andra sedimentfraktioner.

*Phosphorus sorption index (PSI)*. Fosforsorptionsindex.

Mäter markens kapacitet att binda fosfor.

*Soil columns*. Markkolumn

Markkolumner är ett intakt jordprov i en cylinder. Markkolumner används i studier inom utvärdering av hur rörligheten hos lösta ämnen och föroreningar transporteras i jorden. (Lewis & Sjöstrom 2010)

*Subsoil*. Alv.

I odlad jord kallas det översta marklagret matjord och det undre alv (Weidow 2018:27). Matjorden har en mörkare färg än den underliggande alven (Weidow 2018:27). Alv är det ursprungliga jordlagret som inte berörts av jordbruksredskap men som påverkas av markprocesserna (Hammar et al. 1977:55).

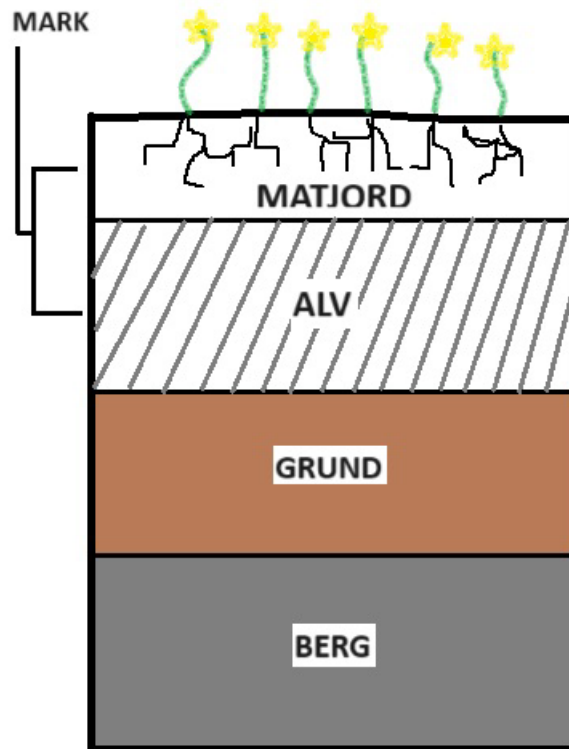


Illustration: Lager i markprofilen.

*Soil Test Phosphorus* (STP). Jordanalys fosfor.

En analysmetod som mäter koncentrationen av fosfor i marken som är tillgänglig för växters upptag.

*Total nitrogen* (TN). Totalt kväve.

Den totala mängden kväve i marken.

*Total organic nitrogen* (TON). Totalt organiskt kväve.

Totalt organiskt kväve är summan av alla kväveföreningar som är bundna i organiska former.

*Total phosphorus* (TP). Total fosfor.

Den totala mängden fosfor i marken.

*Water soluble phosphorus* (WSP). Vattenlöslig fosfor.

Vattenlöslig fosfor är fosfor som kan extraheras med vatten.



# 1 Introduktion

## 1.1 Bakgrund

Övergödning är ett av de största miljöhoten i Östersjön. Övergödning orsakas av överdriven tillförsel av näringsämnen fosfor och kväve till vattenmiljön. Övergödning orsakar en intensivare alg tillväxt och bidrar till syrebrist på Östersjöns havsbotten. Jordbruket är den främsta källan till diffust näringsläckage till Östersjön och har den största reduceringspotentialen. (HELCOM 2021)

Jordbruksmark innehåller stora mängder kväve och fosfor. När jordbruksmarker rörs vid odling frigörs även mer av dessa näringsämnen (Jordbruksverket 2022). Kväve och fosfor tillförs sedan till marken igen via gödsling (Jordbruksverket 2022). Fosfor är ett grundämne som är nödvändigt för alla levande organismer (Nationalencyklopedin AB 2023). I naturen finns fosfor huvudsakligen bundet till syre som fosfat och inte i fri form (Nationalencyklopedin AB 2023). Fosfater är nödvändiga för fotosyntesen, respiration och nerv- och muskelfunktioner. Fosfor ingår i cirka 200 olika mineraler och förekommer över hela jordytan (Nationalencyklopedin AB 2023).

Växtnäring i kretslopp på odlad mark är huvudsakligen stallgödsel och alla slag av skörderester inom en driftsenhet (Hammar et al. 1977:288). Växterna behöver näring för att växa och de tre viktigaste växtnäringsämnena är kväve (N), fosfor (P) och kalium (K) (Jordbruksverket 2013). Växterna producerar organiska substanser med hjälp av solljus, näring, koldioxid och vatten via fotosyntesen (Jordbruksverket 2013). Dessa organiska substanser är kolhydrater, fett och protein vilka sedan kan nyttjas av människor och djur för att få energi (Jordbruksverket 2013).

Gårdar, som producerar eget foder och håller egna djur, kan använda djurens gödsel på åkermarkerna (Jordbruksverket 2013). Kretsloppet med växtnäring bibehålls inom driftsenheten, eftersom grödan som djuret ätit sedan återförs till markerna i form av stallgödsel (Jordbruksverket 2013). Stallgödsel innebär djurets fasta och flytande spillning och en blandning av foderrester och strömedel (Hammar et al. 1977:289). Stallgödsel och andra organiska gödselmedel får spridas med maximalt

22 kg fosfor per hektar spridningsareal och år under en femårsperiod (Jordbruksverket 2023a), vilket motsvarar gödsel från 2,5–3,5 hästar per hektar (Jordbruksverket 2023b). Stallgödsels näringsinnehåll avgörs av foderstatens sammansättning, vilket påverkas av djurets ålder och produktion (Hammar et al. 1977:289). I djur som växer eller producerar ägg, mjölk eller kött lagras en del av näringsämnena in, men det mesta av näringsämnena hamnar i gödseln (Jordbruksverket 2013). Årligen producerar de svenska hästarna omkring 2,9 miljoner ton stallgödsel (urin och träck), vilket motsvarar 15 000 ton kväve och 2 900 ton fosfor (Stockholms Universitet 2024a).

Stallgödsel innehåller en blandning av träck, urin, strömedel, foderrester och vatten (Jordbruksverket 2013). Hästgödsel innehåller ibland upp till 90 procent strömedel, vilket kan leda till problem när den används i växtodlingen (Jordbruksverket 2013). Organismerna i marken behöver lång tid att bryta ner gödsel som innehåller stora mängder strö, då strö är fattigt på växtnärsämnen och innehåller mycket kolföreningar. Hästverksamheter kan minska mängden gödsel genom noggrann mockning. Det ger en gödsel med ett högre näringsinnehåll när träck och endast smutsigt strö tas ut (Jordbruksverket 2013).

Hästnäringen är jordbrukets fjärde största inkomstkälla (Hästnäringens Nationella Stiftelse 2018) och står för 20% av den totala produktionen av stallgödsel i Sverige (BalticWaters 2024). Idag finns cirka 360 000 hästar i Sverige (Hästnäringens Nationella Stiftelse 2018), där 76% av antalet hästar finns inom större tätorter eller i tätortsnära områden (Jordbruksverket 2017). Storleken på hästverksamheter är varierande men majoriteten av hästägarna är privatpersoner i stadsnära miljöer med ett fåtal hästar (Stockholms Universitet 2024a). Hästverksamheter som är registrerade som jordbruksföretag (en knapp tredjedel) omfattas av Jordbruksverkets föreskrifter om miljöhousesyn som bland annat inkluderar bestämmelser kring spridning av stallgödsel (Stockholms Universitet 2024b). Bristande kunskap om läckage från gödsel och om hur hästverksamheter bidrar till näringsläckage gör att hästverksamheter oftast inte inkluderas i övergödningsberäkningar (Stockholms Universitet 2024b). Hur mycket av den totala näringsstillförseln hästverksamheter bidrar till Östersjön, sjöar eller vattendrag är ännu okänt (Stockholms Universitet 2024b).

## 1.2 Problem

Fosfor är en viktig del av negativ miljöpåverkan i naturen med tanke på långsiktig hållbarhet. Hästverksamheter är fjärde största inkomstkällan för lantbruket och utgör därmed en stor del av lantbruksnäringens miljöpåverkan. Verksamma inom

hästnäringen behöver en större förståelse för fosfors betydelse för övergödning av vattendrag.

### 1.3 Syfte

Syftet är att undersöka faktorer som påverkar näringsläckaget för att kunna öka medvetenheten om hur verksamma inom hästnäringen kan minska näringsläckaget.

### 1.4 Frågeställning

Hur påverkar markens egenskaper och uppbyggnad fosforläckage?

Hur påverkar faktorer i hästhållningen fosforläckage?

## 2 Material och metod

Studien är en litteraturstudie, där artiklar och annan information eftersöks i databaserna Primo och Google Scholar. Sökord: *horse, equine, phosphorus, Baltic sea, overfertilization, manure, pasture, horse-keeping, water, eutrophication, agriculture.*

Vetenskapliga artiklar angående jordegenskaper var inriktat på jordbruksjordar, men de har en betydelse för bedömningen av fosforläckaget även inom hästverksamheter. Urvalet av vetenskapliga artiklar avseende hästhållning baserades på utbudet på använda databaser och handlar därför främst om mockning, utfodring och gödselhantering i hästverksamheter.

## 3 Litteraturstudie

### 3.1 Markens egenskaper

Andersson et al. (2013) undersökte två sandjordar (område Nántuna och Mellby) och två lerjordar (område Bornsjön och Lanna) i Södra Sverige. Syftet var att undersöka fosforsförluster från intakta markkolumner i förhållande till jordarnas egenskaper i fyra typiska svenska jordbruksjordar. Jordprover togs hösten 2009 på fem olika djup (mellan 0-100 cm). Jordproverna förvarades i lysimetrar som placerades i utomhusmiljö i mars 2010 i Uppsala. Resultatet visade att sandjorden i Nántuna hade en hög mättnad av fosfor i hela jordprofilen, eftersom den har en låg kapacitet att binda fosfor och frekvent tillförsel av gödning innan studien. Kapaciteten att binda fosfor ( $PSI_2$ ) var högre i sandjorden i Mellby jämfört med Nántuna då sandjorden innehåller mer aluminium och järn, särskilt i alven. Extraherbar fosfor i Mellbys sandjord var låg i alven och hög i ytjorden. Lerjordarna hade en större förmåga att binda fosfor och lägre fosformättnadsgrad. Lerjorden i Bornsjön hade större förmåga att binda fosfor och högre mängd extraherbar fosfor jämfört med lerjorden i Lanna, då koncentrationerna av järn och aluminium var högre i Bornsjöns lerjord. Den totala mängden fosfor som läcker från marken var i fallande ordning störst från sandjorden i Nántuna, lerjorden i Lanna, lerjorden i Bornsjön och lägst från sandjorden i Mellby. Slutsatsen av studien var att alvens kapacitet att binda fosfor har stor betydelse för fosforläckaget. Innehållet av fosfor i matjorden har inte lika stor betydelse i uppskattningen av fosforläckaget från jordarna, särskilt på sandjordar. Sandjordarnas strukturella homogenitet gör att kemiska analyser kan ge betydande information kring jordens fosforläckage. I makroporösa lerjordar bör transportmekanismer tas i beaktande när fosforläckaget ska undersökas.

Börling et al. (2004) undersökte vilka markvariabler som kan användas för att förutse den potentiella frisättningen av fosfor från marken. Markprover från nio platser i Sverige samlades in under hösten 1997. Fem platser belägna i södra Sverige och fyra belägna i mellan Sverige. Två markanalysmetoder användes, Olsen P och lättlöslig fosfor (P-AL), vilka är de vanligaste analysmetoderna som används i Sverige. Markernas förmåga att binda fosfor (PSC) och

fosformättnadsgrad (DPS) mättes för att bedöma risken av fosforläckage. Fosformättnadsgraden beräknades utifrån Olsen P eller P-AL tillsammans med fosfor extraherad med kalciumklorid (P-CaCl<sub>2</sub>), då Olsen P och P-AL analysmetoderna inte var tillräckliga för att förutsäga fosforfrisättningen. Innehållet av lerpartiklar i markerna varierade från 7 till 59%, pH värdet från 5,8 till 7,5 och organiskt kol från 1,1 till 2,3%. Jordarna gödslades med fyra olika nivåer av fosfor och kalium (PK-gödsel). Nivåerna var från 0 upp till ersättningsgödsling (gödsel som ersätter näringsämnen som förlorats från marken genom skörd) plus 30 kg fosfor samt 80 kg kalium. Varje PK-nivå kombinerades med fyra olika nivåer av kväve, som sträckte sig från 0 till 150 kg N per hektar per år. Nivåerna används för att studera effekterna av olika gödslingsnivåer på jordarnas egenskaper. Resultatet visade att Olsen P och lättlöslig fosfor (P-AL) ökade för varje nivå av gödsling. När markerna endast gödslades med ersättningsgödsel minskade innehållet av tillgänglig fosfor i sex av nio jordar jämfört med de initiala markproverna. Mängden totalt fosfor som frigjordes av kalciumklorid (CaCl<sub>2</sub>) ökade när halten av markens totalfosfor (STP) ökade för alla jordar. Jordar med låg fosforsorption (PSC) frigjorde mer fosfor i CaCl<sub>2</sub>-lösningen jämfört med jordar med hög fosforsorption vid samma nivå av totalt fosfor i marken (STP). Slutsatsen av studien var att jordar som är känsliga för fosforförluster påverkas av hur vattnet rör sig i jorden och typ av fosforkälla. Den potentiella frisättningen av fosfor var relaterad till Olsen P och P-AL för enskilda jordar. Jordar med hög fosforsorptionskapacitet (PSC) frigjorde mindre fosfor än jordar med låg PSC vid samma totala fosfor i marken (STP). Totala mängden fosfor (STP) bör inte användas ensamt för att få en uppskattning kring fosforförluster, eftersom jordarna har olika fosforsorptionskapacitet (PSC).

Kumblad et al. (2023) undersökte hästverksamheter och deras påverkan på vattenkvaliteten. Syftet var att undersöka hur hästverksamheter kan bidra med näringsförluster via ytvatten och identifiera riskfaktorer för näringsläckage. Fem hästverksamheter med i genomsnitt 35 hästar per verksamhet i fyra avrinningsområden ingick i studien. Jordprover från paddockar och betesmarker för att bedöma fosforackumulering i marken togs där totalt kväve (N), totalt fosfor (P), totalt kol (C), lättlöslig fosfor (P-AL), lättlösligt järn (Fe) och aluminium (Al) mättes. Jordproverna togs på ett djup mellan 0-30 cm i september och november 2020. Vattenprover togs från olika platser och vid olika tidpunkter för att bedöma näringsbelastningen i vattnet. Proverna togs regelbundet under en tidsperiod från mars 2020 till mars 2021, cirka varannan till var tredje vecka och oftare under perioder med högt vattenflöde. Vattenproverna analyserades för totalfosfor (P) och kväve (N), samt fosfat, ammonium och nitrat. Resultatet visade att det fanns en högre upplagring med näringsämnen i topplagret (0-10 cm) jämfört med djupare jordprover mellan 10-30 cm djup. Upplagringen i topplagret bestod främst av kol, direkt tillgänglig fosfor för läckage (P-CaCl<sub>2</sub>) och kväve. I topplagret syntes ett samband mellan innehållet av lättlöslig fosfor och löst reaktiv fosfor (DRP), särskilt

i områden vid ingångar i rasthagar och platser där hästarna gödslade. Vattenproverna visade att koncentrationen av näringsämnen i diken var högre i områden som omgavs av hästgårdar. Koncentrationen av fosfor (P) och kväve (N) ökade i vattendragen i områden med stor andel rasthagar samt områden med en hög andel åkermark och öppen mark. Största andelen av upplösta näringsämnen (P och N) fanns i områden där markanvändningen dominerades av rasthagar, åkermark och hus med privata avlopp. Slutsatsen var att hästverksamheter i peri-urbana (område i övergångszon mellan stad och landsbygd) områden kan märkbart bidra till näringsläckaget till ytvattnet. Riskfaktorer som kan orsaka ett högt näringsläckage är bristande mockningsrutiner, upptrampning av växttäcket, låg markhälsa, närhet till vatten och hur hästverksamheten är placerad i landskapet.

## 3.2 Hästhållning

### 3.2.1 Rasthagar

Närvänen et al. (2008) undersökte fosforkoncentrationer i marken i hästtäta områden och förhållandet mellan extraherat fosfor och löst reaktiv fosfor (DRP) i vattenavrinning. Studien undersökte även hur effektivt behandling med järnsulfat kan sänka fosforläckaget från rasthagar via vattnet. De tre första delarna av studien undersökte fosforkoncentrationerna på tre olika djup i marken 0-2 cm, 0-20 cm och 0-100 cm. Syftet var att undersöka hur marken påverkades av olika användning av hästar. Fosforbelastning (P-AL), pH, elektrisk konduktivitet, total fosformängd och löst reaktiv fosfor (DRP) mättes i samtliga jordprover. Resultatet visade att de högsta koncentrationerna av extraherbar fosfor (P-AL) fanns i ytjorden (0-2 cm) i områden där hästar utfodrades med grovfoder eller där hästar gödslade. Områden runt ligghallar i rasthagar hade även höga koncentrationer av extraherbar fosfor i ytjorden. I genomsnitt var den extraherbara fosfornivån tre gånger högre i ytjorden (0-2 cm) jämfört med topplagret (0-20 cm) där det högsta värdet av extraherbar fosfor uppmättes i den lerigaste hagen. Slutsatsen var att när löst reaktiv fosfor (DRP) ska uppskattas är en analys av fosforinnehållet i ytjorden (0-2 cm) en bra indikator. Kemisk behandling med järnsulfat av vattnet var effektivt för att minska fosforläckaget och kan vara ett sätt att behandla områden med högt näringsläckage i framtiden.

Parvage et al. (2011) undersökte om intensiv användning av hästars rasthagar och tillförsel av ytterligare näringsämnen genom utfodring kan ha ett större fosforsläckage i jämförelse med intilliggande åkermark. Studien undersökte även i vilka olika former fosfor (växttillgänglig fosfor, vattenlöslig fosfor, total mängd fosfor) fanns i marken och hur urlakningen till kringliggande dräneringsvatten påverkades av betande hästar. Det eventuella förhållandet mellan fosfortillförsel,

mättnaden av fosfor i marken och den potentiella urlakningen var ytterligare en faktor som undersöktes i studien. En rasthage på 2,77 hektar med tio olika provtagningsplatser (djup på 0-10 cm) användes. Denna hage belastades med i genomsnitt 3,75 hästar per hektar. Åkermarken som undersöktes låg 1,3 km från rasthagen och användes för att jämföra vattenkvalitén på dräneringsvattnet mellan dem. Åkermarken gödslades med både mineralgödsel och stallgödsel. Rasthagen hade näringstillförsel från foder och gödsel. Resultatet visade att koncentrationen av markens fosforsleverande förmåga (mängd fosfor och lättlöslighet i marken) var högre i rasthagens mark än i åkermarken. Rasthagen hade en högre grad av fosformättnad i marken än åkermarken. Lättlöslig fosfor (P-AL) i topplagret i rasthagen var högre jämfört med åkermarken. Vattenlöslig fosfor (WSP) visade inte på någon skillnad mellan rasthagen och åkermarken. Den totala mängden fosfor visade inte på någon skillnad mellan rasthagen och åkermarken. Det fanns ingen skillnad i fosforsorptionsförmåga, mängd extraherbart järn och aluminium, organiskt kol och totala mängden kväve mellan rasthagen och åkermarken. Dräneringsvattnet från rasthagen hade i genomsnitt tre gånger högre koncentration av den totala mängden fosfor och 13 gånger högre koncentration av löst reaktiv fosfor (DRP) jämfört med åkermarkens dräneringsvatten. Slutsatsen var att rasthagar för hästar med intensiv användning hade ett större fosforläckage till vattendrag jämfört med intilliggande åkermark. Löst reaktiv fosfor (DRP) var den huvudsakliga formen av fosfor som observerades i dräneringsvattnet från rasthagen.

Parvage et al. (2015) undersökte det potentiella näringsläckaget från rasthagar av fosfor, kväve och kol. Syftet var att identifiera huvudsakliga områden i rasthagar där fosfor, kväve och kolinnehållet var högt och jämföra näringsförlusterna med obetad och icke gödslad gräsmark. Jordprover från topplagret (0-20cm) från en gård med en rasthage med lerjord jämfördes med en annan gårds rasthage med lerig sandjord. Jordproverna utsattes för simulerat regn i laboratorium under fyra tillfällen där varje tillfälle bestod av 40 mm regn under tre timmar och 72 timmar mellan varje regnsimulation. Lakvattenprover samlades ihop och analyserades för fosfor, kväve och löst organiskt kol (DOC) för varje jordtyp. Resultatet visade att lerjordens lakvattenvolym uppgick till 80% (32 mm) av bevattningsvattnet och den sandiga lerjordens lakvattenvolym på 88% (35 mm). Koncentrationen av total fosfor (TP), löst reaktiv fosfor (DRP) och partikelformig fosfor (PP) var högre i rasthagen med lerjord i områden där hästar gödslade jämfört med områden som betades. Höga koncentrationer av fosfor i alla olika former hittades i lakvattenproverna från utfodringsområden i rasthagen med lerjord. Kväve återfanns främst i nitratform ( $\text{NO}_3^-$ ) i både rasthagen med lerjord och rasthagen med lerig sandjord. I betesområdet i rasthagen med lerjord var 92% av kvävet i nitratform jämfört med rasthagen med lerig sandjord, där 80% av kvävet i utfodringsområdet var i nitratform. En större del (48%) av den totala kvävemängden (TN) var i form av total organiskt kväve (TON) i områden där hästar gödslade i rasthagen med lerig



sandjord. De högsta värdena av löst organiskt kol (DOC) fanns i områden där hästar utfodrades eller gödslade i rasthagarna.

Det totala fosforläckaget var två gånger högre i rasthagen med lerjord än referensområdet (äng som inte används i lantbruk) och främst i form av löst reaktiv fosfor (DRP). Störst fosforläckage och löst organiskt kol (DOC) observerades i områden där hästar gödslade. Kväveläckaget i lakvattenproverna var betydligt lägre än fosforläckaget. Kväveläckaget från rasthagen med lerjord var 1,5 gånger större än referensområdet och 90% av kväveförlusterna var i nitratform ( $\text{NO}_3^-$ ). Rasthagen med sandig lerjord hade ett högre läckage av fosfor jämfört med rasthagen med lerjord. Löst reaktiv fosfor (DRP) var den huvudsakliga formen av fosforläckaget i rasthagen med sandig lerjord och främst från områden där hästarna gödslade. Kväveförlusterna och löst organiskt kol (DOC) var mycket höga från rasthagen med sandig lerjord i områden där hästarna gödslade. Sjuttioen procent av kväveförlusterna från rasthagen med sandig lerjord var i form av nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ). Näringsförluster i lakvattnet av löst reaktiv fosfor (DRP) var signifikant korrelerad med vattenlöslig fosfor (WSP) och lättlöslig fosfor (P-AL) koncentrationerna i båda jordtyperna. Slutsatsen var att kväve och fosforläckaget är högre från rasthagar jämfört med referensområdet och särskilt från rasthagar med sandiga jordtyper. Näringsförlusterna till lakvattnet av kväve, fosfor och löst organiskt kol var störst från områden där hästarna utfodrades och där de gödslade. (Parvage et al. 2015)

### 3.2.2 Mockningsrutiner

Airaksinen et al. (2007) utförde en studie från 1 oktober 2001 till 13 augusti 2002 med syfte att undersöka hur ytvattnet och matjorden förorenas i två rasthagar under vinterhalvåret. Rasthagarna delades in i två delar där ena delen var utfodringsområde och den andra delen kallades för ”övrigt område”. Rasthage A mockades ur dagligen både från gödsel och från foderrester. Rasthage B rengjordes inte alls under studiens gång. Det gick tre hästar i rasthage A och tre hästar i rasthage B. Rasthagarna hade en hästdensitet på 37,5 hästar per hektar. Prover på ytvattnet togs vid tre tillfällen och i tre olika uppsamlingsbrunnar i hagarna. Tre jordprover togs i maj 2002 där elektrisk konduktivitet, pH, fosfor, kväve och nitrat innehåll undersöktes. Resultatet indikerade att kväve och fosforinnehållet var högre i de områden hästarna utfodrades i, både i rasthage A och B. I rasthage B innehöll proverna mer näringsämnen än rasthage A. Fosfor och fosforinnehållet i rasthage B (utfodringsområdet) hade ökat med 10-50 gånger mer under sju månader jämfört med första provet. Ammonium och kalium innehåll var upp till nio gånger högre i rasthage B jämfört med rasthage A vid samma tidpunkt. Koncentrationen av total fosfor i ytvattnet var 40 gånger högre och innehåll av lösligt fosfat 125 gånger högre i uppsamlingsbrunnen i rasthage B jämfört med åkerdiken. Näringsinnehållet från uppsamlingsbrunnen i rasthage B (vid utfodringsområdet)

innehöll högre mängd näringsämnen vid alla provtillfällen jämfört med de andra två brunnarna i rasthage B och rasthage A. Slutsatsen var att ytvatten från rasthagarna kan ha ett högre växtnäringsinnehåll jämfört med åkerdiken. Kontinuerlig mockning av rasthagar och särskilt kring utfodringsområdena kan minska vattenföroreningar i ytvattnet.

Aronsson et al. (2022) undersökte näringsförluster från hästgödsel i syfte att ta reda på hur ofta rasthagar bör mockas för att minska risken för näringsläckage. Från december 2020 till maj 2021 under en period på 154 dagar togs tolv prover från fem slumpmässiga cylindrar fyllda med hästgödsel. I 60 cylindrar fylldes 400 g färsk gödsel och placerades på marken med lite vegetation över för att efterlikna en rasthage. Resultatet vid studiens slut visade att gödseln innehöll 77% kväve, 31% fosfor och 12% kalium av gödselns initiala värden. Samtliga näringsämnen minskade under femmånadersperioden, förutom den totala kvävemängden. Fosfor och kalium minskade markant den första perioden och vid provtagning vid dag 69 hade koncentrationen av fosfor gått ned till 46% och kalium 15%. Slutsatsen var att fosfor och kalium hade en hög rörlighet i hästgödseln och näringsförlusten av dessa två näringsämnen påverkades av nederbörden. Näringsförluster av fosfor kan inträffa under de första dagarna efter hästen gödslat om gödseln exponeras för nederbörd eller snösmältning. Kvävet i hästgödseln behölls till största del kvar i gödseln under femmånadersperioden. Rasthagar, som används året om med hög risk för upptrampning, bör mockas mer frekvent eftersom upptrampning försvårar borttagningen av hästgödseln. Mockning bör även tillämpas mer frekvent under och inför blöta förhållanden.

### 3.2.3 Utfodring

Saastamoinen et al. (2020) undersökte hur utfodringsrutiner kan påverka fosfordigestionen och utsöndringen av fosfor i avföringen hos hästar. Sex finska varmblod användes i studien. Hästarna var uppstallade i boxar (3x3 m) med torv som strömedel. Hästarna vistades i grupp i sandhagar dagtid i två till fyra timmar. Studien pågick i fyra 21-dagarsperioder, där sex olika typer av grovfoderbaserade dieter och deras smältbarhet (A-F) undersöktes. Hästarna utfodrades tre gånger per dag. Dieterna var A) hö, B) hösilage, C) hö 80% och helhavre 20%, D) hö 65% och helhavre 35%, E) hö 80% och kommersiellt pelleterad komplett foder 20%, F) hö 65% och kommersiellt pelleterad komplett foder 35%. Dieterna kompletterades med ett mineralfoder, förutom diet E och F som innehöll kommersiellt pelleterad komplett foder. Foderprover samlades in dagligen och analyserades för torrsubstans (DM), råprotein (CP), neutral detergentfiber (NDF), sura detergentfiber (ADF), råfiber (CF), aska, fosfor och kalcium. Hästarnas träck samlades in under en fyradagars period. Träcken analyserades för torrsubstans (DM), kväve, neutral detergentfiber (NDF), sura detergentfiber (ADF), råfiber (CF), aska, total fosfor

(TP) och vattenlöslig fosfor. Blodprover samlades in under en dag i fyradagars perioden och analyserades för oorganisk fosfor samt kalcium. Resultatet visade att hästar som utfodrades med endast hösilage (B) fick minst torrsbstans men mest mängd av råprotein. Fosforintaget ökade med mängden ökad kraftfodermängd i dieterna. Hästar som utfodrades med helhavre fick i sig en större mängd fosfor jämfört med hästarna som åt diet med komplett kraftfoder. Hästar som utfodrades endast med hö hade ett mindre intag av fosfor jämfört med dieter med kraftfoder. Hästar som utfodrades med hösilage hade lägre intag av fosfor jämfört med hö. Utsöndringen av fosfor i hästarnas träck var minst från de hästar som åt en diet med endast hö (A). Hästar som utfodrades med diet C och D utsöndrade mer fosfor i träcken jämfört med hästar som åt diet E och F. Utsöndringen av fosfor från träck ökade med ökad kraftfodergiva i dieten. Retentionen (kvarhållning) av fosfor var störst när hästarna utfodrades med diet D. Den totala fosformängden som extraherades från träck var till största del vattenlöslig fosfor 87,6%. Hästar som utfodrades med helhavre utsöndrade mindre magnesium och kalcium i träcken jämfört med hästar som utfodrades med komplett kraftfoder. Slutsatsen var att hästars gödsel är en riskfaktor gällande fosforläckage till miljön. Hästars gödsel bestod till största del av vattenlöslig fosfor och är därför känsligt för avrinningsförluster som kan lakas ut till vattnet. En grovfoderbaserad diet med kraftfoder kan bidra till bättre smältbarhet av fosfor och göra fosfor mer tillgänglig för hästar.

Ögren et al. (2013) undersökte fosforbalansen hos växande travhästar i träning som utfodrades på en grovfoderbaserad diet med eller utan mineraltillskott. Endogena fosforförluster i träck, förhållandet mellan intaget av fosfor och utsöndringen i träck samt andel löslig fosfor av det totala fosforinnehållet i träck undersöktes. Fjorton travhästar i träning slumpades i utfodringen av en diet med lågt fosforinnehåll eller en diet med högt fosforinnehåll. Hästarna studerades under sex dagar och de tre sista dagarna samlades urin samt träckprov från alla hästar. Hästarna utfodrades med båda dieterna med en övergångsperiod på 12 dagar mellan studierna. Hästarna tränades fyra dagar i veckan och i skrittmaskin. Hästarna inhystes på box ströade med spånpellets och gick i paddock 6-8 timmar per dag. Under de sex dagarna hästarna provtogs stod de inne och gick inte ut i paddock. Hästarna utfodrades med diet 1) fri tillgång på grovfoder och 150 g mineralfoder (högt fosforinnehåll) eller 2) fri tillgång på grovfoder och selen samt e-vitamintillskott (lågt fosforinnehåll). Alla hästar utfodrades med 250 gram lucern utöver dieterna. Foderprov samlades in dagligen där totalt intag av torrsbstans, torrsbstans, lignin, AIA (syralöslig aska), råprotein, energiinnehåll (MJ), omsättbar energi (OE), kalcium, fosfor och magnesium analyserades. Resultatet visade att intaget av torrsbstans, AIA och lignin ökade på dieten med högt fosforinnehåll. Den huvudsakliga utsöndringen av kalcium, fosfor samt magnesium var i hästarnas träck och störst utsöndring var när hästarna utfodrades med dieten på högt fosforinnehåll. Slutsatsen var att det fanns

stark korrelation mellan utfodring med hög andel fosfor och den totala mängden fosfor i hästarnas träck. Hos Hästar som utfodrades med dieten med högt fosforinnehåll var retentionen större jämfört med dieten med lågt fosforinnehåll. Över 80% av fosforinnehållet i hästarnas träck bestod av vattenlöslig fosfor.

## 4 Resultat

Resultatet från litteraturstudien har sammanställts i tabell 1 avseende markegenskaper och tabell 2 för hästhållning.

*Tabell 1. Sammanställning av resultat avseende hur fosforläckaget påverkas av markens egenskaper och uppbyggnad*

<b>Studie</b>	<b>Fokus</b>	<b>Material &amp; metod</b>	<b>Resultat</b>
Andersson et al. (2013)	Markens egenskaper  Fosforsförluster från intakta markkolumner i förhållande till jordarnas egenskaper i fyra typiska svenska jordbruksjordar.	Två sandjordar och två lerjordar i södra Sverige. Jordprover togs hösten 2009 på fem olika djup (mellan 0-100 cm). Jordproverna förvarades i lysimetrar som placerades i utomhusmiljö i mars 2010, Uppsala.	Markens sorptionskapacitet har stor betydelse för läckaget av fosfor.  Alvens förmåga att binda fosfor minskar fosforläckaget trots höga halter av fosfor i ytlagret.
Börling et al. (2004)	Markens egenskaper  Vilka markvariabler som kan användas för att förutse den potentiella frisättningen av fosfor från marken	Nio platser undersöktes belägna i södra och mellan Sverige. Jordprover togs hösten 1997. Lerpartiklar i markerna varierade från 7 till 59%, pH värdet från 5,8 till 7,5 och organiskt kol från 1.1 till 2.3%.	Lerjordar binder mer fosfor än sandjordar.  Endast ersättningsgödsel minskade tillgängligt fosforinnehåll i sex av nio jordar.  Totalt fosfor frigjort av kalciumklorid ökade med ökad totalfosfor i marken för alla jordar.  Jordar med låg fosforsorption frigav mer fosfor i CaCl <sub>2</sub> -lösning jämfört med jordar med hög fosforsorption vid samma totalfosfor i marken.

Kumblad et al. (2023)	Markens egenskaper - riskfaktorer Påverkan på vattendrag med fokus på fosforackumulering i mark, markanvändning och vattenavrinning.	Fem hästanläggningar på Ekerö, Sverige. Lerjord. Genomsnittlig hästtäthet på 4,5 häst/hektar. Vattenprover mellan mars 2020 till mars 2021. 27-39% lerpartiklar i jordarna.	Hästanläggningar kan ha en betydande inverkan på näringsbelastningen och vattenkvaliteten i angränsande vattendrag. Riskfaktorer: mockningsrutiner, upptrampning av växttäcket, markhälsa, närhet till vatten och hur hästverksamheten är placerad i landskapet.
-----------------------	---	---	---

Tabell 2. Sammanställning av resultat avseende hur fosforläckaget påverkas av faktorer i hästhållningen såsom rasthagar, skötselrutiner och utfodring

Studie	Fokus	Material & metod	Resultat
Närvänen et al. (2008)	Hästhållning – rasthagar  Att undersöka koncentrationen av fosfor på olika djup i jordlagren och lättlöslig fosfor i vatten. Kemisk behandling av vatten för att minska fosforinnehållet.	Studie mellan november 2003 till augusti 2004, 10 mil norr om Helsingfors, Finland. Jordprover från fyra olika hästanläggningar. Jordprover på djup mellan 0-2 cm, 0-20 cm och 0-100 cm. Regnsimulation i labb. Sedimentationsdamm och behandling med järnsulfat.	Höga fosforkoncentrationer i ytjorden där hästar äter eller gödslar, samt runt ligghallar.  Extraherbar fosfor tre gånger högre i ytjorden (0-2cm) än i topplagret (0-20cm) i genomsnitt.  Högsta extraherbara fosforvärdet i lerigaste hagen.
Parvage et al. (2011)	Hästhållning – rasthagar  Hur intensiv användning av rasthagar med hästar och utfodring kan ha potentiellt högre näringsförlust av fosfor jämfört med odlad åkermark.	30 km söder om Stockholm, Sverige. Lerjord (>50%). 2,77 hektar paddock med hästintensitet på 3,75 enheter/hektar. Åkermark 4,43 hektar 1,3 kilometer från paddocken. Jordprover på 0-10 cm.	Rasthagen hade högre fosforsleveranskapacitet och var mer mättad med fosfor.  Dräneringsvattnet från rasthagen hade tre gånger högre total fosforkoncentration och 13 gånger högre löst reaktiv fosforkoncentration i genomsnitt.
Parvage et al. (2015)	Hästhållning – rasthagar  Identifiera huvudsakliga områden i rasthagar där fosfor, kväve och kolinnehållet var högt och jämföra näringsförlusterna med	Två rasthagar med olika jordtyp. Lerjord och sandig lerjord. Jordprover på 0-20 cm. Regnsimulation i labb 4x40 mm med 72 h mellanrum.	Rasthagar, särskilt de med sandiga jordar, har högre kväve- och fosforläckage jämfört med andra jordtyper.  Största näringsförlusterna till lakvattnet av kväve, fosfor och löst organiskt kol skedde i områden där

	obetad och icke gödslad gräsmark.		hästar utfodrades och gödslade.
Airaksinen et al. (2007)	Hästhållning- skötselrutiner  Undersöka kontaminationen av ytvatten och ytjorden i två paddockar.	Studie mellan oktober 2001 till augusti 2002 i Kiuruvesi, Finland. Två lösdrifter med tre hästar i vardera. Paddock A mockades och paddock B mockades inte. Jordprover på 0-12 cm togs. Vattenprover från tre brunnar i paddockarna.	Kväve- och fosforinnehållet var högre i de områden hästarna utfodrades i. Rasthage B (ej mockad): - högre koncentration av näringsämnen. - fosfor och fosfatinnehållet hade ökat med 10-50 gånger mer under sju månader jämfört med första provet. - ammonium och kalium innehållet var upp till nio gånger högre vid samma tidpunkt.
Aronsson et al. (2022)	Hästhållning - skötselrutiner  Näringsförluster över tid i hästgödsel och hur ofta rasthagar bör mockas för att minimera näringsförlusterna.	Studie mellan december 2020 till maj 2021 i Uppsala, Sverige. 400 g gödsel i cylindrar utomhus i områden som efterliknar rasthagar.	Gödseln innehöll 77% kväve, 31% fosfor och 12% kalium av gödselns initiala värden.  Samtliga näringsämnen minskade under fem månadersperioden, förutom den totala kvävemängden.  Fosfor och kalium minskade markant den första perioden.
Saastamoinen et al (2020)	Hästhållning – utfodring  Undersökte hur utfodringsrutiner kan påverka fosfordigestionen och utsöndringen av fosfor i avföringen hos hästar.	6 finska varmblod. Sex grovfoderbaserade dieter. Fyra 21 dagars perioder. Foderprover, träckprover och blodprover samlades in.	Hästar som fick endast hösilage (B) hade minst torrsubstans men högst mängd råprotein.  Fosforintaget ökade med ökad kraftfodermängd.  Utsöndringen av fosfor i träcken var minst från hästar som åt en diet med endast hö (A), men ökade med ökad kraftfoderandel i kosten.  Av den totala fosformängden som extraherades från träcken var 87,6% vattenlöslig fosfor.

Ögren et al. (2013)	Hästhållning- utfodring	14 växande travhästar i träning	En diet med högt P-innehåll resulterade i:
	Undersökte fosforbalansen vid grovfoderbaserad diet med eller utan mineraltillskott.	Två grovfoderbaserade dieter (högt respektive lågt p-innehåll)	- ökat intag av torrsubstans, AIA och lignin.
		Prover på foder, träck och blodprover analyserades.	- ökad utsöndring av kalcium, fosfor och magnesium i träcken.

---



## 5 Diskussion

### 5.1 Jordegenskapernas påverkan på näringsläckaget

Studien av Kumblad et al. (2023) undersökte hur hästverksamheter kan bidra med näringsförluster via ytvatten och identifiera riskfaktorer för näringsläckage. Jordprover togs för att analysera rasthagars fosforackumulering och risk för näringsläckage på ett djup på 0–30 cm. Rasthagarna hade använts i 30–50 år i hästverksamhet med 2,1 hästar per hektar och med ett lerpartikelinnehåll från 27 till 39%. Jordproverna samlades in i september och november 2020. Resultatet visade att det fanns en upplagring av organiska material och näringsämnen i ytjorden (0-10 cm) i rasthagarna jämfört med jord djupare ner (10-30 cm). Upplagringen av näringsämnen i ytlagret bestod av kväve, kol och P-CaCl<sub>2</sub> men inte för fosfor och P-AL. Det fanns en korrelation mellan P-AL och graden av fosforabsorbering (DPS) och särskilt i områden där hästar gödslade samt vid ingångar till rasthagar. Trots att rasthagen hade använts i över 50 år i hästverksamheten var P-AL och DPS värden lägre där jämfört med två andra rasthagar som använts i 30 år respektive två år. En förklaring till varför det är lägst värden i rasthagen som använts i 50 år kan ha att göra med markens egenskaper och transportmekanismer.

Jarvis (2007) belyste hur jordens egenskaper och makroporer (hålrum) påverkar hur vatten och lösta ämnen rör sig genom marken. En jord med större makroporer orsakas av biologisk aktivitet (maskar eller växtrotsystem). Tillförsel av organiskt material leder till aggregatbildning och kan ge större makroporer i jorden. En låg lerhalt i jorden leder till större makroporer eftersom hög andel lerpartiklar binder sig tätare. Jordens förmåga att binda näringsämnen är lägre i makroporer jämfört med den omliggande marken, vilket kan påverka hur vattenföroreningar rör sig i marken och når vattendrag. Djodjic (2004) konstaterade att makroporer i jordar har ett inflytande på näringsförlusterna av fosfor genom den snabba avrinningen i marken och vattnets korta kontakt med markpartiklarna. Det innebär att jordarnas kemiska egenskaper har mindre betydelse när jordar innehåller en stor andel makroporer gällande näringsförluster av fosfor. Betesmarker tenderar att ha ökad mängd organiskt material och ökad biologisk aktivitet, vilket förbättrar markens

struktur och dräneringsförmåga (Jarvis 2007). Utifrån detta kan det antas att rasthagen som använts i 50 år har en annan markstruktur jämfört med rasthagen som använts i 30 år respektive två år vilket kan påverka näringsförlusterna av fosfor.

Kumblad et al. (2023) tog markprover på ett djup av 0-30 cm till skillnad från Andersson et al. (2013) där jordprover togs på ett djup av 0-100 cm. Andersson et al. (2013) jämförde topplagret (0-30/40cm) och alvens (40-100cm) egenskaper, koncentrationen av extraherbar fosfor i jordprofilen samt fosforförluster till lakvattnet. Resultatet var att en sandjord (Mellby) hade höga värden av extraherbar fosfor i topplagret, men den sandjorden hade låga förluster av fosfor i lakvattnet. Det förklaras genom sandjordens (Mellby) goda förmåga att binda fosfor genom hela jordprofilen. Sandjorden i Nántuna hade mycket högre förluster av fosfor i jämförelse med sandjorden i Mellby. Fosforförlusterna i sandjorden i Nántuna kan förklaras höga värden av extraherbar fosfor och låg förmåga att binda fosfor, särskilt i alven. Nántuna hade därför en hög fosformättnad genom hela markprofilen och hade färre bindningsplatser att behålla fosfor. Börling et al. (2004) förklarade hur metoden att mäta extraherbar fosfor genom analysmetoderna Olsen P och P-AL inte räcker för att kunna förutspå jordarnas potentiella näringsförluster. Börling et al. (2004) konstaterade att jordar med samma mängd fosfor men med olika mycket kapacitet att binda fosfor påverkade hur mycket fosfor som frigjordes i en  $\text{CaCl}_2$  lösning. I likhet med Andersson et al. (2013) och sandjorden i Nántuna, påvisade även Börling et al. (2004) att jordar med låg förmåga att binda fosfor frigjorde mer fosfor. Pavarage et al. (2011) belyste även jordars kemiska egenskaper och förmågan att binda fosfor. Aluminium (Al) och järn (Fe) är avgörande för hur fosfor binder och frigörs i jordar. Fosfor, vilket är bundet till aluminium, är starkare bundet och frigörs inte lika lätt i jämförelse med fosfor som är bundet till järn. Fosfor bundet till järn är därför mer tillgängligt för växterna och en högre risk för fosforläckage.

För att summera jordegenskapernas påverkan på näringsläckaget ger inte ett högt värde av löslig fosfor i topplagret en helhetsbild över jordens förväntade fosforläckage. Jordegenskaper som förmåga att binda fosfor och fosformättnad i marken har en betydelse hur mycket fosforläckage en jord släpper ifrån sig. Makroporer och transportmekanismer har en inverkan på fosforläckaget och bör särskilt tas i beaktande i jordar med hög andel makroporer. Jordens kemiska egenskaper har även en betydande roll av fosforläckage. Kemiska analyser på sandjordar kan ge tillräcklig information över jordens förväntade fosforläckage på grund av sandjordars strukturella homogenitet (Andersson et al. 2013). Det är av vikt att studera transportmekanismerna i makroporösa lerjordar för förväntat fosforläckage, eftersom kontakten mellan vatten och jordpartiklar är för kort för absorbering av näringsämnen.



Illustration: Markegenskaper hos jordar vilket påverkar näringsläckaget.

## 5.2 Mockningsrutiner och utfodring i rasthagar

Gemensamt för Airaksinen et al. (2007), Pavarage et al. (2011), Kumblad et al. (2023), Pavarage et al. (2015), Aronsson et al. (2022) var att rasthagar bidrar till ett högre näringsläckage framför allt av fosfor, kalium och kväve.

Ett flertal studier hade gemensamt en hög koncentration av lättlöslig fosfor (P-AL) i topplagret i markerna orsakat av hästhållning (Pavarage et al. 2011; Pavarage et al. 2015; Airaksinen et al. 2007; Närvänen 2008; Kumblad et al. 2023). Airaksinen et al. (2007), Pavarage et al. (2015), Närvänen et al. (2008) och Kumblad et al. (2023) uppmätte de högsta koncentrationerna av lättlöslig fosfor i områden där hästar gödslade, utfodrades, vid ingång till rasthage och vid ingång till ligghall. Det innebär att grovfoder och hästars träck kan bidra till ett högre innehåll av lättlöslig fosfor i markerna. Ögren et al. (2013) och Saastamoinen et al. (2020) konstaterade att hästars träck innehåller över 80% lättlöslig fosfor och därför kan en koppling mellan områden där hästar gödslar och hög andel lättlöslig fosfor vara trovärdig.

Aronsson et al. (2022) undersökte näringsförluster över tid i hästgödsel och hur ofta rasthagar bör mockas för att minimera näringsförlusterna. Resultatet vid studiens

slut var att gödseln innehöll 77% kväve, 31% fosfor och 12 % kalium av gödsels initiala värden. Kalium och fosfor minskade markant under den första perioden av studien och påverkades av nederbörd samt snösmältning. Det som kan ifrågasättas i denna studie är att 400 gram gödsel placerades i cylindrar utomhus i marker som efterliknade rasthagar. En rasthage med hästar är ofta upptrampad under vintertid och det påverkar troligen näringsförluster från träcken vilket inte skedde med träcken i cylindrarna. Gödseln blandades även upp innan den placerades i cylindern, vilket påverkar dess struktur och förmodligen gör den känsligare för väderförhållanden. Pavarage et al. (2015) undersökte det potentiella näringsläckaget i topplagret från två rasthagar, en rasthage med lerjord och en rasthage med lerig sandjord. Resultatet visade att näringsläckaget var högre från rasthagen med lerig sandjord och de högsta lakvattenkoncentrationerna fanns i områden där hästar utfodrades eller gödslade. Det som kan ifrågasättas i denna studie är antalet hästar per hektar där rasthagen med lerig sandjord hade två gånger fler hästar per hektar (12,7 hästar) jämfört med rasthagen med lerjord (5,9 hästar). Dessutom varierade näringsinnehållet i topplagret (0-20 cm) relativt mycket mellan rasthagarna och referensområdena (en äng och en träda). Det kan innebära stora skillnader i markstrukturen och näringsmättnaden, vilka kan påverka resultatet i studien. Studien undersökte näringsläckage från topplagret (0-20 cm) vilket inte representerar hela markprofilen och där det visat sig i andra studier att alven har en betydelse för näringsläckaget i jordar.

Airaksinen et al. (2007) undersökte föroreningar i ytvattenavrinningen från två rasthagar. Rasthage A mockades och rasthage B mockades inte. Rasthagarna hade en hästtätthet på 37,5 hästar per hektar. Resultatet visade att kväve och fosforinnehållet i marken var högre i områden där hästar utfodrades i båda rasthagarna. Från rasthage B (mockades inte) innehöll samtliga prover högre mängd näringsämnen jämfört med rasthage A (mockades). Fosfor och fosfat innehållet i marken i rasthage B hade ökat med 10-50 gånger under sju månader jämfört med första provet. Ammonium och kalium innehållet var upp till nio gånger högre i rasthage B jämfört med rasthage A vid samma tidpunkt. Koncentrationen av total fosfor i ytvattnet var 40 gånger högre och innehållet av lösligt fosfat 125 gånger högre i uppsamlingsbrunnen (brunn vid utfodringsområdet) i rasthage B jämfört med åkerdiken. Näringsinnehållet från uppsamlingsbrunnen i rasthage B (vid utfodringsområdet) innehöll högre mängd näringsämnen vid alla provtillfällen jämfört med de andra två brunnarna i rasthage B och rasthage A. Airaksinen et al. (2007) konstaterade att kontinuerlig mockning av hagar och särskilt kring utfodringsområden kan minska näringsförluster från hästverksamheter till vattendrag. Studien kan ifrågasättas gällande hästdensiteten i hagarna på 37,5 hästar per hektar (800 m<sup>2</sup> fördelat på tre hästar). Rasthagar med hög hästdensitet resulterar troligen i en högre koncentration av fosfor i markprofilen samt ett upptrampat

växttäck, vilket kan bidra till ett högre läckage av näringsämnen. Ett upptrampat växttäck försvårar även bortförsel av gödsel och foderrester.

Saastamoinen et al. (2020) och Ögren et al. (2013) undersökte hur foderdieters sammansättning kan påverka näringsförluster i hästarnas träck. Studierna undersökte hur fosforintaget påverkade fosforutsöndringen i träck och urin hos hästarna. Resultatet från studierna var att vid hög fosforgiva utsöndrades mer fosfor i hästarnas träck. Saastamoinen et al. (2020) studie fann att utsöndringen av fosfor var minst när hästarna utfodrades på en diet med endast hö och störst när hästarna utfodrades med en diet med hö kombinerat med helhavre. Utsöndringen av fosfor i träcken ökade med ökad kraftfodergiva (Saastamoinen et al. 2020).

Studien av Saastamoinen et al. (2020) kan ifrågasättas gällande utsöndringen av fosfor i hästarnas träck. I dieten med lägst innehåll av fosfor (endast hö) utsöndrades 20 gram fosfor i hästarnas träck. Det är en relativt stor mängd utifrån de uppskattade förlusterna i träck och urin där en vuxen häst med underhållsbehov beräknas utsöndra 1 gram fosfor per 100 kg kroppsvikt och dag (Institutionen för husdjurens utfodring och vård 2013). Hästarna i studien utförde inget arbete utöver att vistas i hage och kan antas endast behöva en diet utformad efter underhållsbehovet för en vuxen häst. I dieten med endast hö utfodrades hästarna med cirka 9 kg hö vilket innehöll 20,6 gram fosfor. Hästarna tog endast upp 0,6 gram av fosformängden och resterande mängd fosfor utsöndrades i träcken. En vuxen häst på 550 kg med ett underhållsbehov bör utfodras med 15,5 gram fosfor (Institutionen för husdjurens utfodring och vård 2013) vilket dieten med endast hö överstiger.

I Ögren et al. (2013) studie undersöktes växande travhästar i arbete. Hästarna var mellan 17–23 månader gamla och tränades fyra gånger i veckan. Hästarna i studien hade fri tillgång på grovfoder kompletterat med 250 gram alfalfa (lusern). Utöver grovfoder och lusern utfodrades hästarna med mineralfoder eller selen beroende på vilken diet de åt (hög andel fosfor eller låg andel fosfor). Det kan antas att hästarna i studien av Ögren et al. (2013) har ett högre intag av fosfor jämfört med studien av Saastamoinen et al. (2020) på grund av den fria tillgången till grovfoder. En växande häst i arbete med en vikt av 450 kg bör utfodras med 24 gram fosfor (Institutionen för husdjurens utfodring och vård 2013). Baserat på utfodringsrekommendationerna bör hästarna i studien av Ögren et al. (2013) äta cirka 16 kg grovfoder för att täcka behovet av fosfor vilket kan vara rimligt med tanke på den fria tillgången till grovfoder. Dieten med låg fosforgiva hade hästarna ett intag av fosfor på 17,5 gram där hästarna endast tog upp 0,3 gram av fosformängden. Resterande mängd fosfor utsöndrades i hästarnas träck och urin. Det överensstämmer med Saastamoinen et al. (2020) resultat, vilket indikerar-att

hästar som utfodras med en grovfoderbaserad diet utan mineralfoder utsöndrar ändå stora mängder fosfor i träcken.

Upptaget av fosfor var högre i dieter med en hög fosforgiva (Ögren et al. 2013; Saastamoinen et al. 2020), vilket kan tyda på att tillskottsfoder som mineraler eller kraftfoder kan innehålla fosfor vilket är mer lösligt i hästars mag- och tarmsystem.

För att summera faktorer som kan påverka näringsläckaget av fosfor orsakat av hästhållning kan rasthagar ha ett betydande näringsläckage till vattendrag. Områden där hästar utfodras och gödslar i rasthagar har särskilt höga nivåer av löslig fosfor. Mockningsrutiner bör implementeras mer frekvent under blöta eller inför blöta förhållanden då träck innehåller en hög andel löslig fosfor och riskerar ett högre läckage vid nederbörd. En hög hästdensitet i rasthagar kan bidra till ett högre näringsläckage eftersom det troligen finns en högre koncentration av fosfor i markprofilen samt en förhöjd risk för ett upptrampat växttäck. Ett upptrampat växttäck försvarar även bortförsl av foderrester och gödsel. Hästars foderstater bör anpassas efter hästens näringsbehov för att minska risken för näringsförluster via träcken.

### 5.3 Hållbarhet

Rasthagar och hästverksamheter placerade i närheten av vattendrag eller vid kustområden kan öka risken för näringsläckage till vattenmiljön (Kumblad et al. 2023). Hanteringen av gödsel och etablerade mockningsrutiner kan bidra till ett minskat näringsläckage (Airaksinen et al. 2007). Genom att minska näringsläckage till vattenmiljön från hästverksamheter bidrar man till att bevara haven och deras ekosystem. Detta främjar ett hållbart nyttjande av havsresurser och skydd av marint liv. Det kan kopplas till det globala målet ”Hav och marina resurser” där målet är att bevara och nyttja haven på ett hållbart sätt för en hållbar utveckling (UNDP 2022c). Genom bättre mockningsrutiner, utfodringsrutiner och placeringen av hästverksamheter kan näringsförluster minskas till vattendrag och hjälpa till att bidra till att bevara haven och deras ekosystem.

Frekvent mockning innan och under blöta förhållanden kan minska risken för näringsläckage till vattendrag samt förluster till markprofilen (Aronsson et al. 2022). Utfodringsrutiner kan ha en påverkan på gödseln näringsinnehåll (Saastamoinen et al. 2020). En grovfoderbaserad diet med lågt tillskott av kraftfoder kan minska näringsinnehållet i gödseln och därigenom minska fosforförluster till miljön (Saastamoinen et al. 2020). Ett effektivt användande av näringsämnen från hästgödsel sparar naturresurser och minskar övergödningen vilket bidrar till en

lägre klimatpåverkan. Det globala målet ”Bekämpa klimatförändringarna” understryker begränsning av klimatförändringar genom medvetenhet och utbildning vilket behöver belysas inom hästnäringen (UNDP 2022a). Det kan vara en del i klimatanpassningen att förbättra användandet av viktiga näringsämnen i hästgödseln och ett steg mot en lägre klimatpåverkan.

Samhället växer och kräver större volymer med mat och genom att ta vara på viktiga näringsämnen från hästgödsel kan även matresurser säkras samt en större möjlighet till självförsörjning. Hästverksamheter placeras allt närmare städer och bidrar till arbetstillfällen, fysisk aktivitet samt bidrar till öppna landskap genom betande på gräsytor. Det bidrar till en bättre folkhälsa och ett rikare djurliv med en större biologisk mångfald. Under det globala målet ”Ekosystem och biologisk mångfald” ska betydande åtgärder tas för att minska förstörelsen av naturliga livsmiljöer och bromsa förlusten av biologisk mångfald (UNDP 2022b). Hållbara ekosystem och biologisk mångfald är grunden för vårt liv på jorden. En avgörande utmaning för vår överlevnad är att tillgodose mänsklighetens behov av livsmedel och vatten utan att skada den biologiska mångfalden och samtidigt säkerställa ett hållbart nyttjande av ekosystemtjänster (UNDP 2022b).

## 5.4 Studiens styrkor och svagheter

Litteraturstudien har besvarat två frågeställningar vilket ställt krav på ett brett underlag av artiklar. Bredden på studierna ger ett helhetsperspektiv gällande problematiken av fosforläckage. En svårighet med studien var att kunna förklara olika typer av analysmetoder av fosfor och fosfors olika former i jorden på ett förståeligt sätt. Markegenskaper undersöks främst inom jordbruket vilket gör studierna ofta är riktade mot en målgrupp med förkunskap inom jordbruk eller markkemi. För att förtydliga och förenkla för läsaren skrevs ”Förklaringar och förkortningar” med enkla beskrivningar av ord som inte är allmänt känt. Avsnittet förklaringar och förkortningar hjälper läsaren att bättre förstå texten, vilket gör den mer tillgänglig även för personer utan kunskaper i ämnet. Det bidrar till att minska risken för missförstånd och säkerställer att alla läsare har en god grund för att tolka texten.

## 5.5 Framtida studier

För framtida forskning kan studier med fokus på analyser av markegenskaper i hästverksamheter bidra till att få en bild av näringsläckaget från rasthagar. Enkätstudier kan användas för att undersöka hästägares medvetenhet om fosforläckage och deras kunskap om förebyggande åtgärder. Man kan även undersöka praktiska åtgärder hur hästägare arbetar för att minska fosforläckaget

gällande utfodringsrutiner, mockningsrutiner och underhåll av rasthagar samt utvärdera effekten av dessa åtgärder. Utifrån forskningsresultat i framtida studier kan riktlinjer utformas för att hjälpa hästägare att implementera olika åtgärder för att minska fosforläckaget från hästverksamheter.

## 5.6 Slutsats

Markens egenskaper påverkar näringsläckaget till vattendrag. Mark med hög andel makroporer och låg sorptionsförmåga ökar risken för näringsläckage. Kemiska egenskaper kan påverka fosfors bindning och dess tillgänglighet för grödan, vilket ökar risken för fosforläckage. I hästhållningen påverkar utfodrings- och mockningsrutiner fosforläckaget. Frekvent mockning av rasthagar, särskilt runt utfodringsområden och under blöta förhållanden, kan minska läckaget. Rasthagar med hög belastning bör mockas mer frekvent. Utfodringsområden och områden där hästar gödslas kan ha högre halter löslig fosfor, vilket ökar risken för näringsläckage.



# Referenser

## Litteratur

- Airaksinen, S., Heiskanen, M.-L. & Heinonen-Tanski, H. (2007). Contamination of surface run-off water and soil in two horse paddocks. *Bioresource technology*. 98 (9), 1762–1766. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.07.032>
- Andersson, H., Bergström, L., Djodjic, F., Ulén, B. & Kirchmann, H. (2013). Topsoil and Subsoil Properties Influence Phosphorus Leaching from Four Agricultural Soils. *Journal of environmental quality*. 42 (2), 455–463. <https://doi.org/10.2134/jeq2012.0224>
- Aronsson, H., Nyström, S., Malmer, E., Kumblad, L. & Winqvist, C. (2022). Losses of phosphorus, potassium and nitrogen from horse manure left on the ground. *Acta agriculturae Scandinavica, Section B - Soil and plant science*. 72 (1), 893–901. <https://doi.org/10.1080/09064710.2022.2121749>
- Börling, K., Otabbong, E. & Barberis, E. (2004). Soil variables for predicting potential phosphorus release in Swedish noncalcareous soils. *Journal of environmental quality*. 33 (1), 99–106. <https://doi.org/10.2134/jeq2004.9900>
- Djodjic, F., Börling, K. & Bergstrom, L. (2004). Phosphorus leaching in relation to soil type and soil phosphorus content. *Journal of environmental quality*. 33 (2), 678–684. <https://doi.org/10.2134/jeq2004.0678>
- Hammar, O., Eriksson, J., Falk, S. & Hagman, R. (1977). *Växtodlingslära Del 1 - Marken*. 11 uppl, LTs förlag.
- HELCOM (2021). “*HELCOM Baltic Sea Action Plan – 2021 update*. Helsinki Commission – HELCOM. <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2021/10/Baltic-Sea-Action-Plan-2021-update.pdf>
- Howell, A.T. (2005) Lysimetry. I: Hillel, D (Editor). *Encyclopedia of Soils in the Environment*. Elsevier Ltd. 379-386. <https://doi.org/10.1016/B0-12-348530-4/00391-X>
- Hästnäringens Nationella Stiftelse (2018). *Hästnäringens samhällsnytta*. [Faktablad]. Hästnäringens Nationella Stiftelse. <https://hastnaringen.se/app/uploads/2017/03/hastnaringens-samhallsnytta-180306.pdf> [2024-02-10]
- Institutionen för husdjurens utfodring och vård (2013). *Utfodringsrekommendationer för häst*. (289). Swedish University of Agricultural Sciences. [https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/huv/publikationer/utfodringsrekommendationer-for-hast\\_2013\\_rapport\\_289.pdf](https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/huv/publikationer/utfodringsrekommendationer-for-hast_2013_rapport_289.pdf)

- James, J. & Harrison, R. (2013). Dissolved organic carbon. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*. 421–430. Elsevier Inc.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822974-3.00167-1>
- Jarvis, N.J. (2007). Review of non-equilibrium water flow and solute transport in soil macropores: principles, controlling factors and consequences for water quality. *European journal of soil science*. 58 (3), 523–546.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2007.00915.>
- Jordbruksverket (2013). *Hästgödsel – En naturlig resurs*. JO 24 SM 1701. Statens Jordbruksverk.  
[https://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf\\_jo/jo13\\_5.pdf](https://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_jo/jo13_5.pdf)  
 [2024-02-11]
- Jordbruksverket (2017). *Hästar och anläggningar med häst 2016*. [Broschyr]. Statens Jordbruksverk.  
<https://www2.jordbruksverket.se/download/18.14620900159f889cd0852adc/1486046551152/JO24SM1701.pdf> [2024-02-11]
- Kumblad, L., Petersson, M., Aronsson, H., Dinnézt, P., Norberg, L., Winqvist, C., Rydin, E. & Hammer, M. (2023). Managing multi-functional peri-urban landscapes: Impacts of horse-keeping on water quality. *Ambio*. 53 (3), 452–469.  
<https://doi.org/10.1007/s13280-023-01955-9>
- LAWA (2023). *What is Phosphorus?*. [Faktablad]. LAWA.  
<https://www.lawa.org.nz/learn/factsheets/phosphorus> [2024-05-07]
- Lewis, J. & Sjöström, J. (2010). Optimizing the experimental design of soil columns in saturated and unsaturated transport experiments. *Journal of contaminant hydrology*. 115 (1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2010.04.001>
- McKie, D. (U.å.). OLSEN P: The Best Test for Soil phosphorus?. *Soiltech*.  
<file:///C:/Users/Fanny/Downloads/article13.pdf> [2024-05-07]
- Närvänen, A., Jansson, H., Uusi-Kämpä, J., Jansson, H. & Perälä, P. (2008). Phosphorus load from equine critical source areas and its reduction using ferric sulphate. *Boreal environment research*. 13 (3), 265–274.  
<https://www.borenv.net/BER/archive/pdfs/ber13/ber13-265.pdf>
- 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 (3), 367–375. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2011.00351>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.09.019>
- Saastamoinen, M., Särkijärvi, S. & Valtonen, E. (2020). The effect of diet composition on the digestibility and fecal excretion of phosphorus in horses: A potential risk of p leaching? *Animals (Basel)*. 10 (1), 140-. <https://doi.org/10.3390/ani10010140>
- Weidow, B. (2018). *Växtodlingens grunder*. Balto Print.
- Ögren, G., Holtenius, K. & Jansson, A. (2013). Phosphorus balance and fecal losses in growing Standardbred horses in training fed forage-only diets1. *Journal of animal science*. 91 (6), 2749–2755. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-6048>

## Internetsidor

- BalticWaters (2024). *Hästhållningens påverkan på övergödningen*.  
<https://balticwaters.org/project/hasthallningens-paverkan-pa-overgodning/>  
[2024-02-10]
- Jordbruksverket (2022). *Övergödning och läckage av växtnäring*.  
<https://jordbruksverket.se/jordbruket-miljon-och-klimatet/overgodning-och-lackage-av-vaxtnaring> [2024-02-10]
- Jordbruksverket (2023a). *Sprida gödsel*.  
<https://jordbruksverket.se/vaxter/odling/vaxtnaring/sprida-godsel#h-Dufarspridamax22kgfosforperhektar> [2024-04-19]
- Jordbruksverket (2023b). *Beräkna spridningsareal och lagringsbehov*.  
<https://jordbruksverket.se/vaxter/odling/vaxtnaring/berakna-spridningsareal-och-lagringsbehov> [2024-04-19]
- Nationalencyklopedin AB (2023). *Fosfor*.  
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/fosfor>. [2024-02-08]
- Stockholms Universitet (2024a). *Hästgårdar kan orsaka övergödning*.  
<https://www.su.se/stockholms-universitets-ostersjocentrum/nyheter/h%C3%A4stg%C3%A5rdar-kan-orsaka-%C3%B6verg%C3%B6dning-1.704571> [2024-02-06]
- Stockholms Universitet (2024b). *Inkludera näringsläckaget från hästgårdar i övergödningsarbetet* <https://www.su.se/stockholms-universitets-ostersjocentrum/policyverksamhet/policy-briefs-och-faktablad/inkludera-n%C3%A4ringsl%C3%A4ckaget-fr%C3%A5n-h%C3%A4stg%C3%A5rdar-i-%C3%B6verg%C3%B6dningsarbetet-1.722133> [2024-04-22]
- UNDP (2022a). *Bekämpa Klimatförändringarna*. <https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/mal-13-bekampa-klimatforandringarna/> [2024-05-18]
- UNDP (2022b). *Ekosystem och biologisk mångfald*. <https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/mal-15-ekosystem-och-biologisk-mangfald/> [2024-05-18]
- UNDP (2022c). *Hav och marina resurser*. <https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/mal-14-hav-och-marina-resurser/> [2024-05-18]

## Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.