



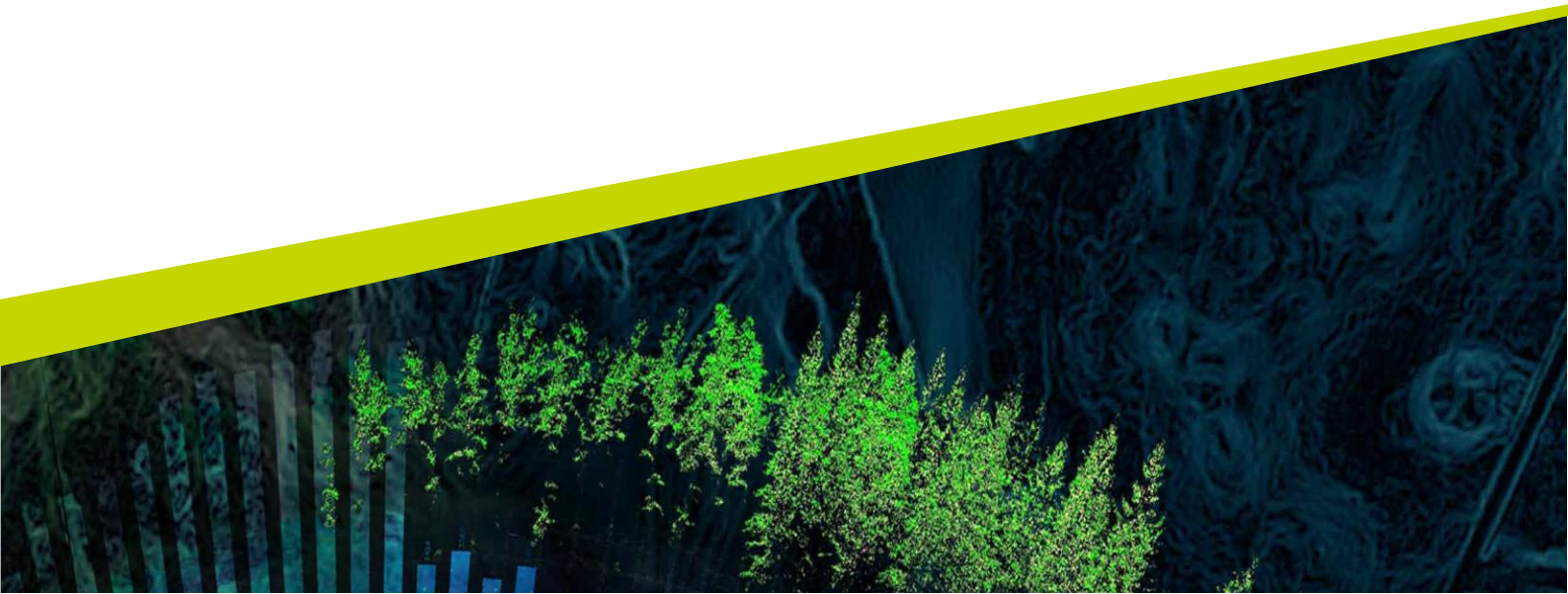
# Platsens betydelse för växtnäringsläckage från jordbruksmark i Sverige

The significance of spatial variation for nutrient  
leaching in Swedish agriculture

---

Frida Lundell

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Institutionen för mark och miljö  
Program: Mark, vatten och miljö - masterprogram  
Uppsala 2023





Institutionen för mark och miljö

## Platsens betydelse för växtnäringsläckage från jordbruksmark i Sverige

Frida Lundell

**Handledare:** Lisbet Norberg, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för mark och miljö

**Examinator:** Helena Aronsson, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för mark och miljö.

**Omfattning:** 15 hp  
**Nivå och fördjupning:** G2E  
**Kurstitel:** Självständigt arbete i miljövetenskap  
**Kurskod:** EX0896  
**Program/utbildning:** Mark, vatten och miljö - masterprogram  
**Kursansvarig inst.:** Institutionen för mark och miljö, SLU  
**Utgivningsort:** Uppsala  
**Utgivningsår:** 2023  
**Upphovsrätt:** Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd  
**Delnummer i serien:** 2023:09

**Nyckelord:** kväve- och fosforutlakning, rumslig variation, långtidsövervakning.

**Sveriges lantbruksuniversitet**  
NJ-fakulteten



## Sammanfattning

Växtnäringsläckage av kväve (N) och fosfor (P) från jordbruksmark tillför näringsämnen till hav och vattendrag. Det är viktigt att minska transporten av N och P av flera anledningar, då det bland annat är en stor bidragande faktor till övergödning. Fyra fält i nord-sydlig gradient från SLU:s *Observationsfält på åkermark*, som samlat in data sedan 1970-talet har undersökts i denna litteraturstudie och dataanalys. De fyra fälten representerar olika jordarter, växtodling och säsongsvariation. Programmet undersöker växtnäringsläckage, avrinning och odlingsåtgärder. Dräneringsvattenprover har insamlats varannan vecka med flödesproportionell provtagning, före installation av flödesproportionell provtagning togs manuella vattenprover. Analys gjordes av totalkväve (TN) och totalfosfor (TP). Fältet med störst transport och högst koncentration i dräneringsvattnet av TN karaktäriserades av mildare vintrar då fältet är beläget i södra Sverige, stor kornstorlek hos jordarten, stor nederbördsmängd och stor avrinning samt spannmål- och potatisodling. Fältet med störst transport och högst koncentration av TP karaktäriserades av erosionskänslig jordart med stor andel ler. Odlingen bestod av spannmålsproduktion. Störst utlakning av TP sker under höga flöden vid snösmältning.

*Nyckelord:* kväve- och fosforutlakning, rumslig variation, långtidsövervakning.

## Abstract

Nutrient leaching of nitrogen (N) and phosphorus (P) from agricultural land supply nutrients to marine and freshwaters. It is important to reduce leaching of N and P for several reasons. For instance, nutrient enrichment affects the Baltic Sea through eutrophication. Four arable fields located in a north south gradient in Sweden have been studied, to examine what factors affect the nutrient leaching from agricultural land. The data used for this study is taken from Swedish long-term environmental monitoring of agricultural land. Water samples has been taken with manual samples (grab sampling) and flow-proportional sampling. The analysis was performed with regards to total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP). The characteristics of the field with the largest losses of TN is mild winter climate, large precipitation, large runoff, and sandy soils. The cropping system consists of annual crops such as potato. The characteristics of the field with the largest losses of TP is clay soils, which are susceptible to erosion processes. The cropping system consists of cereal crops. The largest transport of TP occurred under high flows during snow melting in the early spring.

*Keywords:* nutrient discharge, nitrogen and phosphorus loss from agricultural land, long-term monitoring



# Innehållsförteckning

<b>Inledning</b> .....	<b>7</b>
1.1 Bakgrund .....	7
1.1.1 Kväve .....	8
1.1.2 Fosfor .....	10
1.2 Syfte / frågeställning .....	11
1.3 Hypoteser .....	11
<b>2. Material och metod</b> .....	<b>12</b>
2.1 Observationsfält.....	12
2.2 Provtagning .....	14
2.3 Statistisk analys.....	15
2.4 Litteraturstudie .....	15
<b>3. Resultat</b> .....	<b>16</b>
3.1 Årsvärden för totalkväve i dräneringsvattnet .....	16
3.2 Årsvärden för totalfosfor i dräneringsvattnet .....	16
3.3 Långtidsmätserier för totalkväve i fältens växtföljder .....	18
3.4 Långtidsmätserier för totalfosfor i fältens växtföljder .....	18
3.5 Statistisk analys av grödans påverkan .....	21
3.6 Månadsvärden för totalkväve och totalfosfor i dräneringsvattnet.....	22
3.6.1 Fält 14AC- lerig mo i Västerbotten .....	22
3.6.2 Fält 20E- styv lera i Östergötland .....	22
3.6.3 Fält 12N lerig sand I Halland .....	23
3.6.4 Fält 2M- moig moränlättilera I Skåne .....	23
3.7 Nederbördens påverkan på transporten av totalkväve .....	28
3.8 Nederbördens påverkan på transporten av totalfosfor .....	29
<b>4. Diskussion</b> .....	<b>30</b>
4.1 Fältets lokalisering i Sverige i nord-sydlig riktning .....	30
4.2 Fältets jordart.....	31
4.3 Växtföljden och vilken gröda som odlas på fältet ett enskilt år .....	32
4.4 Tid på året .....	33
4.5 Årsnederbördens storlek .....	34
<b>5. Slutsats</b> .....	<b>36</b>
<b>6. Referenser</b> .....	<b>37</b>

# Förkortningar

N	Kväve
P	Fosfor
PP	Partikulär fosfor
PO <sub>4</sub> -P	Fosfatfosfor (löst reaktivt fosfor)
SS	suspenderat material
TN	Totalkväve
TP	Totalfosfor





# Inledning

## 1.1 Bakgrund

Växtnäringsläckage av kväve (N) och fosfor (P) från jordbruksmark är ett viktigt område att studera på grund av dess miljöpåverkan. Enligt (Jordbruksverket 2023) kom 39% av kväve och 45% av P som mynnar ut i haven från jordbruksmark i Sverige. Flera faktorer påverkar växtnäringsläckage från jordbruksmark bl.a. vilka jordarter som finns i marken, klimat (nederbörd och lufttemperatur), hydrogeologiska förutsättningar (vattnets transport i marken och på markytan) och jordbrukets driftsinriktning (Ulén et al. 2007). Till följd av förhöjda halter av näringsämnen som N och P orsakas näringsberikning, vilket leder till övergödning (eutrofiering). Detta är ett problematiskt område där särskilt Östersjön är hårt drabbat. Marina ekosystem i hav och sjöar kan skadas och få negativa konsekvenser av eutrofiering. Orsak till detta är att vid förhöjda halter av näringsämnen i vatten ökar tillväxten av fytoplankton (Andersen et al. 2019). Den ökade tillväxten av fytoplankton kan leda till syrefria miljöer som resulterar i döda bottenar. Det skapar dåliga livsmiljöer för fiskar och bottenlevande organismer där deras habitat förstörs (Conley et al. 2011). Intag av fytoplankton av människor och djur kan leda till försämrad hälsa och direkt skadligt för vissa djur (Klimatanpassning 2019). För att minska övergödningen och förbättra vattenkvaliteten jobbar Sverige med flera åtaganden. Sverige har 16 miljökvalitetsmål som är kopplade till de åtaganden som finns från de globala hållbarhetsmålen Agenda 2030. *Ingen övergödning* är ett av miljökvalitetsmålen där målet är att minska utsläppen av näringsämnen till nationella vattendrag, sjöar och hav (Sveriges miljömål 2023). Sverige är en av medlemsstaterna i Helsingfors konventionen (HELCOM 2021), de har som mål att minska antropogent läckage av näringsämnen och etablera en god ekologisk status i Östersjön. Utöver nationella mål finns även internationella mål som ska uppnås. Detta görs bland annat via EU:s vattendirektiv, som värnar om våra vattenresurser och dess kvalitet. EU har ett regelverk och mål som medlemsstaterna är tvungna att uppfylla (HELCOM 2021). För att uppfylla alla mål och krav som ställs på den nationella vattenkvaliteten arbetar Sverige med miljöövervakning (Fölster et al. 2014).

I denna analys och litteraturstudie har data använts från den nationella miljöövervakningen av jordbruksmark. Inom programmet undersöks växtnäringsutlakning, avrinning och odlingsåtgärder under det agrohydrologiska året juli-juni. Miljöövervakning av *Observationsfält på åkermark* utförs av Sveriges lantbruksuniversitet på uppdrag av Naturvårdsverket (Norberg et al. 2022a).

### 1.1.1 Kväve

Vanligaste formen av N som förekommer i dräneringsvatten från jordbruksmark är nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) (Fowler et al. 2013). Till följd av att N i form av  $\text{NO}_3^-$  är en anjon som binds i låg omfattning till markpartiklar förekommer vanligen  $\text{NO}_3^-$  som löst form i markvätskan (Eriksson et al. 2019).

#### *Jordarter*

Det är svårt att konstatera vilka samband som påverkar transporten av kväve (N) från jordbruksmark. Det beror på att uppsamlingsområden har olika karaktärsdrag vad gäller markegenskaper, hydrologi och klimat. Hydrologiska vägar genom marken har stor inverkan på transport av N. Avrinning av N sker vanligen via yt-avrinning eller dräneringsvatten under markytan (Norberg et al. 2022a). Transport av N sker i högre grad från sandjordar än jordar som innehåller stor andel ler.

Jordarter som innehåller hög andel ler som mycket styv lera har observerats medföra lägre transport av N jämfört med andra jordarter (Hoffmann & Johnsson 1999). Det beror på hydrologiska egenskaper hos jordarter med hög andel ler, de har god vattenhållande förmåga (Eriksson et al. 2019). Dessa omständigheter gynnar denitrifikationsprocesser (Hoffmann & Johnsson 1999), vilket leder till att N i marken i form av  $\text{NO}_3^-$  omvandlas till kvävgas ( $\text{N}_2$ ) och kväveavgång sker från marken (Eriksson et al. 2019).

#### *Säsongsvariation*

I Sverige sker störst transporter av N från jordbruksmark under höst och vinterperioden (Øygarden et al. 2014). Exempel på faktorer som påverkar är:

- i) Utanför odlings säsongen saknas jordtäckning av vegetation och upptag av näringsämnen från växter minskar (Norberg et al. 2022b).
- ii) Vanligen ökar nederbördsmängden under höst och vinterperioden vilket medför större perkolationshastigheter och högre avrinningsmängd som medföljer ökad risk för transport av N (Øygarden et al. 2014).

Biologisk aktivitet i marken har betydelse för vilken mängd tillgängligt N som kan lakas ut ur marken (Kirchmann et al. 2002). Det beror på kväveminalisering av mikroorganismer som omvandlar organiskt N som tillförts marken till oorganiskt N. Processen bildar ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) som sedan omvandlas till  $\text{NO}_3^-$  av nitrifikationsbakterier (Eriksson et al. 2019). Kväveminalisering påverkas av temperatur. Vid högre temperaturer, till exempel på sommaren ökar kväveminaliseringen i marken. Vid lägre temperaturer minskar kväveminaliseringen i marken, till exempel under senhöst och vinter. Miller och Geisseler (2018) konstaterade hur viktigt det är att ha årsvariationer i åtanke när det gäller kväveminalisering på jordbruksmark, till följd av att kväveminaliseringen är

temperaturberoende. I nordligare delar av Sverige är höstperioden vanligen kortare mellan sommar- och vinterperioden till följd av att temperaturen är lägre och sjunker fortare i norra delarna än i södra delarna av Sverige. Det medför att mineraliseringen av N sker under en kortare period i norra delarna, vilket kan leda till mindre växtnäringsläckage från marken (Norberg et al. 2022b). Under vårsäsongen ökar lufttemperaturen vilket vanligen leder till snösmältning och vårflood i Sverige, till följd av detta kan avrinningen öka från marken. Stålnacke och Grimvall (1999) visar i sin studie positivt samband mellan avrinning från marken och transport av N. Det har även studier från Norge visat att större mängd avrinning medför större transport av N (Bechmann 2014).

### *Växtodling*

Växter påverkar växtnäringsläckage av N från marken. Det beror bland annat på stallgödsel och mineralgödsel som tillförs marken för att ge näring till växter. Vid gödselspridning på våren under växtodlingssäsongen har växande gröda potentialen att ta upp tillgängligt N direkt (Bechmann 2014). Detta medför att risken för utlakning av N ökar efter skörd när det saknas växande vegetation (Norberg et al. 2022b). Andelen organiskt N i marken ökar vid tillförsel av stallgödsel och mineralgödsel, till följd av detta ökar kvävemineraliseringen av mikroorganismer i marken. På grund av detta ökar risken för utlakning av N (Hoffmann & Johnsson 1999; Kirchmann et al 2002). Vilken typ av gröda som odlas på fältet och hur intensiv odlingen är kan påverka utlakningen av N. Marker med intensivt odlade grödor och stor andel ettåriga grödor har visats ge stora läckage av N. Potatis är vanligen en gröda som kopplas till intensiv odling och till sandjordar, vilket har visat sig medföra större utlakning av N från marken än andra grödor (Kyllmar et al. 2006). I växtrester efter skörd av potatis kan C/N kvoten i marken minska och medföra en ökad mineraliseringshastighet som kan leda till ökad utlakning av N (Hoffmann & Johnsson 1999). Det orsakas av att det finns mycket tillgängligt organiskt N i marken som kan mineraliseras (Eriksson et al 2019).

Grödor som har visats ha lägre utlakning av N från marken är fleråriga grödor som vall (Kyllmar et al. 2006). Detta kan vara till följs av flera faktorer som:

- i) Vall har en lång växtperiod vilket leder till att grödan kan ta upp N som mineraliseras under en längre period (Kyllmar et al. 2006).
- ii) Vall kan medföra större evapotranspiration till följd av större bladyta än hos andra grödor. Det medför att det finns mindre vatten som kan perkolera ned i marken. (Hoffmann & Johnsson 1999).

I en norsk studie ökade koncentrationen av N i vattnet på våren och hösten från spannmålsproduktion medan olika grödor av vall mätte lägst koncentrationer av N under tillväxtsäsongen på vår och tidig sommar (Bechmann 2014).

### 1.1.2 Fosfor

Tillgången på fosfor (P) är en viktig faktor att ta hänsyn till i sjöar och hav. Fosfor är vanligen den begränsande faktorn i sötvatten för biologisk tillväxt, vilket kan leda till övergödning i höga halter (Sveriges vattenmiljö u.å.). Vanligaste formerna av P som förekommer i jordbruksmarken är löst reaktiv fosfor ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) och partikulär fosfor (PP) (binder till jordpartiklar). Fosforutlakning är känslig för erosion av markpartiklar i marken. Detta beror på att PP binder i stor omfattning till markpartiklar, speciellt till lerpartiklar (Eriksson et al. 2019). Erosion har i tidigare studier visat sig vara en viktig källa vad gäller transport av P (Schoumans et al. 2014). Fosfor transporteras via dräneringssystemet, yt-avrinning och erosion från marken.

#### *Jordarter*

Stor andel av jordbruksmarken i Skandinavien består av silt- och lerjordar, som till följd av detta är känsligare jordarter för erosion än vad sandjordar är (Ulén et al. 2007). Jordarter där jordpartiklar har större kontaktyta med varandra har mer eller mindre aggregatstruktur i sig, detta innefattar lerjordar (Eriksson et al 2019). Tidigare studier har visat att lerjordar har ökad transport av P från marken än jordarter innehållande sand (Kyllmar et al. 2006). Det orsakas av att PP har hög bindningsförmåga (affinitet) till markpartiklar. Sandjordar är mindre känsliga för erosion jämfört med lerjordar. Detta medför att transporten av PP från sandjordar sker i lägre omfattning (Eriksson et al 2019).

#### *Säsongsvariation*

Markytan kan utsättas för hårt väder och vind, vilket kan medföra en erosionsrisk. På våren vid snösmältning kan vattenerosion ske på marken. Detta för med sig jordpartiklar och näringsämnen som P, vanligen till vattendrag, diken eller sjöar (Eriksson et al 2019). Snösmältning har visat på högre uppmätta koncentrationer av P som utlakats från jordbruksmark som domineras av jordarter med ler (Schoumans et al. 2014). När det är låga flöden under sommarperioden kan avloppsvatten från enskilda hushåll ha inverkan på koncentrationen av P som avrinner från jordbruksområden, vilket kan visa på högre koncentration av P i dräneringsvattnet än vad som kommer endast från fältet (Ulén et al. 2007). När marken utsätts för tjäle under vinterperioden medföljer det att markens egenskaper påverkas då risken för erosion ökar, vilket ökar potentialen för läckage av N och P (Cheng et al. 2021). Vattnets infiltreringsförmåga i marken avtar, påföljden av detta är att yt-avrinning sker i större utsträckning än avrinning via dräneringsvattnet (Norberg et al. 2022b).

Strukturen hos matjordar påverkas av säsongsvariationer. Under vintern kan frosten i marken förbättra och bygga upp aggregatstrukturen. Medan under sommaren bryts aggregatstrukturen ned och försämras på grund av plöjning och växande grödor (Eriksson et al 2019).

## Växtodling

Vallodling har visats ha stor andel växttillgänglig P som kan transporteras från marken (Ulén et al. 2005). Det kan orsakas av att marker med vallodling vanligen har mer växttillgängligt P i de översta centimetrarna av jordlagret än i djupare lager (Bechmann et al. 2005). Grönsaksodlingar och potatisodlingar har vanligen en stor spridning av P via gödsling, vilket gör att potatisodling kan relateras till stora transporter av P (Schoumans et al. 2014). Tidpunkten för spridning av gödsel på marken kan påverka transporten av P. Vid ett överskott av gödsel vid spridning nära inpå nederbörd kan risken för transport av P från marken öka (Ulén et al. 2005). Det orsakas av att P följer med markpartiklarna via avrinning när det blir högre flöden (Schoumans et al. 2014). Det saknas dock kunskap på området vilket gör att det finns stora osäkerheter vad gäller spridning av stallgödsel och mineralgödsel och dess påverkan på utlakning av P (Svanbäck et al. 2013). I tidigare studier har större andel ettåriga grödor i avrinningsområdet visat på större transport av P än fleråriga grödor (Kyllmar et al. 2006).

## 1.2 Syfte / frågeställning

Syftet är att denna litteraturstudie och dataanalys ska svara på följande:

- i) vilken omfattning påverkar jordbruksområdets placering i Sverige läckaget av växtnäringsämnen från området.
- ii) Vilka faktorer påverkar växtnäringsläckaget från jordbruksområden.

## 1.3 Hypoteser

Läckaget av växtnäring (N och P) påverkas av:

- 1) Fältets lokalisering i Sverige i nord-sydlig riktning
- 2) Fältets jordart
- 3) Växtföljden/vilken gröda som odlas på fältet
- 4) Tid på året
- 5) Årsnederbördens storlek

## 2. Material och metod

Data som används i denna analys och litteraturstudie är hämtat från rapportering av observationsfält på åkermark som ingår i den nationella miljöövervakningen av jordbruksmark. I denna studie har data analyserats från fyra av de tretton studerade fälten som ingår i miljöövervakningsprogrammet. För att undersöka om den geografiska placeringen av jordbruk i Sverige påverkar näringsläckaget från jordbruksmark. De fyra fälten utgörs av 14AC (Västerbottens län), 20E (Östergötlands län), 12N (Hallands län) och 2M (Skåne län). Observationerna på fälten har olika långa tidsserier varav den längsta har observerats sedan 1970-talet (Norberg et al. 2022a). Lantbrukarna lämnar in odlingsuppgifter varje år till Sveriges lantbruksuniversitet (SLU).

### 2.1 Observationsfält

Observationsfält 14AC är beläget i Västerbottens län (figur 1) och ingår i miljöövervakningsprogrammet av jordbruksmark sedan 1988. Området omfattas av 8,4 ha, driftsinriktningen är växtodling (Norberg et al. 2022a). Dominerande jordart i området är lerig mo (tabell 1). Fältet är indelat i 3 permanenta försöksrutor och 3 skiften. Odlingen på fältet består till stor del av korn och långliggande vallar. På de mindre försöksytorna på fältet odlas bland annat hampa och rörflen, gödsling på fältet sker med handelsgödsel. Uppsamling av ytvatten sker via tegdiken, där vattnet förs via ett öppet dike längs nedre kortsidan av fältet och till mätstationen via en ytvattenbrunn. Vid mätstationen mäts och provtas yt- och dräneringsvatten separat. Från agrohydrologiska året 1988/1989 till 2009/2010 togs proverna på yt- och dräneringsvatten via manuella prover var fjortonde dag. Från 2010/2011 mäts proverna via flödesproportionell provtagning (Andersson et al. 2010).

Observationsfält 20E är beläget i Östergötlands län (figur 1) och ingår i miljöövervakningsprogrammet av jordbruksmark sedan 1988. Området omfattas av 5,0 ha, driftsinriktning är nöt och svinproduktion. Gödslingen sker med handelsgödsel och stallgödsel. Dominerande jordarten är styv lera (tabell 1), odlingen på fältet domineras av spannmål. Från 1989 togs flödesmätning av dräneringsvatten varje dag och manuell provtagning av dräneringsvatten varannan vecka. Sedan 2007–2008 provtas flödesproportionella prover på platsen varannan vecka (Andersson et al 2010).

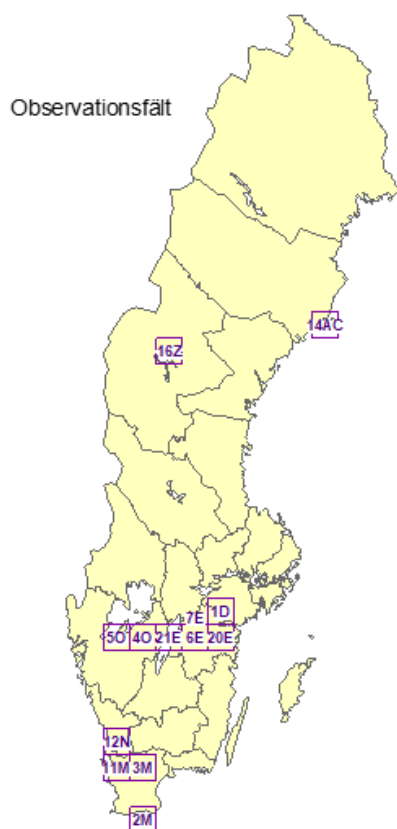
Observationsfält 12N är belägen i Hallands län (figur 1) och ingår i miljöövervakningsprogrammet av jordbruksmark sedan 1976. Området omfattas av 15 ha, fältet är systemtäckdikat och har grundvattenrör installerade. Driftsinriktningen är mjölkproduktion, dominerande jordarten är lerig sand (tabell 1). Odlingen domineras av spannmål och potatis, gödslingen sker med handelsgödsel och stallgödsel. Sedan 1976 har flödesmätning av dräneringsvatten utförts varje dag. Manuell provtagning av dräneringsvatten togs mellan 1976 och 1979 var 4:e vecka förutom provtagning av NO<sub>3</sub>-N som togs varannan vecka. Sedan 1980 togs manuella prov varannan vecka. Flödesproportionell provtagning har tagits på fältet sedan 2013 (Andersson et al. 2010).

Observationsfält 2M är belägen i Skåne län (figur 1). Fältet ingår i miljöövervakningsprogrammet av jordbruksmark sedan 1973, området omfattas av 33,8 ha. Fältet är systemtäckdikat, under hela perioden som området observerats har fältet brukats som ett skifte. Dominerande jordarten är moig moränlättilera (tabell 1). Odlingen domineras av vårsäd, höstvetete och sockerbetor. Gödsling sker med handelsgödsel. Flödesmätning av dräneringsvatten har utförts varje dag sedan 1973 och flödesproportionell provtagning sedan 2009 (Andersson et al. 2010).

Tabell 1. Fakta om fälten, placering i landet, storlek (ha), dominerande växtodling samt jordart på fältet. Antal år av manuell provtagning samt flödesproportionell provtagning

Fält	Län	Storlek fält (ha)	Växtodling	Jordart	Manuell provtagning	Flödesproportionell provtagning
14AC	Västerbotten	8,4	Korn, Vall	Lerig mo (5% ler)	1988–2010	2010-
20E	Östergötland	5	Spannmål	Styv lera (59% ler)	1988–2011	2008-
12N	Hallands	15	Spannmål, potatis	Lerig sand (11% ler)	1976–2014	2013-
2M	Skåne	33,8	Spannmål, sockerbetor	Moig moränlättilera (19% ler)	1973–2011	2009-





Figur 1. Bild över observationfältens placering i Sverige (Anderson et al. 2010).

## 2.2 Provtagning

Vattenflödet mäts via triangulärt mätöverfall (Thomson-överfall) där höjden från spetsen till vattenytan mäts (Norberg et al. 2022a), för att sedan uppskatta flödet via ett matematiskt samband (Sprinchorn et al. 1973). Den flödesproportionella provtagningen styrs av en Campbell datalogger som mäter höjden från vattenytan till spetsen genom att registrera vattenståndshöjden i Thomson-överfallet. Detta görs genom Arkimedes princip, via en displacementkropp som hänger i en lastcell. Belastningen på lastcellen ändras när vattennivån kring displacementkroppen ändras sig. Detta registreras och översätts till mm vattenstånd över v-spetsen på Thomson-överfallet (Norberg et al. 2022a). Aktuellt flöde från dräneringsvattnet beräknas via Campbell loggern i liter/sek 2 gånger per minut. Avrunnen vattenvolym ackumuleras 1 gång per sekund. Ett delprov på ca 20 ml suggs upp via en peristaltisk pump när en förinställd volym på 0,1 mm avrinning har passerat mätpunkten. Därefter startar nästa ackumuleringscykel. Delproven samlas upp i en 10 liters glasflaska och anses motsvara det avrunna vattnets halter under provsamlings-tiden. Varannan vecka omblandas vattnet i

provflaskan och provtas, sedan töms provflaskan. Denna typ av provtagning medför att den volym vatten som samlas in styrs av flödet. När flödet är lågt tas tidsstyrda prover 2 ggr per dygn i stället för att få tillräcklig vattenmängd som behövs för analysen. Före installationen av flödesproportionell provtagningsutrustning togs manuella prover i v-spetsen varannan vecka. Samtliga prover analyseras på de ackrediterade laboratorier vid institutionen för vatten och miljö vid SLU (Norberg et al. 2022a).

Transporten av N och P (dygnsvis) vid flödesproportionell provtagning beräknas genom att den analyserade koncentrationen av ett ämne multipliceras med alla dygnsavrinningar sedan föregående provtagningstillfälle. Vid manuell provtagning interpoleras dygnskoncentrationerna fram linjärt. Dygnstransporten summeras sedan upp till månads- och årstransport. Månads- och årskoncentrationen beräknas genom att dividera månads- respektive årstransporten med den summerade månads- respektive årsavrinningen. Årsvärden avser agrohydrologiskt år, 1 juli-30 juni. Den flödesproportionella provtagningen fångar upp koncentrationerna i dräneringsvattnet kontinuerligt medan den manuella provtagningen kan missa kortare episoder av höga eller låga koncentrationer som inträffar mellan provtagningstillfällena.

## 2.3 Statistisk analys

Statistisk analys av samband mellan nederbörd och transport av totalkväve (TN) och totalfosfor (TP) analyserades via linjär regressionsanalys.

Statistisk analys av grödans påverkan analyserades via t-test. Medelvärdet mellan två och flera grupper jämförs för att se om det finns statistisk skillnad mellan dem. Analysen utfördes med hjälp av handledaren Lisbet Norberg.

## 2.4 Litteraturstudie

Sökmotorerna Google Scholar, Web of Science och SLU primo användes för att finna vetenskaplig litteratur samt tryckt litteratur. Tillämpad litteratur som användes kom från Google där främst Jordbruksverket använts.

Sökord som huvudsakligen använts var: Växtnäringsläckage från jordbruksmark, kväve- och fosforutlakning från jordbruksmark, rumslig variation, långtidsövervakning.

## 3. Resultat

### 3.1 Årsvärden för totalkväve i dräneringsvattnet

Genomsnittlig årstransport av totalkväve (TN) för alla år vid manuell provtagning varierade mellan 4,9 och 44,7 kg ha<sup>-1</sup> för alla fält. Med störst transport av TN från fält 12N och minst transport från fält 14AC (Tabell 2). Genomsnittlig årsmedelkoncentration av TN i dräneringsvattnet för alla år vid manuell provtagning varierade mellan 4,7 och 13,4 mg l<sup>-1</sup> med högst genomsnittlig koncentration från fält 2M och lägst genomsnittlig koncentration från fält 14AC (Tabell 2).

Med flödesproportionell provtagning varierade den genomsnittliga transporten av totalkväve (TN) för alla år mellan 3,0 och 56,8 kg ha<sup>-1</sup> för alla fält (tabell 2). Där störst transport uppmättes vid fält 12N och minst transport av TN uppmättes vid fält 14AC (Tabell 2). Genomsnittlig årsmedelkoncentration i dräneringsvattnet av TN för alla år med flödesproportionell provtagning från fälten varierade mellan 3,3 och 17,1 mg l<sup>-1</sup> med högst genomsnittlig koncentration från fält 12N och lägst genomsnittlig koncentration från fält 14AC 3,3 mg l<sup>-1</sup> (tabell 2).

### 3.2 Årsvärden för totalfosfor i dräneringsvattnet

Genomsnittlig transport av totalfosfor (TP) för alla år vid manuell provtagning varierade mellan 0,04 och 0,26 kg ha<sup>-1</sup> för alla fält, med störst transport av TP från fält 20E och minst transport från fält 14AC (se tabell 2 och 3). Genomsnittlig årsmedelkoncentration av TP i dräneringsvattnet för alla år vid manuell provtagning varierade mellan 0,02 och 0,22 mg l<sup>-1</sup>, med högst genomsnittlig koncentration av TP från fält 20E, och lägst genomsnittlig årsmedelkoncentration från fält 12N, (se tabell 2 och 3).

Med flödesproportionell provtagning varierade den genomsnittliga transporten av totalfosfor (TP) för alla år mellan 0,043 och 0,22 kg ha<sup>-1</sup> för alla fält (tabell 2). Där störst transport uppmättes från fält 2M och minst transport av TP uppmättes från fält 14AC (se tabell 2 och 3). Genomsnittlig årsmedelkoncentration i dräneringsvattnet av TP för alla år med flödesproportionell provtagning från fälten varierade mellan 0,014 och 0,18 mg l<sup>-1</sup>, med högst genomsnittlig koncentration från fält 20E och lägst genomsnittlig koncentration från fält 12N (se tabell 2 och 3).

Tabell 2. Årsnederbörd och årsavrinning (mm), årstransport (kg ha<sup>-1</sup>) och årsmedelkoncentration (mg l<sup>-1</sup>) av totalkväve- och totalfosfor i dräneringsvattnet. Värden representerar manuell provtagning. Medelvärden beräknade på olika antal år

Manuell provtagning							
Fält	Antal år	Nederbörd	Avrinning	Tot-N (kg ha-1)	Tot-N (mg l-1)	Tot-P (kg ha-1)	Tot-P (mg l-1)
14AC (Västerbottens län)	23	653	114	4,9	4,7	0,04	0,04
20E (Östergötlands län)	23	568	119	7,6	6,9	0,26	0,22
12N (Hallands län)	38	805	418	44,7	10,8	0,09	0,02
2M (Skåne län)	38	705	239	30,6	13,4	0,15	0,06

Tabell 3. Årsmedelnederbörd och årsavrinning (mm), årstransporter (kg ha<sup>-1</sup>) och årsmedelkoncentration (mg l<sup>-1</sup>) av totalkväve- och totalfosfor i dräneringsvattnet. Värden representerar flödesproportionell provtagning. Medelvärden beräknade på olika antal år

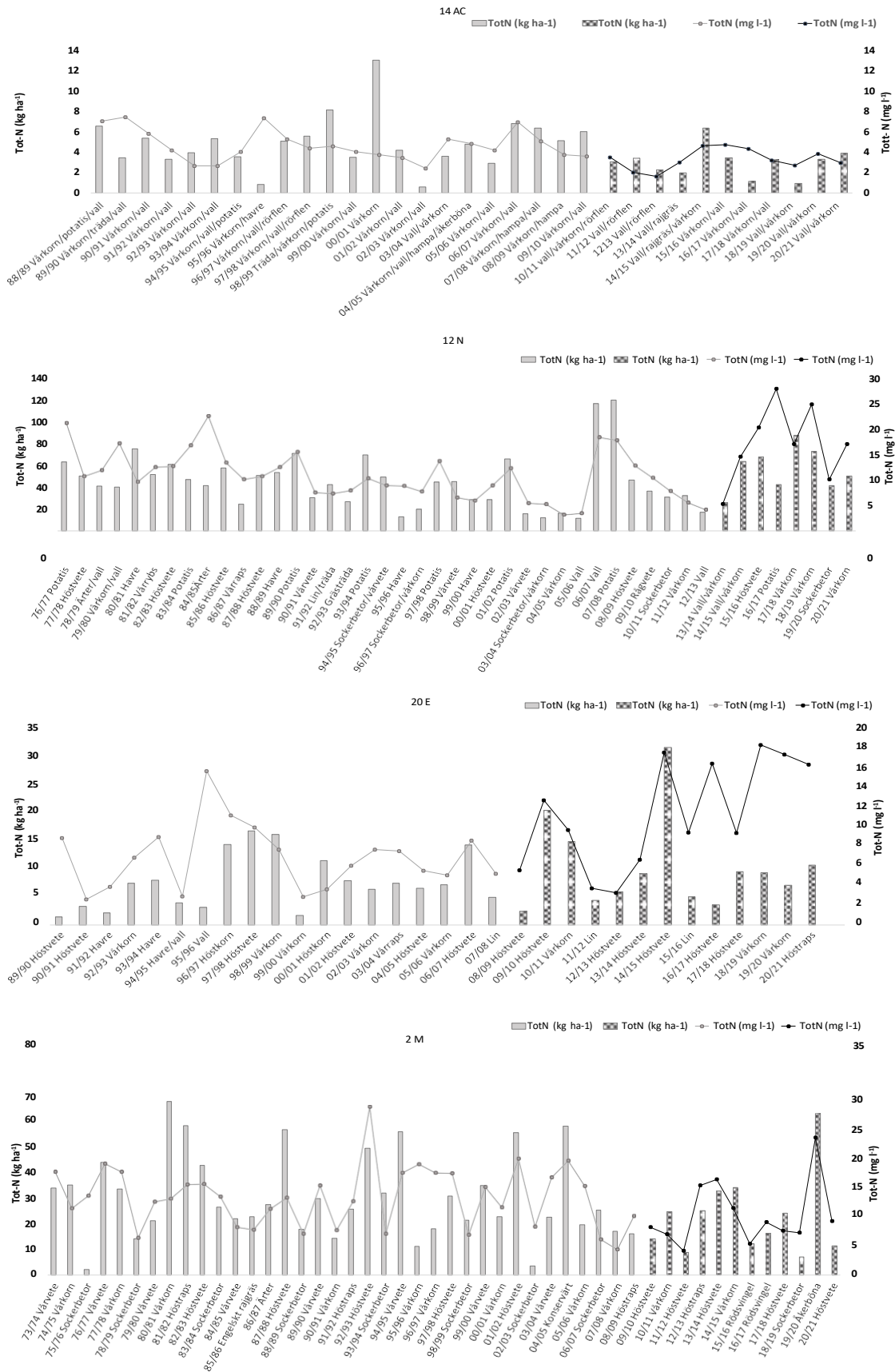
Flödesproportionell provtagning							
Fält	Antal år	Nederbörd	Avrinning	TotN (kg ha-1)	TotN (mg l-1)	Tot-P (kg ha-1)	TotP (mg l-1)
14AC (Västerbottens län)	11	632	96	3,0	3,3	0,04	0,04
20E (Östergötlands län)	14	550	101	10,3	11,2	0,20	0,18
12N (Hallands län)	9	699	367	56,8	17,2	0,06	0,01
2M (Skåne län)	13	668	220	23,0	10,4	0,22	0,09

### 3.3 Långtidsmätserier för totalkväve i fältens växtföljder

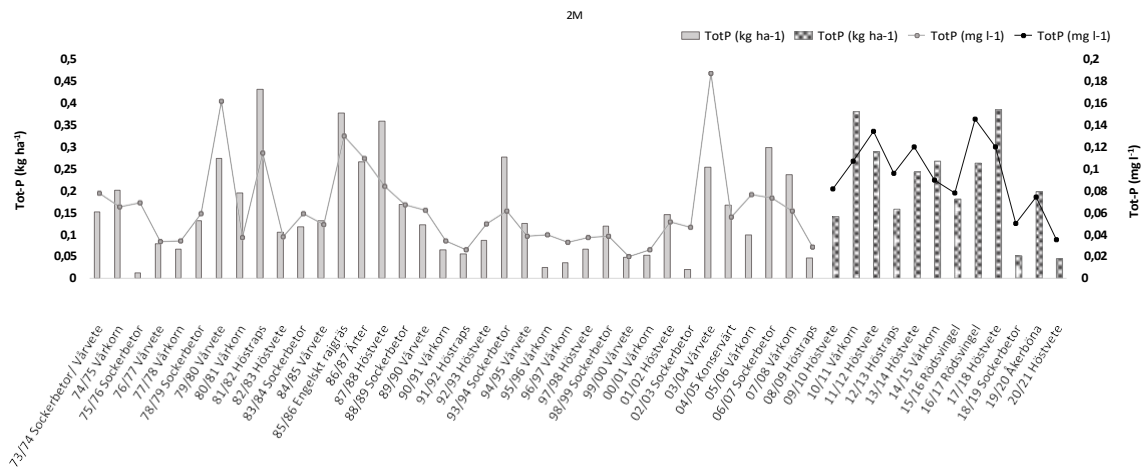
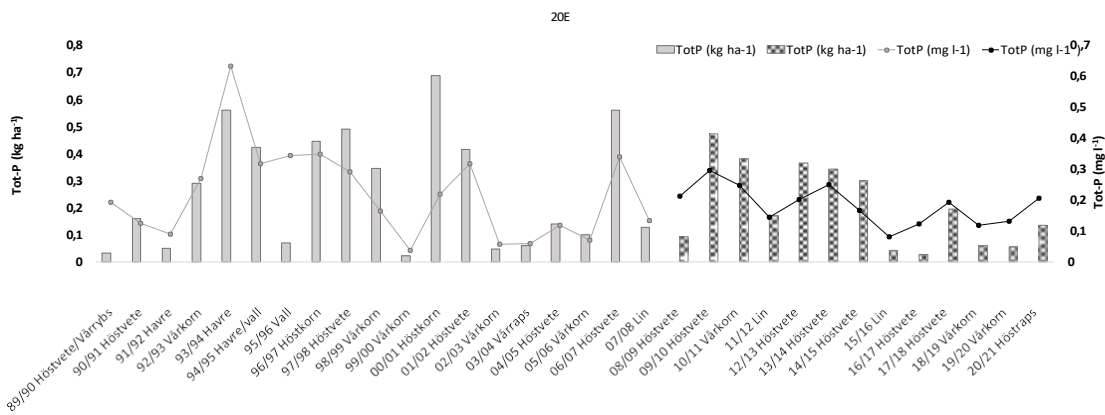
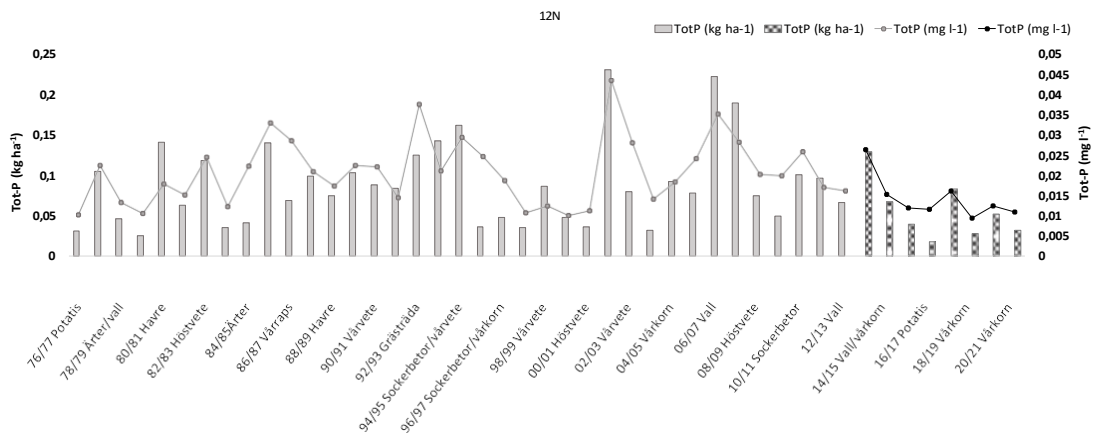
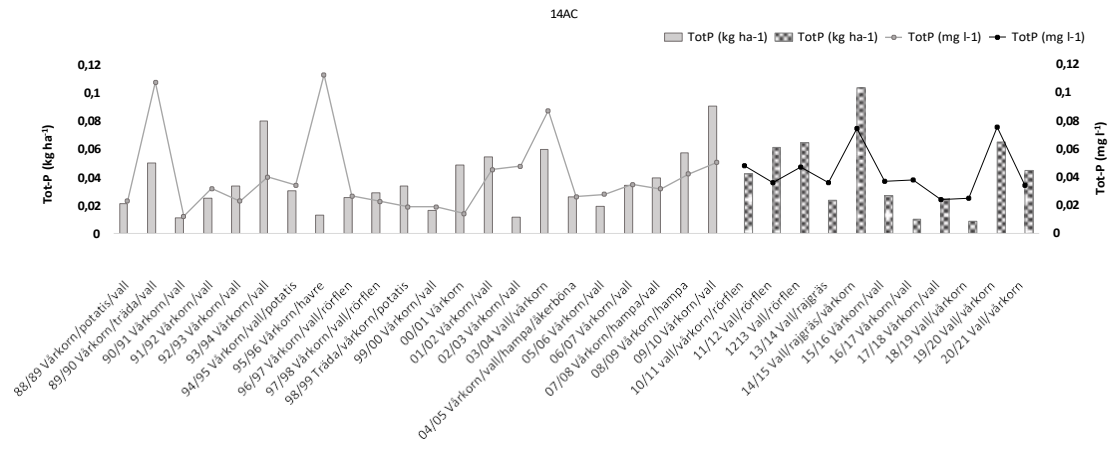
Årstransporten av totalkväve (TN) varierade mellan 0,59 och 120 kg ha<sup>-1</sup> för alla fält enligt manuell provtagning. Årstransporten av TN varierade mellan 0,9 och 88 kg ha<sup>-1</sup> enligt flödesproportionell provtagning (figur 2). Fält 14AC har minst genomsnittlig transport och fält 12N störst genomsnittlig transport av TN (figur 2). Årskoncentrationen av TN varierade mellan 2,4 och 22,66 mg l<sup>-1</sup> vid manuell provtagning (figur 2). Vid flödesproportionell provtagning varierade årsmedelkoncentrationen av TN mellan 1,6 och 27,11 mg l<sup>-1</sup> för alla år (figur 2). Fält 14AC uppmätte lägst årsmedelkoncentration och fält 12N hade högst årsmedelkoncentration. Växtföljden visade stor utlakning av TN vid odling av potatis och spannmål och låg utlakning av TN vid odling av vall (figur 2).

### 3.4 Långtidsmätserier för totalfosfor i fältens växtföljder

Årstransport av totalfosfor (TP) varierade mellan 0,01 och 0,69 kg ha<sup>-1</sup> för alla fält enligt manuell provtagning (figur 3). Enligt flödesproportionell provtagning varierade årstransporten av TP mellan 0,01 och 0,47 kg ha<sup>-1</sup> (figur 3). Fält 14AC har minst genomsnittlig transport av TP och fält 20E har störst genomsnittlig transport av TP. Årsmedelkoncentrationen av TP varierade mellan 0,01 och 0,63 mg l<sup>-1</sup> enligt manuell provtagning för alla år (figur 3). Enligt flödesproportionell provtagning varierade årsmedelkoncentrationen mellan 0,01 och 0,29 mg l<sup>-1</sup> (figur 3). Fält 12N hade minst årsmedelkoncentration och fält 20E högst årsmedelkoncentration av TP.



Figur 2. Årsmedeltransport (stapel) (kg ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>) och årsmedelkoncentration (linje) (mg l<sup>-1</sup>) av totalkväve samt odlad gröda för respektive agrohydrologiskt år (1 juli- 30 juni). Figuren representerar samtliga 4 fält. Grå staplar visar manuell provtagning och mönstrade staplar visar värden för flödesproportionell provtagning. Grå linje visar manuell provtagning och svart linje visar flödesproportionell provtagning. Observera de olika skalorna.



Figur 3. Årstransport (kg ha<sup>-1</sup>) och årsmedelkoncentration (mg l<sup>-1</sup>) av totalfosfor (linje), samt odlad gröda för

*respektive agrohydrologiskt år (1 juli-30 juni). Figuren representerar samtliga 4 fält. Gråa staplar visar manuell provtagning och mönstrade staplar visar värden för flödesproportionell provtagning. Grå linje visar manuell provtagning och svart linje visar flödesproportionell provtagning. Observera de olika skalorna.*



### 3.5 Statistisk analys av grödans påverkan

För fält 14AC visar ett t-test om det finns signifikant skillnad mellan transport och koncentration (N och P), beroende på vilken gröda som odlades. Korn visade sig ha högre koncentration av TN i dräneringsvattnet än vall. Liknande trender visades för transport av TN, där korn hade högre transport än vall. Ingen skillnad visades gällande koncentration av TP i dräneringsvattnet (Norberg et al. 2022b).

I ett T-test för fält 20E delades grödorna upp i höstgrödor (höstvetete, höstraps och höstkorn, n=17 år) och vårgrödor (vårkorn, havre, och lin, n=15 år). Mellan gruppernas visades inga statistiska skillnader för vare sig transport eller koncentrationer av N och P.

I T-testet för fält 12N delades grödorna upp i sockerbetor, vall, vall/delad, vårgröda, höstgröda och potatis. Transporten och koncentrationen av N var dubbelt så stor från potatis som från sockerbetor, t-testet visade att skillnaderna var signifikanta. Inga tydliga trender visades för P, förutom högre koncentrationer av P från vall än från vårgrödor (tabell 4).

I T-testet för fält 2M delades grödorna upp i höstgrödor (höstvetete, höstraps) och vårgrödor (vårkorn, vårvetete), sockerbetor, ärter/böna och gräsvall. Högst transport och koncentration av N var från ärter/böna. Lägst transport och koncentration var från sockerbetor och vall, medan vår- och höstgrödor hade transport och koncentration däremellan. Höstgrödorna visade på dubbelt så hög transport av N än från sockerbetor. Koncentrationen av P är lägre från vårgrödor och sockerbetor än från gräsvall (tabell 5). Inga statistiska skillnader visades för transport av P.

Tabell 4. Transport ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) och koncentration ( $\text{mg l}^{-1}$ ) av totalkväve (TN) och totalfosfor (TP) och odlad gröda vid fält 12N. Bokstäverna visar signifikant skillnad mellan grödor enligt t-test

Gröda	N (antal)	TotN (mg/l)	TotP (mg/l)	TotN (kg/ha)	TotP (kg/ha)
Sockerbetor	5	8	b	0,02	ab
Vall	4	8,6	b	0,028	a
Vall/delad	5	11,3	ab	0,016	b
Vårgröda	15	11,4	b	0,018	b
Höstgröda	8	12,6	ab	0,021	ab
Potatis	8	17	a	0,02	ab

Tabell 5. Transport ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) och koncentration ( $\text{mg l}^{-1}$ ) av totalkväve (TN) och totalfosfor (TP) och odlad gröda vid fält 2M. Bokstäverna visar signifikant skillnad mellan grödor enligt t-test

Gröda	N (antal)	TotN (mg/l)	TotP (mg/l)	TotN (kg/ha)	TotP (kg/ha)
Gräsvall	3	7,4	b	0,12	a
Sockerbetor	9	8,6	b	0,06	b
Vårgröda	19	13,7	a	0,06	b
Höstgröda	14	13,9	a	0,07	ab
Ärter/böna	3	18,2	a	0,08	ab

## 3.6 Månadsvärden för totalkväve och totalfosfor i dräneringsvattnet

### 3.6.1 Fält 14AC - lerig mo i Västerbotten

Den största transporten av TN ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) äger rum under oktober-december enligt båda undersökningsperioderna (figur 4), med topp under november månad samt i april. Minst transport av TN ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) äger rum under juli-augusti och februari enligt den flödesproportionella undersökningsperioden (figur 4). Enligt den manuella provtagningsperioden är det minst transport av TN mellan januari-mars, låga halter uppmätts även under månaderna juni-juli (figur 4). Generellt uppmätts höga koncentrationer av TN ( $\text{mg l}^{-1}$ ) i vattnet under perioden september-november enligt båda undersökningsperioderna, med toppar under juni och september månad (figur 4).

Den största transporten av TP ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) äger rum under april månad enligt båda undersökningsperioderna. Minst transport av TP ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) äger rum under perioden januari-mars samt perioden juni-augusti enligt båda undersökningsperioderna (figur 4). Högst koncentration av TP ( $\text{mg l}^{-1}$ ) uppmätts under april månad enligt båda undersökningsperioderna. Lägst koncentration av TP ( $\text{mg l}^{-1}$ ) uppmäts under juli månad enligt den manuella undersökningsperioden och under januari-februari enligt den flödesproportionella undersökningsperioden (figur 4).

### 3.6.2 Fält 20E - styv lera i Östergötland

Den största transporten av TN ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) äger rum under februari-mars enligt båda undersökningsperioderna. Minsta transporten av TN ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) äger rum under juni-september enligt båda undersökningsperioderna (figur 5). Enligt båda undersökningsperioderna uppmäts högst koncentration av TN ( $\text{mg l}^{-1}$ ) i dräneringsvattnet från fältet under oktober-december, med en topp under november månad. Lägst koncentration av TN ( $\text{mg l}^{-1}$ ) uppmäts under juni-juli (figur 5).

Störst transport av TP ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) äger rum mellan januari-mars enligt båda undersökningsperioderna. Enligt den manuella undersökningsperioden mäts stora transporter av TP ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) även under november och december månad (figur 5). Minst transport av TP ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) äger rum under juni-augusti enligt båda undersökningsperioderna (figur 5). Högst koncentration av TP ( $\text{mg l}^{-1}$ ) uppmätts under september-december enligt den manuella undersökningsperioden och under juli-september enligt den flödesproportionella undersökningsperioden. Lägst koncentration av TP ( $\text{mg l}^{-1}$ ) uppmäts under maj-juni enligt båda undersökningsperioderna (figur 5).

### 3.6.3 Fält 12N - lerig sand I Halland

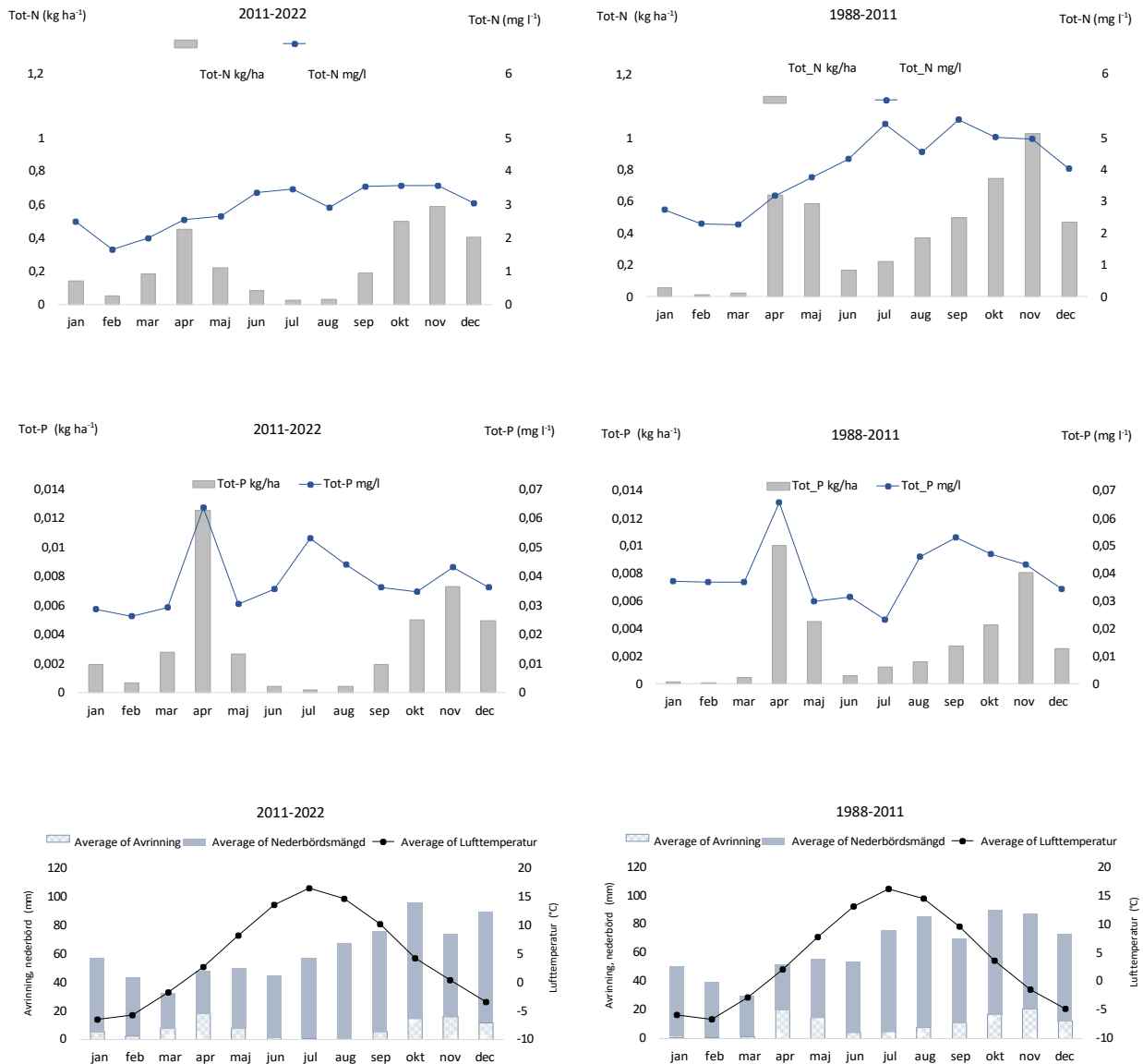
Enligt båda undersökningsperioderna sker störst transporten av TN ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) under perioden december-mars och minst transport äger rum under maj-juni (figur 6). Högst koncentration av TN ( $\text{mg l}^{-1}$ ) i dräneringsvattnet från fält 12N uppmäts under december-februari och lägst koncentration mäts under perioden juli-augusti enligt båda undersökningsmetoderna (figur 6). Störst transport av TP ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) äger rum under december månad enligt båda undersökningsperioderna (figur 6). Enligt den flödesproportionella undersökningsperioden sker stora transporter under perioden augusti-februari, medan stora transporter äger rum under perioden oktober-mars enligt den manuella undersökningsperioden. Minst transport av TP ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) äger rum under maj-juni enligt båda undersökningsperioderna (figur 6). Högst koncentration av TP ( $\text{mg l}^{-1}$ ) uppmätts under augusti månad enligt den flödesproportionella undersökningsperioden och under oktober månad enligt den manuella undersökningsperioden (figur 6). Lägst koncentration av TP ( $\text{mg l}^{-1}$ ) uppmäts under december och januari månad enligt den flödesproportionella undersökningsperioden och under november och december månad enligt den manuella undersökningsperioden (figur 6).

### 3.6.4 Fält 2M - moig moränlättilera I Skåne

Enligt båda undersökningsperioderna äger störst transport av TN ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) rum under december och januari månad. Lägst transport av TN ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) äger rum under perioden maj-september (figur 7). Högst koncentration av TN ( $\text{mg l}^{-1}$ ) i dräneringsvattnet från fält 2M uppmäts under månaderna november-januari enligt båda undersökningsperioderna, med topp under december månad. Lägst koncentration av TN ( $\text{mg l}^{-1}$ ) uppmäts under månaderna juni-augusti, där lägst koncentration mäts under augusti månad enligt båda undersökningsperioderna (figur 7).

Störst transport av TP ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) äger rum under perioden december-feb enligt flödesproportionella undersökningsperioden, medan den manuella undersökningsperioden äger störst transport av TP rum under perioden december-mars (figur 7). Minst transport av TP ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) äger rum under maj-september enligt båda undersökningsperioderna. Högst koncentration av TP ( $\text{mg l}^{-1}$ ) uppmätts under december månad enligt flödesproportionella undersökningsperioden (figur 7) och under september och oktober månad vid den manuella undersökningsperioden. Lägst koncentration av TP ( $\text{mg l}^{-1}$ ) uppmäts under juni och juli månad enligt flödesproportionella undersökningsperioden och under april och maj enligt den manuella undersökningsperioden (figur 7).

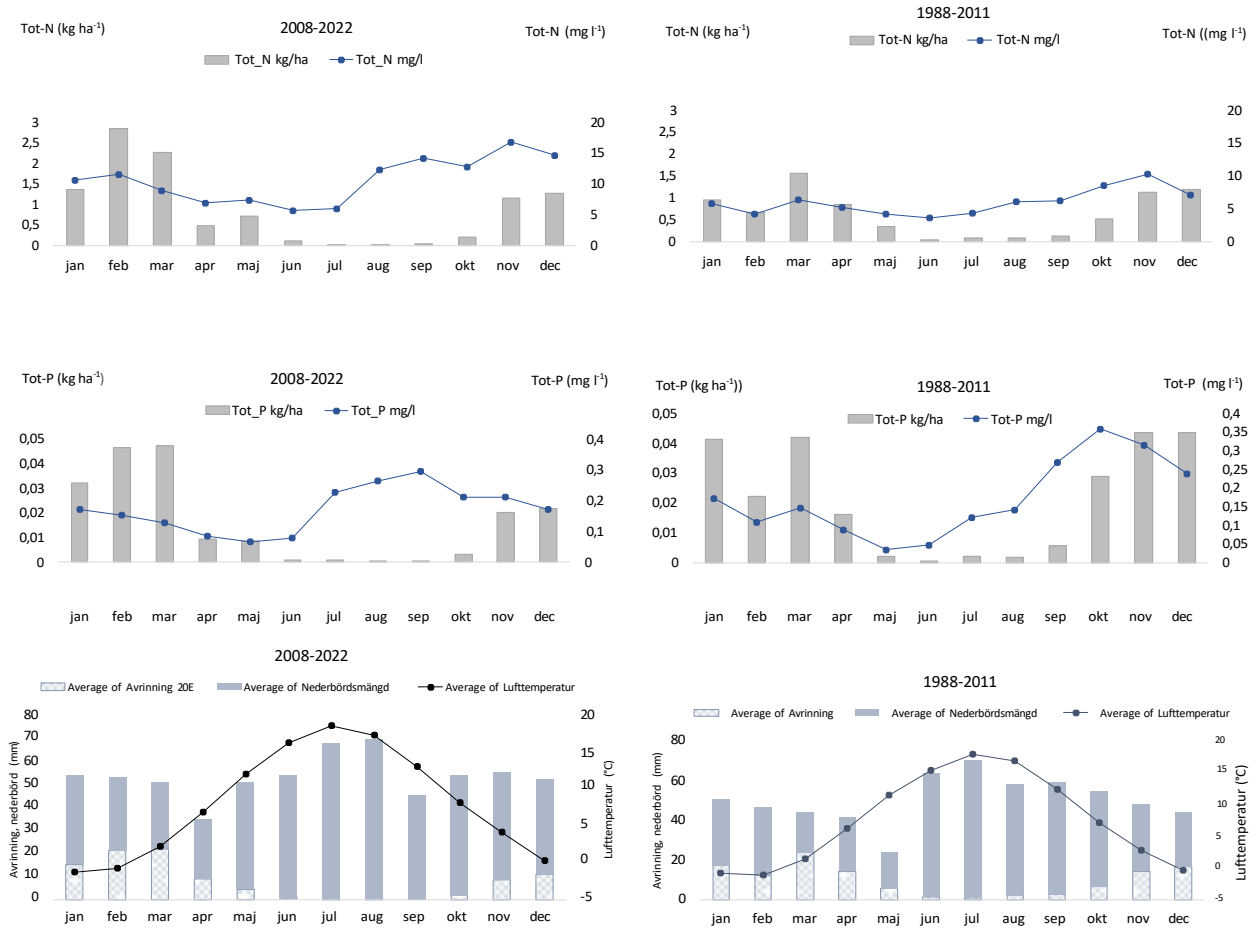
## Fält 14AC



Figur 4. Fält 14AC. Månadsmedeltransport (kg ha<sup>-1</sup>, staplar) och månadsmedelkoncentration i dräneringsvattnet (mg l<sup>-1</sup>, linje) för totalkväve. Månadsmedeltransport (kg ha<sup>-1</sup>, staplar) och månadsmedelkoncentration i dräneringsvattnet (mg l<sup>-1</sup>, linje). Månadsmedel för lufttemperatur (°C) (linje), avrinning (mönstrad stapel) och nederbörd (fylld stapel) (mm). Flödesproportionell provtagning (2011–2022) och manuell provtagning (1988–2011). Nederbördsdata är hämtad från SMHI:s meteorologiska station Rörbäcksdalen Umeå (SMHI 2023g). Lufttemperatur är hämtad från SMHI:s meteorologiska station Umeå flygplats (SMHI 2023f).

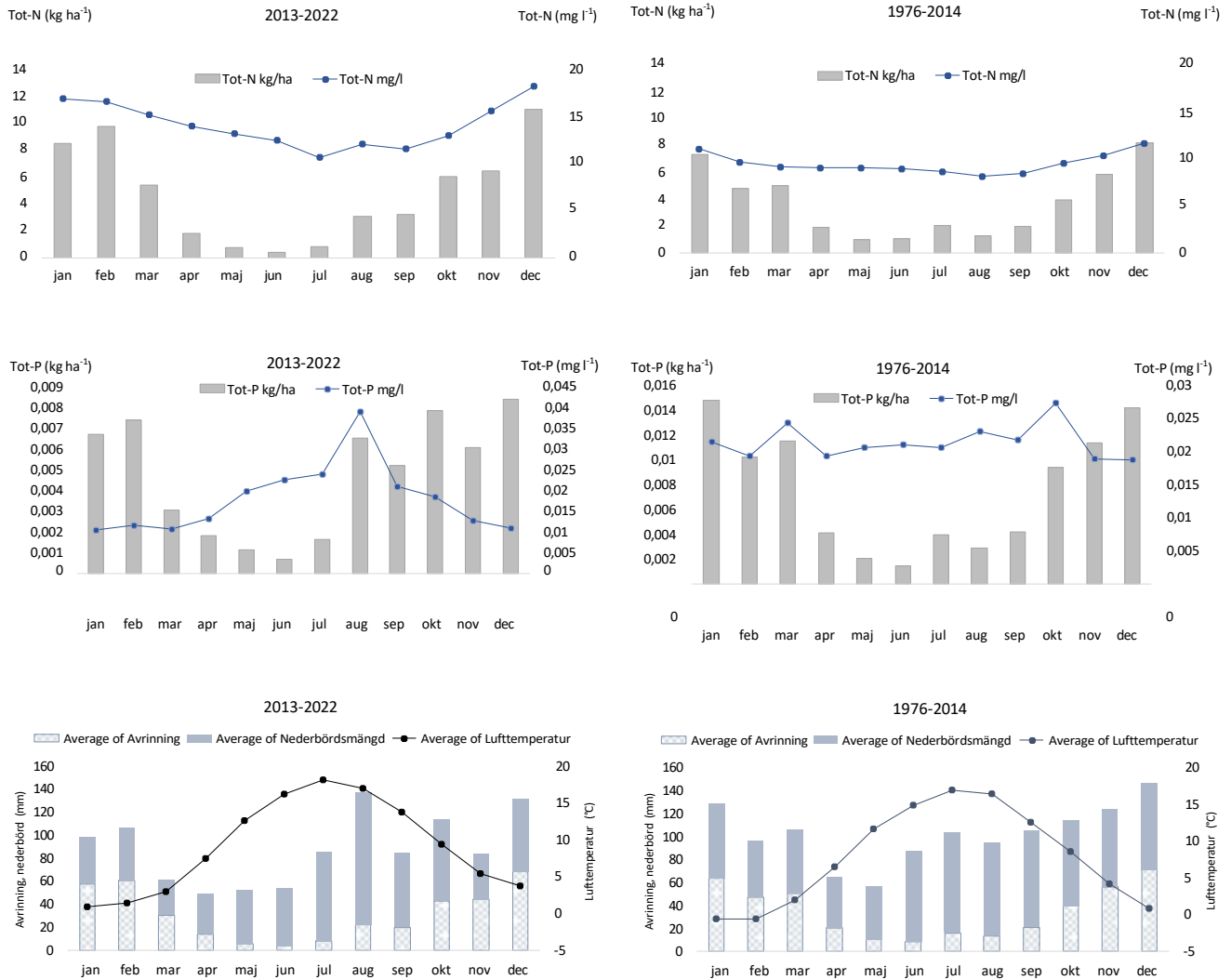


## Fält 20E



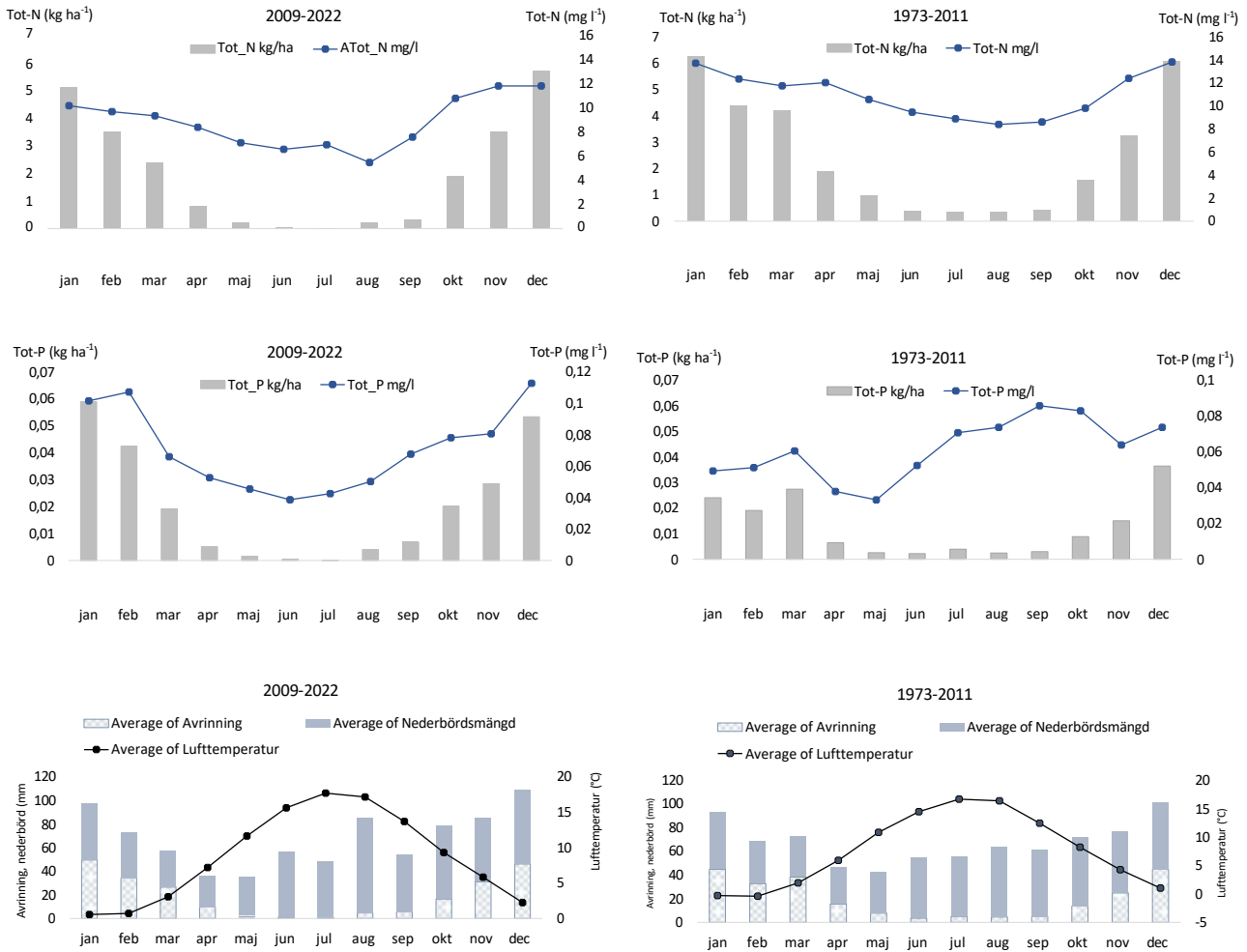
Figur 5. Fält 20E. Månadsmedeltransport ( $\text{kg ha}^{-1}$ , staplar) och månadsmedelkoncentration i dräneringsvattnet ( $\text{mg l}^{-1}$ , linje) för totalkväve. Månadsmedeltransport ( $\text{kg ha}^{-1}$ , staplar) och månadsmedelkoncentration i dräneringsvattnet ( $\text{mg l}^{-1}$ , linje). Månadsmedel för lufttemperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ) (linje), avrinning (mönstrad stapel) och nederbörd (fylld stapel) (mm). Flödesproportionell provtagning (2008–2022) och manuell provtagning (1988–2011). Nederbördsdata är hämtad från SMHI:s meteorologiska station Norrköping Sörby och Norrköping-SMHI (SMHI 2023d). Lufttemperatur är hämtad från SMHI:s meteorologiska station Norrköping-SMHI (SMHI 2023e).

## Fält 12N



Figur 6. Fält 12N. Månadsmedeltransport (kg ha<sup>-1</sup>, staplar) och månadsmedelkoncentration i dräneringsvattnet (mg l<sup>-1</sup>, linje) för totalkväve. Månadsmedeltransport (kg ha<sup>-1</sup>, staplar) och månadsmedelkoncentration i dräneringsvattnet (mg l<sup>-1</sup>, linje). Månadsmedel för lufttemperatur (°C) (linje), avrinning (mönstrad stapel) och nederbörd (fylld stapel) (mm). Flödesproportionell provtagning (2013–2022) och manuell provtagning (1976–2014). Nederbördsdata är hämtad från SMHI:s meteorologiska station Genevad och Laholm (SMHI 2023a). Lufttemperatur är hämtad från SMHI:s meteorologiska station Halmstad flygplats och Genevad (SMHI 2023b).

## Fält 2M

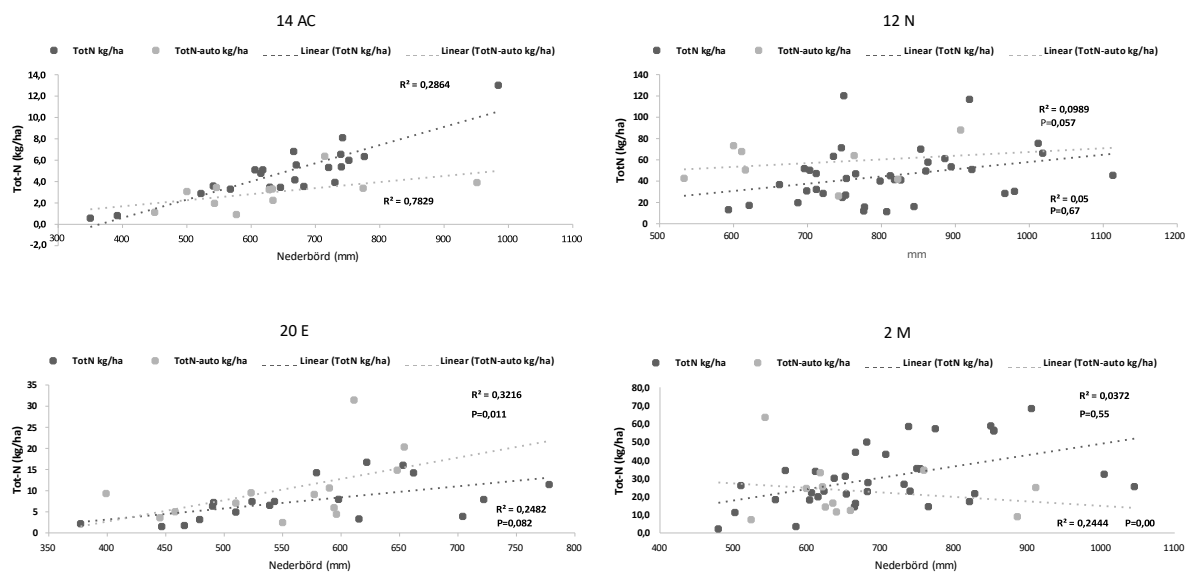


Figur 7. Fält 2M. Månadsmedeltransport (kg ha<sup>-1</sup>, staplar) och månadsmedelkoncentration i dräneringsvattnet (mg l<sup>-1</sup>, linje) för totalkväve. Månadsmedeltransport (kg ha<sup>-1</sup>, staplar) och månadsmedelkoncentration i dräneringsvattnet (mg l<sup>-1</sup>, linje). Månadsmedel för lufttemperatur (°C) (linje), avrinning (mönstrad stapel) och nederbörd (fylld stapel) (mm). Flödesproportionell provtagning (2009–2022) och manuell provtagning (1973–2011). Nederbördsdata är hämtad från SMHI:s meteorologiska station Trelleborg (SMHI 2023h). Lufttemperatur är hämtad från SMHI:s meteorologiska station Malmö-Sturup flygplats (SMHI 2023c).



### 3.7 Nederbördens påverkan på transporten av totalkväve

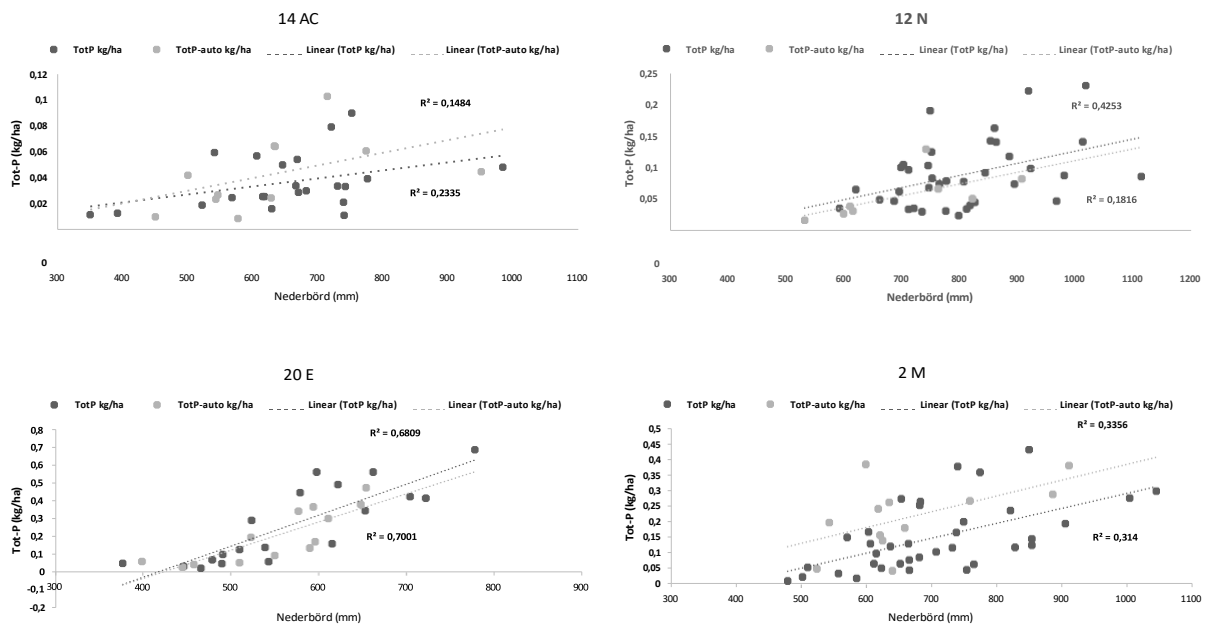
Linjär regression mellan årsnederbörd och årstransport av TN från fält 12N visar ett mycket svagt positivt samband, där båda metoderna visar på låga värden för  $R^2$  (figur 8, manuell provtagning 0,05, flödesproportionell provtagning 0,098). Fält 14AC visar med manuell provtagning ett starkt positivt samband mellan nederbörd och TN (0,78 figur 8) och vid flödesproportionell provtagning ett svagt positivt samband (0,28, figur 8). Fält 20E visar svaga positiva samband mellan nederbörd och transport av TN (Manuell provtagning, 0,24, flödesproportionell provtagning 0,32, figur 8). För fält 2M visar manuell provtagning på ett svagt positivt samband 0,24 medan flödesproportionell provtagning inte uppvisar något samband (figur 8).



Figur 8. Linjär regressionsanalys mellan årsnederbörd och årstransport av totalkväve ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) från fält 14AC, 12N, 20E och 2M. Manuell provtagning (mörkgrå prickar), flödesproportionell provtagning (ljusgrå prickar).

### 3.8 Nederbördens påverkan på transporten av totalfosfor

Linjär regression mellan årsnederbörd och årstransport av TP från fält 12N visar på svagt positivt samband (manuell provtagning 0,42, flödesproportionell provtagning 0,18, figur 9). Fält 14AC visar på svagt positivt samband mellan nederbörd och transport av TP (manuell provtagning 0,14, flödesproportionell provtagning 0,23, figur 9). Båda mätmotoderna på fält 20E visar starka positiva samband mellan nederbörd och transport av TP (manuell provtagning 0,70 flödesproportionell provtagning 0,68, figur 9). Fält 2M visar svag positivt samband mellan nederbörd och transport av TP (manuell provtagning 0,31, flödesproportionell provtagning 0,33, figur 9).



Figur 9. Linjär regressionsanalys mellan årsnederbörd och årstransport av stor ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) från fält 14AC, 12N, 20E och 2M. Manuell provtagning (mörkgrå prickar), flödesproportionell provtagning (ljusgrå prickar).

## 4. Diskussion

### 4.1 Fältets lokalisering i Sverige i nord-sydlig riktning

Resultatet visade på skillnad i årstransport för både TN och TP beroende på var i Sverige fältet är beläget. Störst årstransport av totalkväve (TN) (figur 2) ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) var från fältet som är beläget i sydvästra Sverige (12N) som hade högst årsmedelkoncentration av TN enligt den flödesproportionella provtagningsperioden (tabell 3). Stor transport uppmättes också vid det sydligaste belägna fältet i Skåne län (2M) (figur 2). Enligt den manuella provtagningsperioden uppmätte fält 2M högst årsmedelkoncentration. Orsaker till att större utlakning av N äger rum i södra delarna av Sverige jämfört med norra delarna av Sverige kan vara till följd av mildare vinterklimat (se figur 4–7). Kvävemineraliseringen i marken kan fortsätta efter växtodlingssäsongen och skapa höga koncentrationer av löst N som kan utlakas ur marken (Øygarden et al. 2014). Minst årstransport och årsmedelkoncentration av TN uppmättes i norra Sverige i Västerbottens län (14AC) (figur 2), där vinterklimatet är kallare än vid de andra fälten (se figur 4–7). Kallare vinterklimat kan leda till lägre mineralisering under höst och vinter då mineralisering äger rum i större omfattning vid högre temperaturer. Detta medför att risken för transport av N från marken minskar.

Fältet med störst årstransport och årsmedelkoncentration av TP är belägen i östra Mellansverige (20E), samt det sydligaste belägna fältet (2M) visar stora årstransporter och årsmedelkoncentrationer av TP (figur 3). Minst årstransport av TP var från det nordligaste fältet (14AC) (figur 3). Olika klimatvariationer påverkar hur P transporteras från marken och hur erosionen påverkas, vilket är den vanligaste vägen för transport av P från marken (Ulén et al. 2007). Fältet beläget i sydvästra Sverige hade låg årsmedeltransport av TP (12N) (figur 3). Detta indikerar att transport av TP påverkas av klimatvariationer. Där ett mildare vinterklimat leder till större transporter. Nederbördens storlek varierar i landet och detta kan påverka utlakningen av TN och TP, se sektion 4.5.

## 4.2 Fältets jordart

Marken består av olika jordarter på de fyra fälten som undersökts. Fältet beläget i sydvästra Sverige hade störst årstransport av TN (12N, se tabell 2 och 3). Där består jordarten av lerig sand (11% ler) (tabell 1). Jordarten på detta fält (12N) har störst kornstorlek av de fyra fälten till följd av sanden. Detta påverkar de hydrologiska egenskaperna i marken, vilket har visat sig ha stor betydelse för transport av N (Bechmann 2014). Vid relativt hög nederbörd, som sydvästra Sverige har, och grovkorniga jordar, som fält 12N har, ökar risken för att nederbördsvatten ska perkolera ned i jorden (Øygarden et al. 2014), vilket kan öka potentialen för att N följer med dräneringsvattnet från fältet. Minst årstransport av TN var från fältet beläget längst norr ut (14AC) där jordarten på fältet består av lerig mo (5 % ler) (tabell 1), vilket är en finkornig jordart (Eriksson et al 2019). Årsmedelkoncentrationerna följer transporten av TN där högst koncentration uppmäts vid fälten innehållande sandjord och lägst koncentration vid fälten med stor andel ler i sig (se tabell 2 och 3). Med undantag för fält 14AC som visar låg transport och låg koncentration av TN.

Årstransport av TP visar motsatt trend jämfört med utlakning av TN. Där fälten som innehåller stor andel ler har störst transport av TP (Se tabell 2 och 3). Två av fälten har större transport av TP (20E och 2M). Jordarter på fält 2M består av moränlättilera (19% ler) och vid fält 20E består jordarten av styv lera (59% ler) (tabell 1). Båda fälten innehåller större andel ler än fält 14AC och fält 12N. Mark som innehåller stor andel ler är känsligare för erosionsprocesser. Erosion är en av de stora anledningarna till transport av TP (Ulén et al. 2007). Fosfor binds till lerpartiklar, vilket gör att transport av TP kan öka i lerjordar. Det medför att när vatten perkolerar ned i marken kommer P bundet till lerpartiklar att transporteras med dräneringsvattnet. Till följd av att fält 20E innehåller en stor andel ler (59%) är transporten av TP stor från fältet. Större mängd organiskt material i marken kan öka transporten av P (Ulén et al. 2005). Det kan ge upphov till att fält 2M och 20E har större transporter av TP, eftersom jordar innehållande hög lerhalt ofta har en större andel organiskt material än sandjordar.

Minst årstransport av TP var från fält 14AC (se tabell 2 och 3), där marken innehåller jordarten lerig mo, samt innehåller fältet lägst andel ler (5%) vid jämförelse med de andra fälten (tabell 1). Lägst årsmedelkoncentration uppmättes i dräneringsvattnet från fält 12N, där jordarten består av lerig sand (figur 1). Detta kan bero på finsanden, till följd av att risken för erosion är lägre från sandjordar.

### 4.3 Växtföljden och vilken gröda som odlas på fältet ett enskilt år

Fältet med störst årstransport och högst uppmätt årsmedelkoncentration av TN i dräneringsvattnet domineras av spannmålsproduktion och potatisodling (12N) (figur 2), likaså fält 2M har stor transport av TN från marken där odlingen består av spannmål, sockerbets- och potatisodling. Sockerbetsodlingen på fält 2M kan ha inverkan på att fält 2M har en mindre transport än fält 12N (se tabell 2 och 3). Till följd av längre tillväxttid hos sockerbeter än andra grödor som spannmål, kan det leda till minskade transporter av TN. Detta visades tydligt via t-test, där sockerbeter hade hälften så stor transport och koncentration av TN än höstgrödor (tabell 5). Liknande resultat visades från fält 12N där potatisodlingen hade dubbelt så stor transport och koncentration av TN än sockerbeter (tabell 4). Tidigare studier har även visat att sockerbeter ger lägre transport och koncentration av TN jämfört med spannmål (Hoffmann & Johnsson 1999). På fältet som har minst transport av TN (14AC) står vall för stor del av odlingen. Enligt tidigare studier som jämfört transport och koncentration av TN mellan vall och korn, visade resultatet att vall hade lägre utlakning av TN (Norberg et al. 2022b), vilket även var fallet här (tabell 2). I andra tidigare studier har vall kopplats till låga transporter av N (se t ex., (Hoffmann & Johnsson 1999; Kyllmar et al. 2006). Detta kan vara till följd av att vall vanligen är en flerårig gröda som har lång odlingsperiod och kan ta upp N från tidig vår till sen höst, vilket kan leda till lägre transporter av TN. En annan orsak kan vara att vall har en större bladyta än andra grödor, vilket medför större evaporation och mindre vatten som kan gå ned i marken (Hoffmann & Johnsson 1999). Resultatet att transporten och koncentrationen TN i dräneringsvattnet är större från fälten med spannmåls- och potatisodling (20E och 2M) i jämförelse med fältet som odlar vall (14AC), bekräftas även av en norsk studie som har visat att spannmåls- och potatisodling leder till större transport och högre koncentrationer av TN i dräneringsvattnet än från vallodling (Bechmann 2014).

Störst årstransport och uppmätt årsmedelkoncentration av TP var från fältet där odlingen består till störst del av spannmål (20E) och fältet där odlingen består av spannmål, sockerbets- och potatisodling (2M). Tidigare studier har visat att fält med kombination av potatis och grönsaksodling har givit ökad utlakning av TP (Ulén et al. 2007). Intensiva odlingar som potatisodling och stor andel ettåriga grödor som spannmål har tidigare kopplats till stora transporter av TP (Kyllmar et al. 2006). Jordbearbetning som behövs göras vad gäller odling av ettåriga grödor har visats ge ökade transporter av P från marken till följd av ökad risk för erosion (Schoumans et al. 2014). Efter skörd när marken inte har en vegetation som täcker marken ökar potentialen för transport av TP, då risken är stor för erosion vid oväder

(Ulén et al. 2007). Till följd av att en stor andel ettåriga grödor odlas på fält 20E och 2M kan det bidra till stora transporter av TP. T-testet för fält 20E visade dock inga statistiska skillnader mellan höstgrödor och vårgrödor gällande transport och koncentration av TP.

Minst transport av TP ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) var från fält 14AC och 12N. Vallodlingen kan vara en anledning till att fält 14AC har en av de minsta transporterna av TP. Till följd av att vallodling har en lång odlingssäsong (vanligen flerårig) kommer vallen ligga kvar på marken och skydda marken mot oväder. Nederbörd till följd av oväder kan öka erosionsrisken, att marken då är täckt av vall gör att erosionsrisken minskar. Studier har föreslagit att odla mer vall för att minska transporten av P från fält (Schoumans et al. 2014). T-testet för 12N visade dock högre koncentrationer av P från perioder när vall odlats än från vårgrödor, samt t-test för 2M (tabell 5) visade att koncentrationen av P är högre från gräsvall än både sockerbetor och vårgrödor. Transport av P visade inga statistiska skillnader.

## 4.4 Tid på året

Månader som har störst transport av TN skiljer sig till viss del mellan fälten (se figur 4–7). Dock har de fyra fälten generellt stor transport av TN under höst, vinter- och vårperioden, mellan oktober och mars. Under samma månader uppmäts högst koncentration av TN i vattnet (se figur 4–7). Tidigare studier som undersökt flera fält i Norden och baltiska länder visade att störst transport och koncentration av TN uppmättes under vinter och tidig vår (Vagstad et al. 2004). En anledning till störst transport och koncentration av TN äger rum under tidig vår kan vara till följd av att lufttemperaturen stiger, vilket medför ökad avrinning från fälten med snösmältning. Detta ökar potentialen för transport av TN. Minst transport av TN äger rum under sommarperioden, mellan maj-september för de fyra fälten. Under samma period uppmäts lägst medelkoncentrationer av TN (se figur 4–7). Den främsta orsaken till detta är att det är tillväxtsång för grödorna, som tar upp mineraliserat N och vatten från marken, samt att evapotranspirationen från grödorna på fälten är stor.

Transporten av TP är stor under tidig vår med lite variation mellan fälten. En orsak till detta är att P följer med jordpartiklar vid höga flöden till exempel vid snösmältning på våren, risken för erosion i marken ökar vilket leder till att P kan transporteras från fältet med jordpartiklar. Minst transport av TP var vid fält 14AC, på grund av snösmältning under april månad ökar transporten av TP och en topp av transport sker (figur 4). Tjäle som inte har tinat ur marken på våren kan likaså påverka transporten av TP från fältet, då det kan leda till ökad avrinning när smältvattnet inte kan perkolera ned i marken. Störst transport av TP inträffar vid fält 20E, under november och december månad är transporten stor och höga

koncentrationer av TP uppmäts i dräneringsvattnet (figur 5). Mildare vintrar med hög nederbörd och lufttemperatur (figur 5), kan leda till att nederbörd faller som snö och inte stannar kvar på marken. Detta kan ge ökad avrinning som i sin tur kan öka transporten av TP. Minst transport av TP äger i genomsnitt rum mellan maj- augusti månad för alla fält (se figur 4–7). En orsak till detta kan vara att avrinningen är minst vid dessa månader vad gäller alla fält (se figur 4–7). Erosionsrisken är lägre, när det inte förekommer höga flöden i samma utsträckning som under tidig vår.

## 4.5 Årsnederbördens storlek

Störst årsnederbörd uppmättes vid fält 12N, som har störst avrinning jämfört med de andra fälten (se tabell 2 och 3). Øygarden et al. (2014) visade ett positivt samband mellan nederbörd och avrinning från jordbruksmark. Avrinningen verkar ha en stor inverkan vad gäller transport av TN. Till följd av att avrinningen är nästan 4 gånger större vid fält 12N jämfört med avrinningen hos fält 14AC som har lägst transport av TN av fälten (Se tabell 2 och 3). Positivt samband mellan avrinning och transport av TN har visats i tidigare studier (*se t ex.*, (Stalnacke & Grimvall 1999; Vagstad et al. 2004). Sambandet mellan nederbörd och transport av TN med regressionsanalys varierade mellan fälten. Positivt samband visades tydligast från fält 14AC (figur 8), som hade minst transport av TN. Till följd av detta kan fält 14AC vara beroende av nederbördsmängd för hur stor transporten av TN kommer bli från fältet. Resterande fält visade endast mycket svaga samband mellan nederbörd och transport av TN. Det indikerar att alla fält förutom fält 14AC inte påverkas av nederbördsmängden gällande transport av TN. Däremot har troligtvis mängden avrinning inverkan på transport av TN, till exempel på fält 12N som har stor avrinning från fältet (se tabell 2 och 3) och stor transport av TN.

Transport av TP visar motsatt trend jämfört med transport av TN. Där transporten av TP var störst vid fält 20E som hade minst årsnederbörd och näst minst avrinningen (se tabell 2 och 3). Fälten med minst årstransport och årsmedelkoncentration av TP hade Störst och minst andel avrinning, samt Störst årsnederbörd och näst minst årsnederbörd (se tabell 2 och 3). Detta visar att förlust av TP inte är beroende av storleken på årsnederbörd utan att det är andra faktorer som kan påverka utlakningen av TP.

Sambandet mellan nederbörd och transport av TP visas tydligast från fält 20E, där det är ett starkt positivt samband enligt linjär regressionsanalys (figur 9). Det medför att nederbörd har en inverkan på transporten av TP från fält 20E. Om nederbördsmängden skulle öka vid det fältet skulle det potentiellt kunna öka transporten av TP. Övriga fält visade inte samma samband (figur 9), vilket gör att

sambandet mellan nederbörd och transport av TP från fält 20E mindre tillförlitligt. Antagligen har nederbörd låg inverkan på transport av TP från fälten.



## 5. Slutsats

Det som har undersökts i denna studie påverkas av flera faktorer vilket gör det till en komplex fråga. Det är svårt att konstatera att en nord-sydlig gradient påverkar växtnäringsläckage från jordbruksmark i Sverige. Via denna studie är indikationer givna att lägst transport och koncentration av TN och TP äger rum vid fältet beläget längst norr ut (14AC). Jordart har betydelse för växtnäringsläckaget, där utlakning av N är större från jordar med större kornstorlekar (sand) (12N), medan utlakningen av P är större från jordar innehållande finare jordarter (ler) (20E). Växtföljden påverkar utlakningen av N och P. Hög andel ettåriga grödor (potatis och spannmål) gav större utlakning av TN (12N). Spannmålsproduktion visade stor utlakning av TP (20E). Fältet med hög andel vallodling (14AC) visade minst transport av N och P. Dock uppmättes högre koncentrationer av TP i dräneringsvattnet vid odling av vall på fältet jämfört med korn. Säsongsvariationerna ger indikationer av att ha inverkan på transporten av N och P, där mildare vinterklimat visar större transporter och högre koncentrationer som utlakas från marken. Årsnederbörden har ingen större verkan på utlakning av N och P, medan avrinningen indikerar att ha inverkan. Stora transporter och höga koncentrationer uppmäts under månader med stor avrinning och höga flöden för alla fält.

Denna studie visar att en viss nord-sydlig gradient har inverkan på växtnäringsläckaget från jordbruksmark. Frågan är däremot komplex och ytterligare undersökningar skulle krävas för tydligare resultat.

## 6. Referenser

- Andersen, J., Harvey, E.T., Murray, C., Prins, T., Peterlin, M. & Reker, J. (2019). *Nutrient enrichment and eutrophication in Europe's seas*. <https://doi.org/10.2800/092643>
- Bechmann, M. (2014). Long-term monitoring of nitrogen in surface and subsurface runoff from small agricultural dominated catchments in Norway. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 198, 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.05.010>
- Bechmann, M.E., Berge, D., Eggestad, H.O. & Vandsemb, S.M. (2005). Phosphorus transfer from agricultural areas and its impact on the eutrophication of lakes—two long-term integrated studies from Norway. *Journal of Hydrology*, 304 (1), 238–250. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.07.032>
- Cheng, Y., Li, P., Xu, G., Wang, X., Li, Z., Cheng, S. & Huang, M. (2021). Effects of dynamic factors of erosion on soil nitrogen and phosphorus loss under freeze-thaw conditions. *Geoderma*, 390, 114972. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.114972>
- Conley, D.J., Carstensen, J., Aigars, J., Axe, P., Bonsdorff, E., Eremina, T., Haahti, B.-M., Humborg, C., Jonsson, P., Kotta, J., Lännegren, C., Larsson, U., Maximov, A., Medina, M.R., Lysiak-Pastuszek, E., Remeikaitė-Nikienė, N., Walve, J., Wilhelms, S. & Zillén, L. (2011). Hypoxia Is Increasing in the Coastal Zone of the Baltic Sea. *Environmental Science & Technology*, 45 (16), 6777–6783. <https://doi.org/10.1021/es201212r>
- Eriksson, J., Dahlin, S., Nilsson, I. & Simonsson, M. (2019). *Marklära*. 1:6. Lund: Studentlitteratur AB, Lund.
- Fowler, D., Coyle, M., Skiba, U., Sutton, M.A., Cape, J.N., Reis, S., Sheppard, L.J., Jenkins, A., Grizzetti, B., Galloway, J.N., Vitousek, P., Leach, A., Bouwman, A.F., Butterbach-Bahl, K., Dentener, F., Stevenson, D., Amann, M. & Voss, M. (2013). The global nitrogen cycle in the twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 368 (1621), 20130164. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0164>
- Fölster, J., Johnson, R.K., Futter, M.N. & Wilander, A. (2014). The Swedish monitoring of surface waters: 50 years of adaptive monitoring. *AMBIO*, 43 (1), 3–18. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0558-z>
- HELCOM (2021). *Eutrophication in the Baltic Sea*. <https://helcom.fi/baltic-sea-action-plan/> [2023-04-27]
- Hoffmann, M. & Johnsson, H. (1999). A method for assessing generalised nitrogen leaching estimates for agricultural land. *Environmental Modeling & Assessment*, 4 (1), 35–44. <https://doi.org/10.1023/A:1019087511708>
- Jordbruksverket (2023). *Övergödning och läckage av växtnäring*. <https://jordbruksverket.se/jordbruket-miljon-och-klimatet/overgodning-och-lackage-av-vaxtnaring> [2023-06-13]
- Kirchmann, H., Johnston, A.E.J. & Bergström, L.F. (2002). Possibilities for Reducing Nitrate Leaching from Agricultural Land. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 31 (5), 404–408. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-31.5.404>
- Klimatanpassning (2019). *Algblomning. Klimatanpassning*. <https://www.klimatanpassning.se/hur-samhallet-paverkas/naturmiljo-och-ekosystem/algblomning-1.151155> [2023-05-15]

- Kyllmar, K., Carlsson, C., Gustafson, A., Ulén, B. & Johnsson, H. (2006). Nutrient discharge from small agricultural catchments in Sweden: Characterisation and trends. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 115 (1), 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.12.004>
- Norberg, L., Linefur, H., Andersson, S. & Blomberg, M. (2022a). Växtnäringsförluster från åkermark 2020/2021: Årsredovisning för miljöövervakningsprogrammet Observationsfält på åkermark. *Ekohydrologi*, (176). <https://res.slu.se/id/publ/117538> [2023-04-16]
- Norberg, L., Linefur, H., Andersson, S., Blomberg, M. & Kyllmar, K. (2022b). Nutrient losses over time via surface runoff and subsurface drainage from an agricultural field in northern Sweden. *Journal of Environmental Quality*, 51 (6), 1235–1245. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20413>
- Schoumans, O.F., Chardon, W.J., Bechmann, M.E., Gascuel-Oudou, C., Hofman, G., Kronvang, B., Rubæk, G.H., Ulén, B. & Dorioz, J.-M. (2014). Mitigation options to reduce phosphorus losses from the agricultural sector and improve surface water quality: A review. *Science of The Total Environment*, 468–469, 1255–1266. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.08.061>
- SMHI (2023a). *SMHI meteorologiska observationer Genevad*. <https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/#param=precipitationMonthlySum,stations=core,stationid=63340> [2023-04-16]
- SMHI (2023b). *SMHI meteorologiska observationer Genevad*. <https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/#param=airTemperatureMeanMonth,stations=core,stationid=63340> [2023-04-17]
- SMHI (2023c). *SMHI meteorologiska observationer Malmö-Sturup Flygplats*. <https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/#param=airTemperatureMeanMonth,stations=core,stationid=53300> [2023-04-17]
- SMHI (2023d). *SMHI meteorologiska observationer Norrköping-Sörby*. <https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/#param=precipitationMonthlySum,stations=core,stationid=86370> [2023-04-16]
- SMHI (2023e). *SMHI meteorologiska observationer Norrköping-SMHI*. <https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/#param=airTemperatureMeanMonth,stations=core,stationid=86340> [2023-04-17]
- SMHI (2023f). *SMHI meteorologiska observationer Umeå Flygplats. SMHI*. <https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/#param=airTemperatureMeanMonth,stations=core,stationid=140480> [2023-04-17]
- SMHI (2023g). *SMHI meteorologiska station Umeå-Röbäcksdalen. SMHI*. <https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/#param=precipitationMonthlySum,stations=core,stationid=140490> [2023-04-16]
- SMHI (2023h). *SMHI meteorologiska observationer Trellerborg*. <https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/#param=precipitationMonthlySum,stations=core,stationid=53230> [2023-04-16]
- Sprinchorn, G., Rosén, S., Johansson, K., Plejmark, F., Larsson, S., Lettevall, U., Theorin, B. & Olsson, I. (1973). Vattenföringsbestämning vid vattenundersökningar. *Informationssektionen vid SMHI*, 1979, 113
- Stalnacke, P. & Grimvall, A. (1999). HYDROLOGICAL NORMALIZATION OF NUTRIENT DELIVERIES FROM AGRICULTURAL CATCHMENTS.

- Conference on Applied Statistics in Agriculture*,  
<https://newprairiepress.org/agstatconference/1999/proceedings/12>
- Svanbäck, A., Ulén, B., Etana, A., Bergström, L., Kleinman, P.J.A. & Mattsson, L. (2013). Influence of soil phosphorus and manure on phosphorus leaching in Swedish topsoils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 96 (2), 133–147. <https://doi.org/10.1007/s10705-013-9582-9>
- Sveriges miljömål (2023). *Så fungerar arbetet med Sveriges miljömål - Sveriges miljömål. Sveriges miljömål*. <https://www.sverigesmiljomal.se/sa-fungerar-arbetet-med-sveriges-miljomal/> [2023-04-27]
- Sveriges vattenmiljö (u.å.). *Sveriges vattenmiljö. sverigesvattenmiljo*. <https://www.sverigesvattenmiljo.se/sa-mar-vara-vatten/2021/variabelgrupper/85/15/63> [2023-05-26]
- Ulen, B., Aronsson, H., Torstensson, G. & Mattsson, L. (2005). Phosphorus and nitrogen turnover and risk of waterborne phosphorus emissions in crop rotations on a clay soil in southwest Sweden. *Soil Use and Management*, 21, 221–230. <https://doi.org/10.1079/SUM2005311>
- Ulen, B., Bechmann, M., Fölster, J., Jarvie, H.P. & Tunney, H. (2007). Agriculture as a phosphorus source for eutrophication in the north-west European countries, Norway, Sweden, United Kingdom and Ireland: a review. *Soil Use and Management*, 23 (s1), 5–15. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2007.00115.x>
- Vagstad, N., Stålnacke, P., Andersen, H.-E., Deelstra, J., Jansons, V., Kyllmar, K., Loigu, E., Rekolainen, S. & Tumas, R. (2004). Regional variations in diffuse nitrogen losses from agriculture in the Nordic and Baltic regions. *Hydrology and Earth System Sciences*, 8 (4), 651–662. <https://doi.org/10.5194/hess-8-651-2004>
- Øygarden, L., Deelstra, J., Lagzdins, A., Bechmann, M., Greipsland, I., Kyllmar, K., Povilaitis, A. & Iital, A. (2014). Climate change and the potential effects on runoff and nitrogen losses in the Nordic–Baltic region. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 198, 114–126. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.06.025>

## 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. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

- <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

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.