



Näringsförluster från sju jordbruksområden nära Mälaren

Sally Bondesson

Examensarbete/Självständigt arbete • 30 HP

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap/ Institutionen för mark och miljö

Agronomprogrammet – Mark/växt

Nummer i serien: 2024:04

Uppsala 2024



Näringsförluster från sju jordbruksområden nära Mälaren

Nutrient losses from seven agriculturally intensive catchments near lake Mälaren

Sally Bondesson

Handledare: Faruk Djodjic, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Vatten och Miljö

Bitr. handledare: Oscar Lidbeck, Länsstyrelsen Västmanland

Examinator: Helena Aronsson, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Mark och Miljö

Omfattning: 30 hp

Nivå och fördjupning: Avancerad nivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i markvetenskap

Kurskod: EX0881

Program/utbildning: Agronomprogrammet – Mark/Växt

Kursansvarig inst.: Institutionen för Mark och Miljö

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2024

Omslagsbild Sally Bondesson

Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Delnummer i serien: 2024:04

Nyckelord: avrinningsområde, belastning, fosfor, kväve, S-HYPE, retention, typområden på jordbruksmark, vattenflöde, VISS, våtmark

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap

Institutionen för Mark och Miljö

Sammanfattning

Ett av Sveriges miljömål är ”ingen övergödning” vilket innebär att gödande ämnen inte ska ha negativ inverkan på människor, biologisk mångfald eller mark- och vattenanvändning (Naturvårdsverket 2023). Näringsämnen fosfor och kväve och förlusten av dessa från framför allt jordbruksmark är en av orsakerna till övergödning i sjöar, hav och vattendrag. I Västmanland har länsstyrelsen i samarbete med EU-projektet Life IP Rich Waters gjort mätningar av näringsämnen (kväve och fosfor) i sju jordbruksintensiva avrinningsområden med Mälarmynnande åar under 16 månader 2020–2021. I den här rapporten sammanställs, utvärderas och analyseras data över näringsläckaget från de sju områdena i syfte att bidra till att förbättra beslutsunderlag och föreslå åtgärder för att uppnå en högre vattenkvalitet.

I rapporten behandlas och analyseras de uppmätta halterna tillsammans med tillgängliga vattenflöden och därefter beräknas belastningen för de sju områdena med både simulerade (S-HYPE) och uppmätta (Typområden på jordbruksmark) vattenflöden. Därefter jämförs avrinningsområdenas belastning sinsemellan och i relation till markanvändning och jordartsfördelning. Vidare jämförs den uträknade belastningen av fosfor med så kallade beting från VISS (Vatteninformationsystem Sverige) för att få en uppfattning om betingen är rimliga och hur de olika belastningarna står sig mot det. Betingen är den mängd fosforläckage som antas behöva minska för att vattendraget ska uppnå eller bibehålla *god ekologisk status*. Slutligen utfördes en mindre undersökning och diskussion kring huruvida våtmarker kan vara en effektiv åtgärd för att nå upp till betinget, vilket gjordes med hjälp av en GIS-tjänst.

Slutsatser kan dras att det finns en positiv korrelation mellan andel jordbruksmark i området och uppmätt halt näringsämne, korrelationen för totalfosfor gav ett R^2 -värde på 0,45, och p -värde $<0,0001$. För totalkväve är korrelationen lägre: $R^2 = 0,24$, $p < 0,0001$. Även jordartsfördelningen har betydelse, de avrinningsområden som har högre andel lera hade generellt en större förlust av fosfor. För kvävet fanns inte det sambandet i lika stor utsträckning. Belastningen beräknad med simulationsmodellen S-HYPE:s vattenflöden gav högre värden (10–35% högre belastning) än när det uppmätta arealspecifika flödet från typområdena användes, vilket i förlängningen gjorde det svårare att nå upp till VISS beting för den lägre belastningen. Vid jämförelse mellan belastningen beräknad med länsstyrelsens halter och S-HYPE:s vattenflöde mot en belastning helt simulerad av S-HYPE (dvs. r både halterna och vattenflödet är beräknade med S-HYPE), var belastningen för totalfosfor 2–53% högre för belastningen helt simulerad av S-HYPE. För totalkväve å andra sidan gav länsstyrelsens halter med S-HYPE:s vattenflöde 0–32% högre belastning än S-HYPE:s simulerade belastning.

Vidare valdes tre åar ut för att utreda huruvida våtmarker är en effektiv åtgärd. Resultatet visade att 20–25% av betinget kunde tas upp med hjälp av 1–4 potentiella våtmarker per område på 1,8–4,7 hektar. För åarna med lägre årlig belastning kunde hela betinget åtgärdas. Alltså är våtmarker en bra åtgärd för att minska belastningen av fosfor men det behövs antagligen fler åtgärder på gårdsnivå som komplement.

Nyckelord: avrinningsområde, belastning, fosfor, kväve, S-HYPE, retention, typområden på jordbruksmark, vattenflöde, VISS, våtmark

Abstract

One of Sweden's environmental quality objectives is "Zero eutrophication" which implies that the concentrations of nutrients in soils and water must not have negative impact on human health, conditions for biodiversity or the opportunities for all-round use of land and water (Naturvårdsverket 2023). The loss of the nutrients (phosphorus and nitrogen) from arable land is one of the greater contributors to eutrophication of river, lakes, and seas. The county administrative board of Västmanland in Sweden, in collaboration with Life IP Rich Waters, have measured the concentrations of phosphorus and nitrogen in seven agriculturally intensive catchments near lake Mälaren during 2020-2021. The aim of this paper was to calculate the load for each catchment, summarize, evaluate and analyze the data from the measurements and hopefully contribute to improve basis of decision-making as well as to give some suggestions on possible actions for reduction of nutrient losses.

In this paper the data were processed and analyzed and different available data on water flows were used and discussed. Thereafter the nutrient load for each catchment was separately calculated with simulated water discharged from S-HYPE model and with measured water flows from the "Agricultural Monitoring Program". The loads were compared with each other and in relation to the land use and textural soil distribution in each catchment. Furthermore, the loads of phosphorus were put in comparison with certain reduction target designed by water authorities (VISS a data base developed by the water authorities, the County administrative boards and the Swedish Agency for Marine and Water Management) to get an idea if those targets are reasonable and how the calculated loads compare to them. The reduction targets represent the amount of phosphorus per year each catchment needs to decrease to reach or maintain *a good ecological status*. Moreover, an evaluation was performed to study if construction of wetlands is an efficient action for decreasing the load of phosphorus, using an available GIS-service.

The results showed that there was a significant correlation between the concentrations of nutrients in water and land use, especially arable land. The correlation for total phosphorus gave $R^2 = 0,45$ and $p < 0,0001$, and for total nitrogen $R^2 = 0,24$, $p < 0,0001$. However, the soil textural composition was important as well. For instance, the catchments with higher clay content had generally larger phosphorus losses. The correlation with soil textural composition was not as strong for nitrogen.

The loads calculated with the simulated waterflow from S-HYPE gave 10-35% higher values compared to the loads calculated with the measured waterflows. This, in comparison to VISS targets, ultimately led to a greater relative reduction (in % of total load) demand to achieve good ecological status.

Three out of the seven catchments were selected and used to study potential effect of constructed wetlands on load reductions. The result showed that the wetlands could retain 20-25% of the targeted amounts from VISS, provided optimal placement. For the catchments with lower targets, the whole targeted amount of phosphorus could be retained. In conclusion, wetlands might be a useful alternative for reducing phosphorus but needs to be complemented by further actions on farm level.

Keywords: catchment, load, nitrogen, phosphorus, S-HYPE, retention, type areas on agricultural land, waterflow, wetland, VISS

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	8
Figurförteckning.....	10
Förkortningar.....	12
1. Introduktion	14
1.1 VISS	14
1.2 Vattenflöde	15
1.3 Fosfor	16
1.4 Kväve	17
1.5 Kort om processer i våtmarken	18
1.6 Syfte och frågeställning.....	18
2. Metod.....	20
2.1 Områdena och översikt.....	20
2.1.1 Jordartsfördelning	21
2.1.2 Provtagningen.....	22
2.2 Vattenflöden	23
2.2.1 Väder	23
2.2.2 Flöden	23
2.3 Näringsämnen.....	25
2.3.1 Belastning	25
2.3.2 VISS.....	26
2.3.3 Åtgärd med våtmarker	26
3. Resultat och diskussion.....	28
3.1 Avrinning	28
3.1.1 Ackumulerat vattenflöde	28
3.1.2 Statistik	30
3.1.3 Sammanfattning vatten.....	33
3.2 Näringshalter.....	33
3.2.1 Vattenflöden och länsstyrelsens data	33
3.2.2 Halter mot jordbruksmark	35
3.3 Belastning	37
3.3.1 Belastning näringsämnen	37

3.3.2 Belastning U8 och C6	41
3.4 Belastning och VISS	42
3.5 Åtgärd med våtmarker	44
4. Slutsatser.....	49
Referenser.....	51
Populärvetenskaplig sammanfattning	55
Tack 56	
Bilaga 1 – provdatum, halter och kommentarer.....	57
Bilaga 2 – texturtriangel	66
Bilaga 3 - beräkningar	67
Bilaga 4 – uppmätta år	68
Bilaga 5 – vattenföring månadsvis	69
Bilaga 6 – regressionsdiagram: vattenflöden samt halter och vattenflöden	70

Tabellförteckning

Tabell 1. Markanvändning i de sju avrinningsområdena plus typområdena U8 och C6. Övrigt representerar hedmark, myr-och våtmark samt hårdgjorda ytor. Data från SMHI, S-HYPE.	21
Tabell 2. Jordartsfördelning (texturklasser) för jordbruksmarken i de sju avrinningsområdena. I tabellen syns procent av de vanligaste förekommande jordarterna (de som i någon av områdena överskrider 1% av totala jordbruksarealen).....	22
Tabell 3. Årsnederbörd och medeltemperatur för 2017–2022 för Västerås (Data från SMHI 2024).....	23
Tabell 4. Tabell över modellosäkerheten för dygnsvärden i % för länsstyrelsens sju avrinningsområdens S-HYPE-simulerade vattenflöden samt för de fyra uppmätta årens simulerade vattenflöden (S-HYPE, SMHI 2024)	24
Tabell 5. De sju avrinningsområdena, typområdena U8 och C6, fyra andra år i Västmanland med uppmätt vattenflöde samt Svartån och deras årliga vattenföring för 2020 och 2021 samt total vattenföring för de två åren.	29
Tabell 6. S-HYPE:s dygnsflöden i korrelation till U8 och C6, deras R ² -värde och p-värde (p <0,05 tyder på signifikant samband). Mindre tal än tusendel = 0.....	31
Tabell 7. Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE-värden) för de sju avrinningsområdenas månadsflöden (från S-HYPE) i förhållande till typområdena (U8 och C6)	32
Tabell 8. R ² -värden över korrelationen mellan näringshalterna uppmätta av länsstyrelsen och vattenflödet under provtagningsdagarna. SH=S-HYPE:s flöde och U8 är typområdet. P <0,0001 för alla kombinationer.....	34
Tabell 9. R ² -värden för U8s flöde mot U8s manuellt uppmätta halter provtagningsdagarna.	34
Tabell 10. Belastningen i kg/ha för alla avrinningsområden med S-HYPE:s flöde och med U8 och C6 flöden. TP (Total fosfor), PO ₄ (fosfat), TN (totalt kväve), NH ₄ -N (ammoniumkväve), NO ₃ -N (nitratkväve) och slam. Jämförelseperiod är det hydrologiska året 2020–2021 (oktober 2020 – september 2021).....	37

Tabell 11. Belastning för alla områden i kg beräknade med S-HYPE:s flöde samt med U8 och C6 flöden. TP (Total fosfor), PO ₄ -P (fosfatfosfor), TN (totalt kväve), NH ₄ -N (ammoniumkväve), NO ₃ -N (nitratkväve) och slam. Jämförelseperiod är det hydrologiska året 2020–2021 (oktober 2020 – september 2021).....	38
Tabell 12. Avrinningsområdena och deras totala fosforbelastning (kg TP/år) för Länsstyrelsens halter med S-HYPE:s vattenflöde (LST-TP) samt belastning simulerad helt från S-HYPE (S-HYPE- TP). Skillnaden i % är mellanskillnaden dividerat med den högre belastningen.	40
Tabell 13. Avrinningsområdena och deras totala kvävebelastning (kg TN/år) för Länsstyrelsens halter med S-HYPE:s vattenflöde (LST-TN) samt belastning simulerad helt från S-HYPE (S-HYPE- TN). Skillnaden i % är mellanskillnaden dividerat med den högre belastningen.	40
Tabell 14. Tabell över avrinningsområdenas åtgärdsbehov av total fosfor för att uppnå eller bibehålla god ekologisk status. Det totalt möjliga åtgärdsbehovet för fosfor i avrinningsområdet och det totalt möjliga åtgärdsbehovet jordbruket kan åtgärda enligt VISS, samt VISS riskbedömning av områdena. (VISS 2022) ...	42
Tabell 15. Avrinningsområdena belastning uträknat med S-HYPE och med U8/C6, den totala fosforbelastningen under ett år, VISS beting och hur många procent varje område bör minska sin utlakning.	43

Figurförteckning

Figur 1. Sveriges Vattendistrikt. (Vattenmyndigheterna 2024)	14
Figur 2. Karta över de olika typområdena i Sverige. I denna rapport används endast U8 i Västmanland och C6 i Uppland. (SLU 2022).....	16
Figur 3. Översiktskarta över de sju avrinningsområdena. från väst till öst: Vibybäcken, Lillån, Norsabäcken, Ståholmsbäcken, Bodabäcken, Asköbäcken och Limstabäcken. Bakgrunden utgörs av Nationella Marktäckedata (Naturvårdsverket 2024) där gul färg indikerar åkermark. De turkosa cirklar visar provtagningsstationer.....	20
Figur 4. Exempel på den tillgängliga GIS-tjänsten för Mälardalens tillrinningsområde Norrström. Varje cirkel representerar en potentiell våtmark, ingen hänsyn tagen till jordbruksmark eller bebyggelse. I mitten av bilden syns Norsabäcken där den mynnar ut i Mälaren ((Norrström (arcgis.com)))	27
Figur 5. Ackumulerat vattenflöde för simulerade S-HYPE-flöden 2020-01-01 till 2021-12-31 för de sju avrinningsområdena, samt uppmätta flöden för typområdena U8 och C6 flöden.....	28
Figur 6. Ackumulerad vattenföring för 5 år i Västmanland 2020-01-01 till 2021-12-31 där flödet har mätts vid mätstationerna Odensvibro 2, Berg, Grännvad, Härnevid och Åkesta kvarn.	29
Figur 7. Korrelation mellan modellerade flöden (S-HYPE) för Norsabäcken (området med högst korrelation) med uppmätta flöden för U8 och C6.....	31
Figur 8. Korrelation mellan modellerade flöden (S-HYPE) för Lillån (området med lägst korrelation) med uppmätta flöden för U8 och C6.....	32
Figur 9. Dygnsmedelvärde av uppmätta halter TP ($\mu\text{g/l}$) plottat mot jordbruksmark (%) för de sju avrinningsområdena (cirklar) och typområdena (trianglar). Den röda markeringen är Limstabäcken som avviker i viss mån. De blåa trianglarna är typområdenas flödesproportionella mätningar.	36
Figur 10. Dygnsmedelvärde av uppmätta halter TN ($\mu\text{g/l}$) plottat mot jordbruksmark (%) för de sju avrinningsområdena (cirklar) och typområdena (trianglar). Den röda	

markeringen är Limstabäcken och de blåa triangelarna är typområdenas flödesproportionella mätningar.	36
Figur 11. Areal specifik belastning (kg/ha) av fosfor i alla avrinningsområden, plus U8 och C6 med deras specifika belastning (både manuella och flödesproportionella mätningar). M = manuell mätning, FP = flödesproportionell mätning.	41
Figur 12. Norsabäcken avrinningsområde (T.v.) och Stäholmsbäcken avrinningsområde (T.h.) med föreslagna våtmarker (A, B, C) för respektive område. Norr är uppåt i bilden och Mälaren skymtas i nederkanten. E18 är vägen mitt i bilden.	46
Figur 13. Vibybäckens avrinningsområde med föreslagna våtmarker (A, B, C, D). Norr är uppåt i bilden och E18 skymtas i nedre högra hörnet. (Djodjic 2024)	47

Förkortningar

P	Fosfor
N	Kväve
TP	Total Fosfor
TN	Total Kväve
PO ₄ -P	Fosfatfosfor
NH ₄ -N	Ammoniumkväve
NO ₃ -N	Nitratkväve
VISS	Vatteninformationssystem Sverige
GIS	Geografiskt informationssystem
LST	Länsstyrelsen
SVAR	Sveriges vattenarkiv
mm	Millimeter (dm ³ /m ²)

Ordlista

Avrinningsområde: ett område från vilket vatten dräneras till ett vattendrag, sjö eller havsbassäng. Avgränsas av höjdryggar, så kallade vattendelare (Mälarens vattenvårdsförbund 2024, SMHI 2021).

Belastning: Den mängd fosfor eller kväve som tillförs vattenförekomsten från externa källor. Belastningen delas upp i bakgrundsbelastning vilken utgörs av naturligt läckage från marken. Samt antropogen belastning vilket är markläckage från mänskliga aktiviteter samt punktutsläpp (Erlandsson Lampa et al. 2021). Denna rapport behandlar den antropogena belastningen, specifikt den totala förlusten av näringsämne från jordbruket inom ett avrinningsområde.

Beting: det åtgärdsbehov (kg/år) som behöver göras i en vattenförekomst för att den, eller en vattenförekomst nedströms, ska uppnå eller bibehålla god ekologisk status (Erlandsson Lampa et al. 2021).

Ekologisk status: En statusklassificering av vattenförekomster innefattande en bedömning av status för växt- och djurarter i och kring vattnet. En bedömning görs även om vattenförekomsten är fysiskt förändrad (VISS 2024). God ekologisk status innebär att kvoten mellan vattnets naturliga bakgrundshalt av fosfor och kväve (referensvärdet) och uppmätt värde är $\geq 0,5$. Alltså ska den uppmätta koncentrationen vara mindre än dubbla referensvärdet (Erlandsson Lampa et al. 2021).

PLC: "Baltic Sea Pollution Load Compilation" Ett projekt implementerat av HELCOM. Rapporteringen till PLC-6 utgörs av en sammanställning av vattenburen källfördelad föroreningstransport till hela Östersjön (Skagerrak, Kattegatt, Öresund, Egentliga Östersjön, Bottenviken och Bottenhavet) (SMED 2024, HELCOM 2024b).

1. Introduktion

Förluster av näringsämnen, fosfor (P) och kväve (N), leder till övergödning av sjöar, vattendrag och hav, samt är en förlust av resurs som eventuellt hade kunnat tas tillvara. Övergödning leder ofta till ökad produktion av växtplankton, på somrarna är tillväxten hög vilket leder till så kallad algblooming. Det påverkar också den biologiska mångfalden genom att förhållandet mellan organismer störs, växtligheten påverkas samt att syrebrist kan uppstå på botten när större mängder växtmaterial bryts ner, vilket i sin tur kan slå ut bottenlevande fiskar och djur (Smith & Schindler 2009). Ämnen lakas ut bland annat från jordbruksmark genom ytavrinning och dräneringssystem. År 2017 var totala nettobelastningen till omkringliggande hav från jordbruket 33 400 ton/år kväve och 1010 ton/år fosfor (Hansson et al. 2019). Tillsammans med skogsbrukets nettobelastning på 31 670 ton/år kväve och 870 ton/år fosfor står de för 60% av den totala belastningen av kväve och fosfor från Sverige. Resterade procent är naturlig utlakning samt emissioner från reningsverk, industrier och enskilda avlopp (Hansson et al. 2019). Ett av Sveriges miljömål är ”ingen övergödning” vilket innebär att gödande ämnen inte ska ha negativ inverkan på människor, biologisk mångfald eller mark-och vattenanvändning (Naturvårds-verket 2023). I Sverige finns det fem vattenmyndigheter, ett för varje vattendistrikt (Bottenviken, Bottenhavet, Norra Östersjön, Västerhavet och Södra Östersjön, figur 1). En länsstyrelse i varje distrikt har blivit utsedd att vara vattenmyndighet, det är deras uppgift att sträva mot Sveriges miljömål och följa EU:s vattendirektiv (Vattenmyndigheterna 2023).

1.1 VISS

Vattenmyndigheterna tillsammans med länsstyrelserna och Havs- och vattenmyndigheten har tillsammans utvecklat databasen *Vatteninformationssystem Sverige* (VISS). Där finns bland annat statusklassning av Sveriges avrinningsområden och vattenförekomster samt åtgärdsbehov för dessa, hur mycket de bör minska



Figur 1. Sveriges Vattendistrikt. (Vattenmyndigheterna 2024).

sitt läckage av näringsämnen för att bibehålla eller uppnå *god ekologisk status*, så kallade **VISS-värden** (Havs- och vattenmyndigheten 2017). Dessa beting är för stora vattenförekomster baserade på fosfortransporten från PLC-6 rapportering till Helsinki Commission (HELCOM) (HELCOM 2024a). Det saknas dock ofta data för mindre avrinningsområden och därav baseras de på kartunderlag och schabloner, en riskbedömning utförs (Erlandsson-Lampa 2024, pers. med.). Jordbrukets åtgärdsbehov för varje vattenförekomst fördelas ut på åtgärderna strukturkalkning, våtmarker samt anpassade och konventionella skydds zoner. Baserat på denna åtgärdsanalys beräknades ett maximalt åtgärdsutrymme för jordbruket per vattenförekomst (kg-P/år) (Erlandsson Lampa 2021).

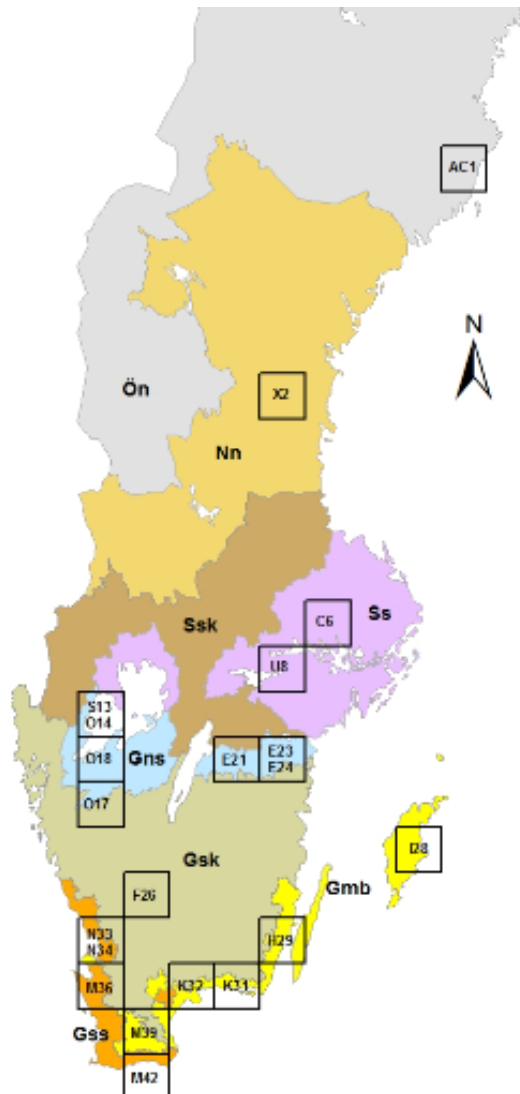
I och med att Sverige ska sträva mot att alla vattenförekomster ska uppnå god ekologisk status finns EU-projektet Life IP Rich Waters, som arbetar med att intensifiera åtgärdsarbetet och därmed förbättra vattenkvaliteten i framför allt mellansvenska vatten och vattendrag som rinner ut i och påverkar Mälaren och Norra Östersjön (Rich Waters 2023). Inom detta projekt har länsstyrelsen i Västmanland (Vattenmyndighet för Norra Östersjön) utfört mätningar i sju mälarmynnande vattenförekomster belägna i ett jordbruksintensivt landskap för att få en uppfattning om mängden näringsämnen (P och N) som utlakas och därmed kunna beräkna belastningen och jämföra med VISS beting. För att beräkna belastningen och förstå näringens fluktuationer behövs ett vattenflöde och grundläggande kunskaper om kväve och fosfors egenskaper.

1.2 Vattenflöde

För att kunna beräkna belastningen med länsstyrelsens uppmätta näringsämneshalter och jämföra den med VISS-beting behövs ett vattenflöde. I Sverige har vi ett stort antal vattendrag och har inte kapacitet att mäta flödet i alla. Därav används en simulationsmodell av SMHI, denna modell som kallas S-HYPE kan simulera vattenflöden baserat på flödesstatistik och lokala förhållanden så som markförhållanden och nederbörd (SMHI 2023). Modellen utvärderas kontinuerligt mot mätdata, och om flöden hämtas via S-HYPE i ett område där uppmätt data finns är det uppmätt data som kommer att visas (SMHI/vattenwebb 2022). Det är S-HYPE:s flödesdata som har använts i VISS för att få fram statusklassningen och betingen för åtgärdsbehov.

Ett annat alternativ är att använda och/eller jämföra med uppmätta vattenflöden från närliggande liknande områden, exempelvis områden som ingår i övervakningsprogrammet *Typområden på jordbruksmark* utfört av SLU (beställt av Naturvårdsverket). Vattenflöden har mätts och provtagningar av näringsämnen har skett kontinuerligt i dessa områden från 1990-talet till idag. Just nu ingår 18

områden i programmet, dessa är spridda i Sverige, se figur 2. Exakta positioner av typområdena anges inte på grund av hänsyn till lantbrukare och deras vilja att lämna uppgifter om odlingsåtgärder (SLU 2023).



Figur 2. Karta över de olika typområdena i Sverige. I denna rapport används endast U8 i Västmanland och C6 i Uppland. (SLU 2022).

1.3 Fosfor

I alla levande organismer ingår fosfor som viktigt näringsämne i olika viktiga föreningar som tex adenosintrifosfat (ATP), deoxiribonukleinsyra (DNA), ribonukleinsyra (RNA) samt i fosforlipider i cellmembranet (Eriksson et al. 2011). Fosforbrist kan det leda till mindre och klenare plantor med symptom som försenad mognad, dålig blomning och lägre frökvalitet (Eriksson et al. 2011). Fosfor förekommer i marken i olika former, och tillgängligheten beror på pH,

redoxförhållanden och hydrolytiska processer som omvandlar organiskt P till fosfat (Corell 1998). Den största delen P är bunden på olika sätt i marken. Fosfor i organiskt material kräver en biologisk nedbrytningsprocess för att frigöras. Den organiskt bundna P kan i en matjord utgöra 30–60% av TP och är därav en viktig fosforkälla. I oorganisk form kan P vara löst i markvätskan i form av fosfat (liten del), eller bundet på olika sätt till partiklar (stor del) (Eriksson et al. 2011). Vid lägre pH adsorberar ämnet till järn-och aluminiumoxider, vid mycket låga pH kan det falla ut med järn-och aluminiumjoner till svårlösliga föreningar. Är det tvärtom högre pH kan fosfor falla ut med kalcium och bilda svårlösliga mineral (Eriksson et al. 2011).

Fosfor utlakas i första hand via ytavrinning och dränering, naturlig och artificiell, genom erosion med partikelbunden fosfor och fosfor inkorporerat i organiskt material eller via markvätskan (Schoumans et al. 2014). Flera undersökningar visar att det finns positiv korrelation mellan andel slam i vattendrag och P-förluster (Sandström et al. 2020, Person 2001, Ballantine et al. 2008) samt att en högre lerhalt bidrar till en större förlust av P (Kyllmar et al. 2014). För att reducera förlusten av P kan odlingstekniska åtgärder tas till för att minska framför allt erosionen, detta genom att hålla marken bevuxen, använda fånggrödor/mellangrödor, kalkning, växtföljd, plöja på våren i stället för hösten samt ha ett fungerande dräneringssystem för att undvika översvämning och massflöden (Schoumans et al. 2014). Skyddszoner och våtmarker kan också minska förluster av P genom att kvarhålla ämnet i former som inte flyttas vidare under normala förhållanden. Exempelvis genom upptag av växter och mikroorganismer, sedimentering, adsorption av jordpartiklar, utfällning till mineral och utväxlingsprocesser mellan vattnet och marken (Reddy et al. 2005).

1.4 Kväve

Kväve ingår i proteiner i växten, i DNA, RNA och i klorofyllmolekylen (Padilla et al. 2018). Ämnet förekommer löst i markvätskan som ammonium (NH_4^+) och nitrat (NO_3^-). Halten ammonium är påverkad utav spridning av gödsel och förekomst av lättomsättbart organiskt material. Exempelvis ger spridning av flytgödsel på sandjordar mycket höga ammoniumvärden i markvätskan. NH_4^+ -joner förekommer också som adsorberade och/eller fixerade joner till lermineral eller bundet som NH-grupper i organiskt material (Eriksson et al. 2011). Det bundna kvävet frisläpps när organismer bryter ner det organiska materialet (Kyllmar & Aronsson 2019). Ammonium i sig har låg utlakningsrisk i och med att den adsorberar, men på grund av att nitrifikationen (omvandlandet av ammonium till nitrat) är effektiv i åkerjord omvandlas merparten ofta snabbt till nitrat. Nitrat med sin negativa laddning har inte lika stor möjlighet att adsorbera, samt bildar inte ytkomplex och blir därmed

lättlöslig och utlakas i högre grad (Hester et al. 1996). Kväve bundet i lösligt organiskt material har också en utlakningsrisk, det organiska materialet/partiklarna tar med sig sitt kväve när de eventuellt lakas ut (Eriksson 2011).

Marksammansättningen och jordart har betydelse för förluster av N, sandiga jordar har en större förlust (Kyllmar et al. 2014). Väder/klimat påverkar också i stor del, i södra Sverige som har längre odlingsäsong pågår omsättning av organiskt material längre. Även mängden nederbörd påverkar, största förlusterna av N sker där vintrarna är milda och nederbörden stor, i sydvästra Sverige (Kyllmar & Aronsson 2019).

1.5 Kort om processer i våtmarken

Eftersom den största delen utlakad/bortförd P transporteras via lerpartiklar är sedimentation den process som kvarhåller störst andel P i våtmarker. Sedimentationshastigheten beror på partiklarnas egenskaper men även på vattnets hastighet och djup (Johannesson 2015). Våtmarkens storlek måste vara i förhållande till uppströmsområdets, där en för liten våtmark i förhållande till dess uppströmsområde får för högt flöde och näringsämnen hinner inte tas upp, medan en för stor våtmark i förhållande till vattenflödet ger för små vattenvolymer och därmed låga mängder näringsämnen (Koskiaho 2006).

För kväve som är vattenlösligt och största delen i form av nitrat är denitrifikationen en av processerna som minskar stor del N i våtmarker, där omvandlar mikrober nitrat till kvävgas och N lämnar systemet. En annan process är immobilisering genom upptag av olika organismer, där ”förvaras” N under en begränsad tid i organismen för att sedan, när organismen dör sedimentera med organismen eller bli nedbrutet och åter frisläppt (Koskiaho 2006).

1.6 Syfte och frågeställning

Syftet med rapporten är att sammanställa, utvärdera och analysera miljöövervakningsdata över näringsläckage från sju Mälarnära avrinningsområden för att förbättra beslutsunderlag och föreslå åtgärder för att förbättra vattenkvalitet.

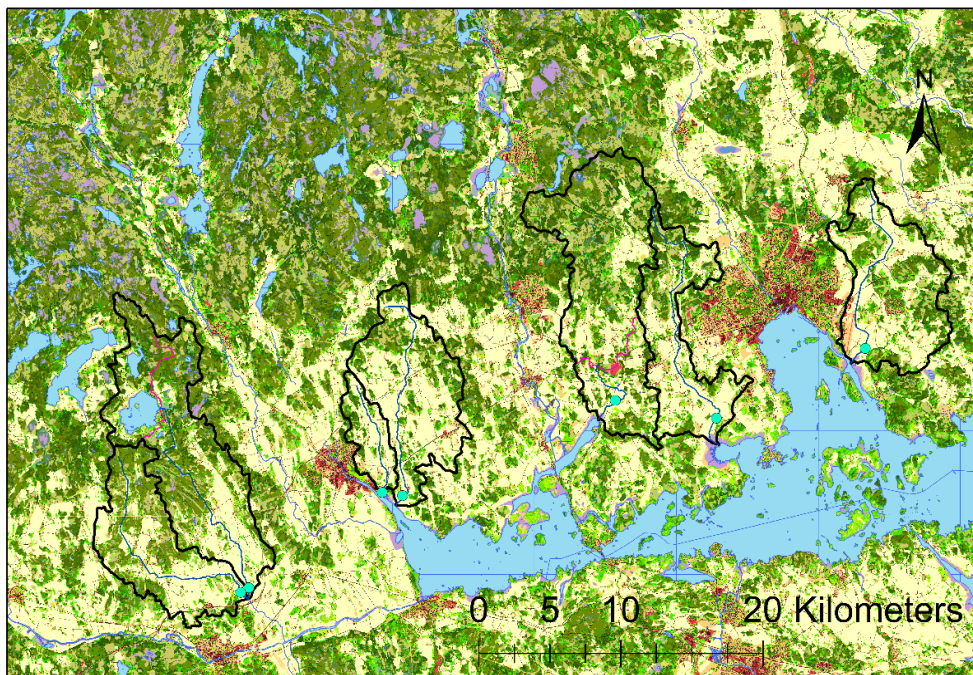
Frågeställningar:

1. Hur stor är belastningen från avrinningsområdena? Finns det korrelation mellan flöden och koncentration av näringsämnen? Hur varierar det mellan områden och varför (markanvändning, jordartsfördelning)?
2. Hur förhåller sig S-HYPE:s simulerade flöden till uppmätta flöden i närliggande bäckar och vilka slutsatser om VISS beting kan dras på grund av det?
3. Hur mycket kan anläggning av våtmarker bidra till att minska läckage av fosfor för att tillmötesgå VISS beting?

2. Metod

2.1 Områdena och översikt

Mätningar av näringshalter har utförts i sju vattendrag belägna i Västmanland som mynnar ut i eller har direkt utlopp i Mälaren: Vibybäcken, Lillån, Norsabäcken, Ståholmsbäcken, Bodabäcken, Asköbäcken och Limstabäcken. Figur 3 visar avrinningsområdenas placering, åarna och provtagningsplatserna.



Figur 3. Översiktsskarta över de sju avrinningsområdena. från väst till öst: Vibybäcken, Lillån, Norsabäcken, Ståholmsbäcken, Bodabäcken, Asköbäcken och Limstabäcken. Bakgrunden utgörs av Nationella Marktäckedata (Naturvårdsverket 2024) där gul färg indikerar åkermark. De turkosa cirkelarna visar provtagningsstationerna.

Norsabäcken, Ståholmsbäcken, Bodabäcken, Asköbäcken och Limstabäcken har utlopp direkt i Mälaren medan Vibybäcken flyter ihop med Lillån nordost om Arboga för att sedan mynna ut i Arbogaån. Efter ungefär en mil mynnar Arbogaån ut i Mälarens västligaste del, Galtfjärden. De aktuella åarna är placerade i ett flackt landskap med hög andel jordbruk och skogsbruk (tabell 1).

De typområden som kommer användas vid jämförelsen är U8 i Västmanland och C6 i Uppland eftersom de är placerade inom Norra Östersjöns Vattendistrikt och i närhet till de sju åarna (figur 1 och 2).

Tabell 1. Markanvändning i de sju avrinningsområdena plus typområdena U8 och C6. Övrigt representerar hedmark, myr-och våtmark samt hårdgjorda ytor. Data från SMHI, S-HYPE.

Delavrinningsområde:	Area [km ²]	Vatten %	Skogs-Mark %	Jordbruks-Mark %	Tätort %	Övrigt %
Lillån	103	<1	59	25	0,5	9,0
Vibyäcken	64	<1	49	42	0,6	8,7
Ståholmsbäcken	69	<1	34	55	0,8	9,4
Norsabäcken	18	<1	27	59	2,8	11
Bodabäcken	111	<1	63	27	1,2	13
Asköbäcken	59	<1	37	49	2,2	12
Limstabäcken	73	<1	37	47	2,9	13
U8	5,7	-	-	56	-	-
C6	33	-	-	59	-	-

2.1.1 Jordartsfördelning

I tabell 2 visas procent av de vanligast förekommande jordarterna i form av texturklasser som någon av avrinningsområdena överskrider 1% av. För att få fram jordsammansättningen i avrinningsområdena har Digitala Åkermarkskartan använts med jordartsdata från SGU och avrinningsområden från Länsstyrelsen Västmanland. Eftersom det antas att den största utlakningen kommer från jordbruksmarken användes jordartfördelningen enbart för jordbruksmark (texturtriangeln, se bilaga 2), därav blir summan av varje rad inte 100%.

Tabell 2. Jordartsfördelning (texturklasser) för jordbruksmarken i de sju avrinningsområdena. I tabellen syns procent av de vanligaste förekommande jordarterna (de som i någon av områdena överskrider 1% av totala jordbruksarealen).

Avrinningsområde	Sandy loam %	Loam %	Silty loam %	Clay loam %	Silty clay loam %	Silty clay %	Clay %
Asköbäcken	0,0	0,1	2,4	1,0	2,6	46,7	6,2
Vibyäcken	0,0	0,1	0,0	2,1	1,2	40,4	5,0
Limstabäcken	1,7	2,4	0,2	8,6	6,2	31,1	5,1
Norsabäcken	0,0	2,0	0,0	2,0	1,9	51,7	11,2
Ståholmsbäcken	0,1	0,4	0,2	2,7	6,6	48,7	5,0
Lillån	0,2	0,9	0,1	1,3	4,9	21,9	2,2
Bodabäcken	0,0	0,0	1,6	0,7	4,7	25,4	2,4

2.1.2 Provtagningen

Länsstyrelsen i Västmanland har gjort provtagningar av näringsämnen i de nedre delarna av vattendragen, precis innan utlopp/myrning (figur 3). Detta har skett kontinuerligt med manuell provtagning ungefär två gånger i månaden från 2020-09-21 till 2021-12-20 (För exakta provtagningsdatum se bilaga 1). Proverna skickades för analys till det geokemiska labbet på institutionen för Vatten och Miljö på Sveriges lantbruksuniversitet (SLU). De analyserade parametrarna var totalfosfor (TP), fosfatfosforhalt (PO₄-P), totalkväve (TN), ammoniumkvävehalt (NH₄-N), nitratkvävehalt (NO₃-N) och slamhalten. För typområdena finns värden för samma parametrar. För U8 finns både flödesproportionella- och manuella mätningar, för C6 endast flödesproportionella. Skillnaden mellan dessa är att flödesproportionella mätningars provvolym är proportionell mot vattenflödet under respektive provtagningsperiod (Naturvårdsverket 2016) och kan antas ge mer representativa värden. Vid manuell mätning kan höga flöden missas och därmed missas det också vad de har för betydelse för de totala näringstransporterna. Vid flödesproportionella mätningar beräknar en logger det aktuella flödet och när en förbestämmd volym vatten passerat sugas ett delprov upp (ca 15ml) via en pump, delproven samlas i en behållare och mängden vatten i behållaren beror på avrinningens storlek. Provet omblandas och delprov tas ut för analys (Linefur 2023). Det är miljöövervakningsprogrammet *Typområden på åkermark* som har utfört mätningarna och data är hämtat från deras webbplats (Jordbruksvatten/SLU 2023). Mätningarna har utförts ca två gånger i månaden runt samma datum som för Länsstyrelsen, för exakta datum och uppmätta halter se bilaga 1.

2.2 Vattenflöden

2.2.1 Väder

Åren 2020 och 2021 var relativt normala år för Sverige sett till nederbörd. Temperaturmässigt däremot uppnådde år 2020 rekordhög medeltemperatur i Sverige på 7,6°C, vilket kan jämföras med föregående rekord från 2014 på 6,9°C. År 2021 uppmätte å andra sidan den kallaste medeltemperaturen till 5,9°C sedan 2013 (SMHI 2021 och 2022). Årsmedelnederbörden för hela Sverige 2020 var 713 mm och för 2021 700mm (SMHI 2022).

Västeråstrakten, där åarna är belägna, följer Sveriges väder/klimatmönster med hög medeltemperatur 2020 och låg medeltemperatur 2021. Här hade dock 2021 mer nederbörd än 2020, och jämfört med närliggande år är nederbörden på en likvärdig nivå (tabell 3) (SMHI 2024).

Tabell 3. Årsnederbörd och medeltemperatur för 2017–2022 för Västerås (Data från SMHI 2024).

År	Årsnederbörd mm	Medeltemp □ C
2017	573	7,2
2018	463	7,8
2019	731	7,6
2020	540	9,1
2021	635	7,2
2022	517	7,9

Det hydrologiska året 2020–2021 (2020-10-01 till 2021-09-30) för **Västerås** gav en nederbörd på 748 mm. Det är mer än närliggande år; 2021–2022 hade 492mm 2019–2020 hade 571 mm, 2018–2019 hade 592 mm. (SMHI 2024).

2.2.2 Flöden

S-HYPE

S-HYPE skapades 2008 och baseras på Sveriges vattenarkivs (SVAR) indelning av avrinningsområden (SMHI 2023c). Modellen har ett stort antal parametrar som behöver anges och anpassas till lokala förhållanden, det här sker inte lokalt för varje punkt utan för grupper av mindre och homogena typområden, som exempel: jordbruk på lera eller barrskog på moränjord. De flesta parametrarna är kopplade till markanvändning och jordart (SMHI 2023b). Kalibrering av S-HYPE sker kontinuerligt, först tas en generell grundmodell fram som tar hänsyn till bland annat grundvattenvariationer och ytvattenavrinning. Här används erfarenhetsvärden och litteraturvärden samt mätvärden av exempelvis snödjup och avdunstning. Sedan

ställs lokala avvikelser in, här vägs alla mätpunkter samman till en kompromiss och utvärderar simulationen. Runt 600 hydrologiska mätstationer har använts vid uppsättning av modellen samt drygt 900 mätpunkter för kväve och fosfor (SMHI 2023b).

För S-HYPE finns en modellosäkerhet för dygnsvärden, den kan vara olika för olika vattenförekomster men innebär vad den förväntade avvikelser mot det uppmätta flödet i området skulle kunna vara. I tabell 4 syns osäkerheten för de sju avrinningsområdena samt osäkerheten för de fyra uppmätta åarnas simulerade flöden (SMHI – vattenwebb 2022).

Tabell 4. Tabell över modellosäkerheten för dygnsvärden i % för länsstyrelsens sju avrinningsområdens S-HYPE-simulerade vattenflöden samt för de fyra uppmätta åarnas simulerade vattenflöden. (S-HYPE, SMHI 2024).

Område	Modellosäkerhet dygnsvärden %
Vibyåäcken	34
Lillån	32
Ståholmsåäcken	34
Asköåäcken	35
Bodååäcken	32
Norsååäcken	39
Limstabåäcken	36
Kölståån	33
Svenbyåäcken	38
Lillån (2)	32
Örsundaån	29

Vattenflödet

Den nedladdade vattenföringsdata från S-HYPE för de sju åarna var i m³/s för varje dag. Typområdenas (U8 och C6) nedladdade uppmätta vattenföringsdata kom i dm³/s. Vattenföringen i U8 och C6 mäts med hjälp av triangulärt överfall och registreras för U8 med en mekanisk flottörskrivarpegel samt med displacementskropp, lastcell och datalogger. För C6 registreras vattenföringen endast med displacementskropp, lastcell och datalogger. Vattenföringen beräknas med ekvationer från de triangulära överfallen och medeldygnsflöden (dm³/s) beräknas som medel av timflöden (Linefur et al. 2023). Dessa omvandlades till mm/dygn (dm³/m²dygn) genom ekvation 1 och 2 i bilaga 3-beräkningar.

För att ta reda på hur S-HYPE:s simulerade flöden förhåller sig till verkligheten och om den genererar trovärdiga belastningsberäkningarna har dessa jämförts med typområdena U8:s och C6:s uppmätta arealspecifika flöden genom att titta på ackumulerat vattenflöde, regressionsdiagram med R²-värden, ANOVA-analys och

Nash-Sutcliffe efficiency coefficient (NSE-värde, Nash and Sutcliffe, 1970). Även en jämförelse mellan ackumulerade flöden med andra år och deras avrinningsområden i samma område där faktiska flödesmätningar har gjorts; Kölstaån, Svenbybäcken, Lillån (2) och Örsundaån plus en jämförelse med ett större avrinningsområdes vattenföring i Västmanland; Svartån (se bilaga 4 för information om de fem avrinningsområdena).

En enfaktor ANOVA-analys över vattenföringen månadsvis (se bilaga 5) för de sju årnas S-HYPE-flöden och typområdena U8 och C6 uppmätta flöden har utförts med hjälp av Excel:s dataanalysverktyg för att ta reda på om det fanns någon signifikant skillnad mellan månadssummorna. Enfaktor ANOVA-analys är en variansanalys och testar hypotesen att alla medelvärden i grupperna (i detta fall månadssummorna för vattenflödet) är lika, nollhypotesen. Om gruppernas medelvärden skiljer sig åt förkastas nollhypotesen, detta sker om p -värdet är mindre än 0,05. Det innebär att resultatet är signifikant och att det finns en skillnad (Sawyer 2009).

Regressionsdiagram gjordes också med hjälp av Excel för att upptäcka eventuell korrelation mellan S-HYPE flöden och typområdenas flöden. Även NSE-värdet räknades ut för de ackumulerade månadflödena för åren 2020–2021. NSE är ett värde som visar hur väl modellen överensstämmer med observerade värden (ekvation 3 i bilaga 3-beräkningar). NSE varierar från $-\infty$ till 1, där $NSE = 1$ visar på en perfekt modell, $NSE = 0$ visar att modellen inte är bättre än de observerade värdenas medelvärde och $NSE < 0$ innebär att det finns massbalansfel i data (Gupta & Kling 2011). Värden mellan $1 \geq NSE > 0,7$ anses vara bra, $0,7 \geq NSE > 0,50$ anses vara acceptabla och $0,5 \geq NSE$ är otillfredsställande. (Kuglin & Motovilov 2018). Även en regression över uppmätta halter näringsämnen och andel jordbruksmark på de sju områdena utfördes för att visa på eventuell korrelation.

2.3 Näringsämnen

2.3.1 Belastning

Med hjälp av regressionsdiagram och R^2 -värden kan det utläsas om det finns en korrelation mellan flöde (Q) och näringshalter (C). Om det finns en stark korrelation kan belastning räknas ut för dagar då näringshalter saknas, annars utgås det från att det är samma halt till nästa uppmätta värde. Belastningen beräknades genom att multiplicera flödet för den dagen ($mm = dm^3/m^2$) med uppmätt halt ($\mu g/l$). Resultatet presenteras som kg/ha och $kg/\text{år}$ för respektive område. Belastningen räknades ut för länsstyrelsens manuella haltmätningar dels tillsammans med de respektive sju årnas S-HYPE:s flöde, dels tillsammans med

typområdenas uppmätta arealspecifika flöden. För att få en fingervisning om den uträknade belastningen är rimlig för de sju avrinningsområdena beräknades även belastningen för typområdenas manuella mätningar och flödesproportionella mätningar med typområdenas flöde. De resultat som visas i diagram och tabeller har ett hydrologiskt år som jämförelseperiod. På så sätt används data från både 2020 och 2021. Ett hydrologiskt år löper från första oktober till sista september, anledningen är att det i brytpunkten inte finns så mycket snö, vattenmagasinen i form av snö är små vilket förenklar vattenbalansberäkningen (SMHI 2023a).

En jämförelse mellan avrinningsområden kan visa om halterna är påverkade av andel jordbruksmark, jordartsfördelning och vattenflödet i det specifika delavrinningsområdet. Sambandet mellan uppmätta halter och procent jordbruksmark i området kommer behandlas extra.

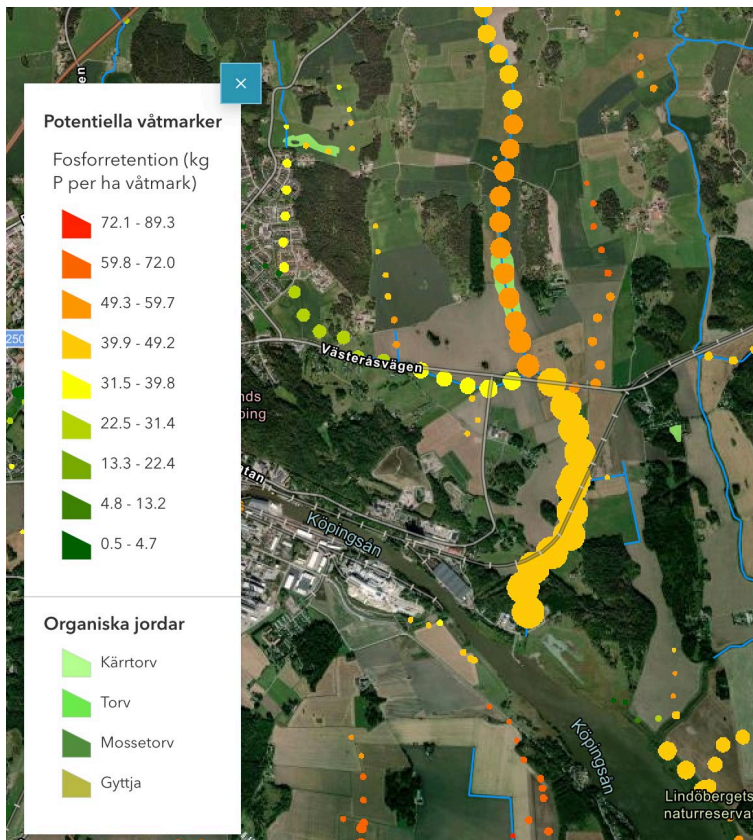
2.3.2 VISS

För total fosfor finns VISS-värden, så kallat beting för hur mycket varje vattendrag behöver minska sina utsläpp på ett år för att uppnå eller bibehålla *god ekologisk status* (VISS 2022). Dessa beting kommer jämföras och diskuteras i förhållande till den beräknade belastningen. Eftersom länsstyrelsens mätningar pågick 2020-09-21 till 2021-12-31 och VISS beting är årsvis, kommer ett hydrologiskt år användas som jämförelseperiod även här.

2.3.3 Åtgärd med våtmarker

Huruvida det finns sätt att minska belastningen av total fosfor med hjälp av att anlägga våtmarker ska undersökas genom GIS-tjänsten ArcGIS StoryMaps Norrström ([Norrström \(arcgis.com\)](https://arcgis.com)) (Djodjic et al. 2023). Det är en modell som är utvecklad av forskare på SLU för att underlätta åtgärdsarbetet mot övergödning i Norrströms huvudavrinningsområde (Mälaren, Hjälmaren och ett antal mindre sjöar). Med hjälp av kartorna i tjänsten går det att: synliggöra vattenvägar, bedöma risker för erosion och ytavrinning, se beräknad näringstransport i landskapet, identifiera översvänningsbenägna områden samt se eventuella våtmarkers potential att minska övergödning. Denna tjänst har använts för att skapa en uppfattning om hur stor del av betinget utvalda våtmarker kan åtgärda. Placering av våtmarkerna bör vara långt ner i avrinningsområdet för att fånga upp så mycket fosfor som möjligt innan vattnet når Mälaren. Dock måste jordbruksmark, ekonomi, jordart, bebyggelse med mera också tas i beaktning. Därav kan denna del ses som högst hypotetiskt, med fokus på att få en hög fosforretention som kan ta en så stor del av betinget som möjligt. För att begränsa så kommer endast tre av sju åar användas och diskuteras i detta avsnitt, det är Norsabäcken Ståholmsbäcken och Viibyäcken.

I GIS-tjänsten ser det ut som i figur 4, varje cirkel representerar en potentiell våtmark. Information om bland annat rekommenderad vattenyta (storlek på cirkeln), mängd P som når punkten och P-retention i kg/ha (färgen på cirkeln) och i total kg finns att tillgå för varje cirkel.



Figur 4. Exempel på den tillgängliga GIS-tjänsten för Mälardalens tillrinningsområde Norrström. Varje cirkel representerar en potentiell våtmark, ingen hänsyn tagen till jordbruksmark eller bebyggelse. I mitten av bilden syns Norsabäcken där den mynnar ut i Mälaren. ([Norrström \(arcgis.com\)](http://Norrstrom.arcgis.com)).

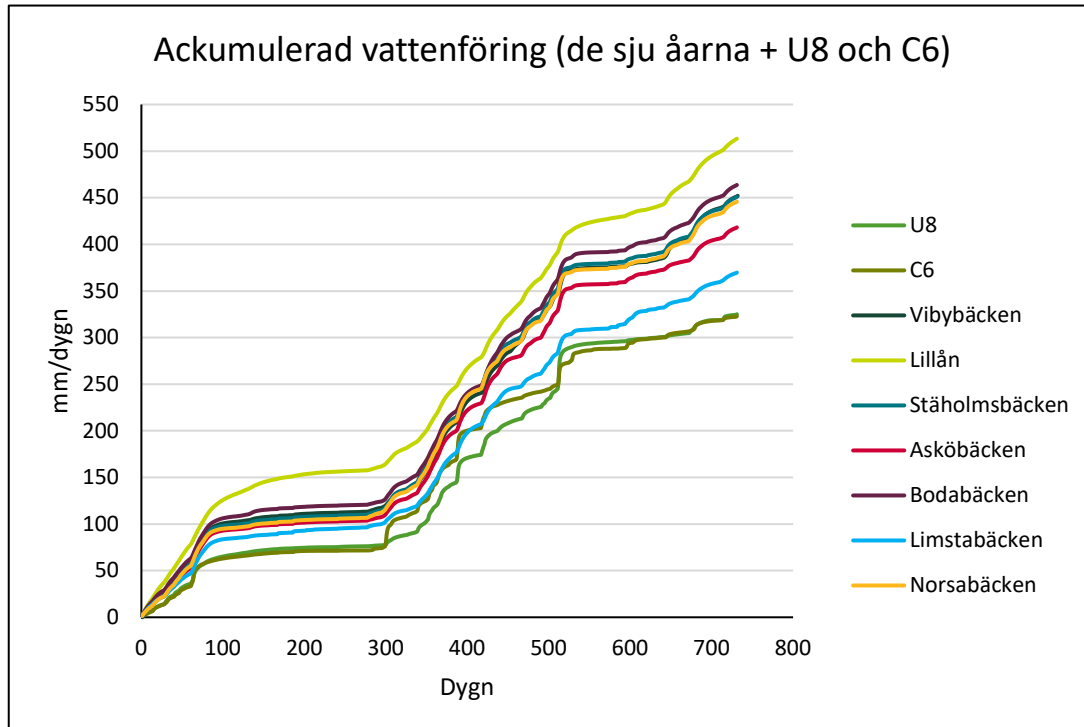
Tjänsten visar också information om kväveretention på samma sätt som för fosfor men eftersom VISS inte har några beting/åtgärdsbehov för kväve på samma sätt kommer fokus vara på fosfor i analysen.

3. Resultat och diskussion

3.1 Avrinning

3.1.1 Ackumulerat vattenflöde

Den ackumulerade S-HYPE-modellerade vattenföringen för de sju åarna och den uppmätta vattenföringen för typområdena U8 och C6 visas i figur 5 och tabell 5. Typområdena har en ackumulerad vattenföring på 325 mm (U8) och 323 mm (C6) under 2020–2021 i jämförelse med de simulerade S-HYPE åarna där vattenföring var mellan 388–513 mm. I tabell 5 syns även det ackumulerade flödet för de fyra åarna med uppmätt flöde samt Svartån.

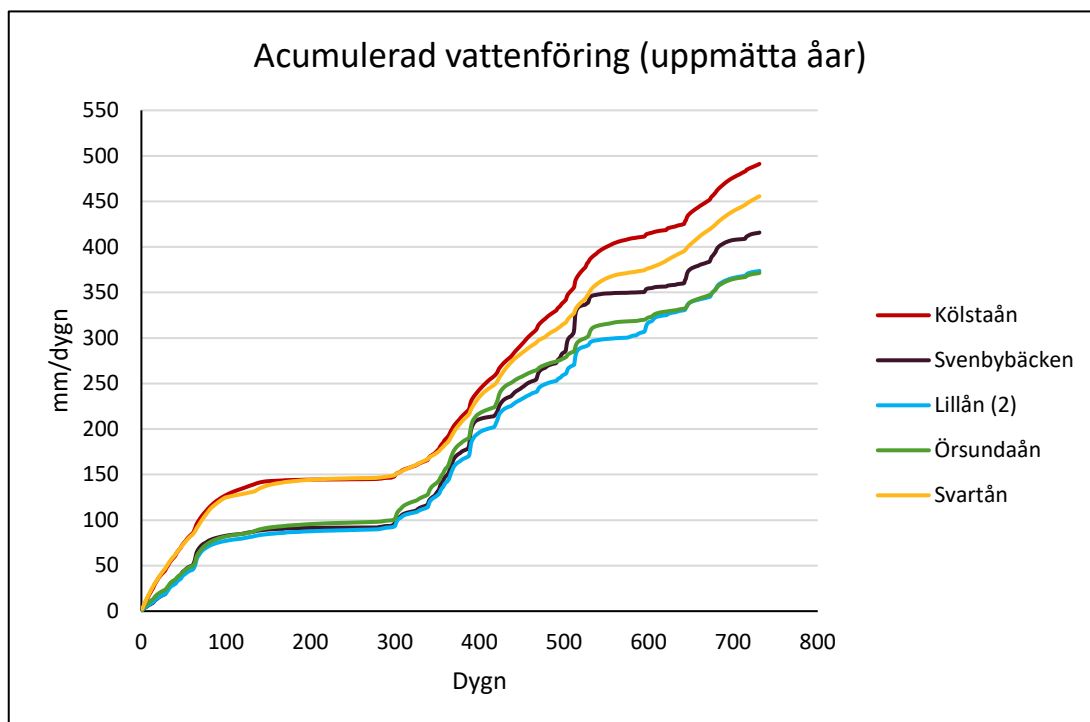


Figur 5. Ackumulerat vattenflöde för simulerade S-HYPE-flöden 2020-01-01 till 2021-12-31 för de sju avrinningsområdena, samt uppmätta flöden för typområdena U8 och C6 flöden.

Tabell 5. De sju avrinningsområdena, typområdena U8 och C6, fyra andra åar i Västmanland med uppmätt vattenflöde samt Svartån och deras årliga vattenföring för 2020 och 2021 samt total vattenföring för de två åren.

Avrinningsområde	Area km ²	2020 [mm]	2021 [mm]	2020 och 2021 [mm]
Vibybacken	64	186	266	452
Lillån	103	224	289	513
Ståholmsbacken	69	191	260	451
Asköbacken	59	177	241	418
Bodabäcken	111	197	267	464
Limstabäcken	73	154	216	370
Norsabäcken	18	188	258	446
Svartån	775	191	265	456
U8	5,7	126	199	325
C6	33	154	168	323
Kölstaån	110	198	293	491
Svenbybacken	36	159	257	416
Lillån 2	168	151	223	374
Örsundaån	312	168	203	371

I figur 6 visas den ackumulerade uppmätta vattenföringen för de fyra andra åarna samt Svartån i Västmanland under 2020–2021. I jämförelse med figur 5 (även i tabell 5) håller sig de uppmätta värdena inom samma spann som S-HYPE, mellan 371 – 491 mm.



Figur 6. Ackumulerad vattenföring för 5 åar i Västmanland 2020-01-01 till 2021-12-31 där flödet har mätts vid mätstationerna Odensvibro 2, Berg, Grännvad, Härnevid och Åkesta kvarn.

De uppmätta vattenföringarna i åarna (Kölstaån, Svenbybäcken, Lillån (2), Örsundaån och Svartån) och S-HYPE:s simulerade värden överensstämmer när det kommer till de ackumulerade vattenföringen. Lillån (2), Örsundaån och Svartån har dock mycket större arealer, se tabell 5. Kölstaån och Svenbybäcken däremot ligger i samma spann storleksmässigt men jordbruksarealen är betydligt lägre i dessa jämfört med S-HYPE:s modellerade områden (jämför bilaga 4 och tabell 1) vilket också kan påverka vattenföring. Detta gör att det kan ge en osäkrare jämförelse mot de sju Mälarnära områden som studerades här, på grund av att de är mindre och har högre andel jordbruksmark. Det är dock möjligt att S-HYPE har kalibrerats för och baserat sin simulering på de närliggande vattendragen i figur 6 och tabell 5 och därav simulerar ett liknande flöde. Det som bör noteras är skillnaden mellan typområdenas uppmätta ackumulerade flöden och S-HYPE som är mellan 45–190 mm under två år (minsta och största skillnaden mot åarna) vilket i procent ger en skillnad och felmarginal på 12–27%.

S-HYPE har en modellosäkerhet för dygnsvärden (tabell 4) på ca 30% för de sju avrinningsområdena, vilket även gällde för de fyra åarna med uppmätt data när S-HYPE fick simulera flödet. På SMHI:s vattenwebb finns tidsserier från både modellerade flöden och uppmätta flöden, trenden där är att S-HYPE missar flödestopparna men har en högre medelvattenföring jämfört med uppmätt flöde (SMHI Vattenwebb 2022) på grund av ett högre simulerat basflöde. Att S-HYPE missar flödestoppar kan också noteras i figur 7 och 8 i och med att när typområdena har vattenföringstoppar hänger S-HYPE inte med.

3.1.2 Statistik

ANOVA

Enfaktor ANOVA-analysen för månadssummorna för alla S-HYPE:s simulerade år och för U8 och C6 under åren 2020–2021 gav resultatet $p = 0,64$, och eftersom $p > 0,05$ tyder det på att ingen signifikant skillnad fanns mellan de simulerade S-HYPE-flödena och de uppmätta vattenflödena från U8 och C6.

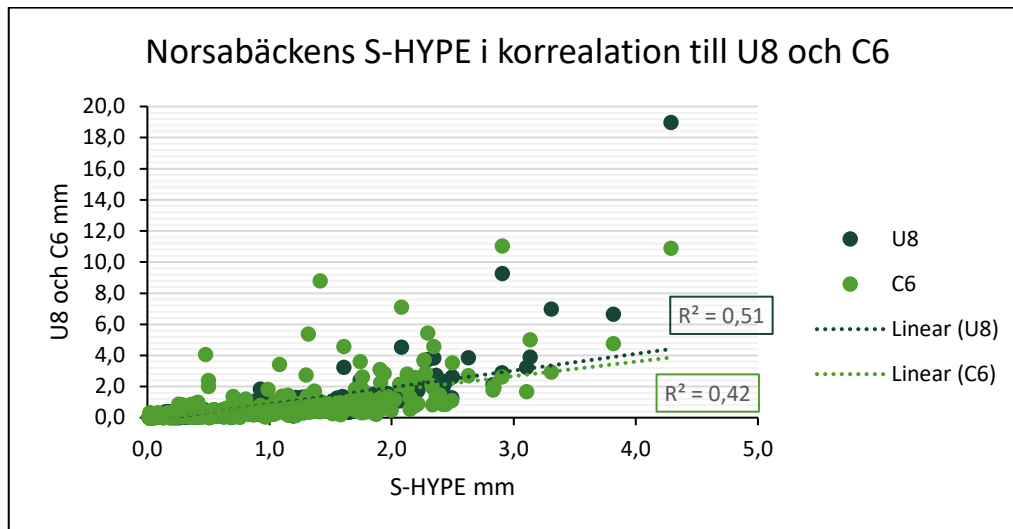
Regressionsdiagram

Regressionsdiagrammen över dygnsflöden under 2020–2021 för de olika S-HYPE-flödena tillsammans med U8 och C6 samt deras R^2 -värde och p -värde visar att U8:s flöden korrelerar i högre grad med S-HYPE än vad C6 gör. Detta gäller i alla kombinationer (tabell 6). Korrelationen är som högst för Norsabäcken och U8 med $R^2=0,51$ (figur 7) och som lägst för Lillån och C6 med $R^2=0,23$ (figur 8). Diagrammen för de övriga avrinningsområdena hittas i bilaga 6. Här var alla $p < 0,05$ vilket betyder att det fanns ett signifikant samband mellan S-HYPE:s

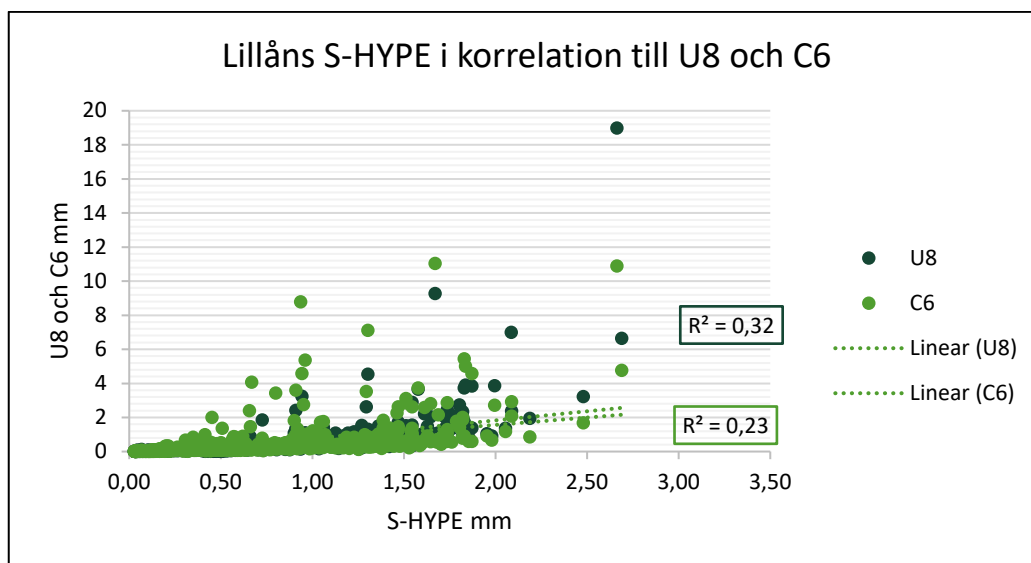
simulerade flöden för de sju avrinningsområdena och typområdenas uppmätta flöden (tabell 6).

Tabell 6. S-HYPE:s dygnsflöden i korrelation till U8 och C6, deras R^2 -värde och p -värde ($p < 0,05$ tyder på signifikant samband). Mindre tal än tusen del = 0.

Avrinningsområde	R^2 -värde		p -värde	
	S-HYPE mot:		S-HYPE mot:	
	U8	C6	U8	C6
Vibybacken	0,46	0,34	0	0
Lillån	0,32	0,23	0	0
Ståholmsbacken	0,47	0,38	0	0
Asköbacken	0,48	0,37	0,004	0,002
Bodabäcken	0,40	0,31	0	0
Norsabäcken	0,51	0,42	0	0
Limstabäcken	0,47	0,39	0,04	0,03



Figur 7. Korrelation mellan modellerade flöden (S-HYPE) för Norsabäcken (området med högst korrelation) med uppmätta flöden för U8 och C6.



Figur 8. Korrelation mellan modellerade flöden (S-HYPE) för Lillån (området med lägst korrelation) med uppmätta flöden för U8 och C6.

NSE

NSE-värdena för de olika, av S-HYPE, modellerade flödena för de sju årnas månadsflöden syns i tabell 7. Värdena närmar sig 1 och är högre än 0,7 vilket visar att modellen överensstämmer bra med observerade värden och att det är en verklighetstrogen modell. U8 och C6 är överensstämmer väl av varandra vilket påvisas av att NSE =1. Även här överensstämmer U8:s flöden något mer med S-HYPE:s flöden än vad C6:s flöden gör.

Tabell 7. Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE-värden) för de sju avrinningsområdenas månadsflöden (från S-HYPE) i förhållande till typområdena (U8 och C6)

Åar/flöden	NSE med U8	NSE med C6
Vibybacken	0,83	0,83
Lillån	0,63	0,62
Ståholmsbacken	0,84	0,83
Asköbacken	0,91	0,90
Bodabäcken	0,80	0,79
Norsabäcken	0,85	0,84
Limstabäcken	0,96	0,96
U8		1,00
C6	1,00	

3.1.3 Sammanfattning vatten

Åren 2020–2021 har en relativt normal vattenföring och temperatur, vilket gör att det kan antas vara ganska representativa år.

Det är en skillnad mellan typområdenas uppmätta flöden och de simulerade åarnas flöden från S-HYPE. Skillnaden är 27% i ackumulerad vattenföring mellan U8 och Lillån (ån med högst vattenföring enligt S-HYPE), medan skillnaden är mindre, 12%, mellan exempelvis U8 och Limstabäcken (ån med lägst vattenföring enligt S-HYPE). I enlighet med regressionsdiagrammen korrelerar U8 något bättre än C6 med de simulerade S-HYPE-flödena. Även NSE-värdena i tabell 7 visar på att de simulerade åarna överensstämmer bättre med U8 än med C6, samt att S-HYPE-modellens simulering överensstämmer med verkligheten. Trots stora skillnader i den ackumulerade årsvisa vattenföringen fanns ingen signifikant skillnad i månatligt medelflöde mellan S-HYPE:s månadssummor och typområdenas månadssummor. Trots att det inte finns en statistisk skillnad mellan månadssummorna, skiljer det sig i mm varje månad som sedan leder fram till den större skillnaden i ackumulerad vattenföring för en längre period.

På grund av att C6 och U8 är så pass lika (se NSE och total ackumulerad vattenföring) och att U8 korrelerar lite mer med S-HYPE kommer endast U8 användas i jämförelsen i avsnitt 3.2.1, C6 återkommer i avsnitt 3.3.

Slutsatsen dras att S-HYPE gör en acceptabel simulering men kan överskatta vattenflödet om vi jämför med typområdena. Dock är typområdena områden med mindre area vilket kan påverka att flödet är lägre där. Belastningen kan bli högre med ca 12–27% om den beräknas med S-HYPE än med U8 eller C6. I och med att S-HYPE:s modellosäkerhet för dygnsvärden för de sju avrinningsområdena också är ca 30% är det antagligen en felmarginal att räkna med vidare till belastningen. Om då VISS gränsvärden beräknas med S-HYPE kommer dessa vara högre än vad som eventuellt stämmer, det blir då svårare för lantbrukare att minska näringsförlusterna om de tror att de har en högre belastning än vad som egentligen är fallet.

3.2 Näringshalter

3.2.1 Vattenflöden och länsstyrelsens data

I regressionsdiagrammen över de uppmätta näringshalterna tillsammans med S-HYPE:s flöde och U8s flöde för provtagningsdagarna kan det utläsas om det fanns korrelation mellan uppmätta näringshalter och vattenflödet. I tabell 8 visas R^2 -

värden från diagrammen (diagram återfinns i bilaga 6). p -värdet för alla kombinationer var $p < 0,0001$, vilket innebär att det fanns en signifikant korrelation mellan uppmätta halter och vattenföringen provtagningsdagarna som inte beror på slumpen. Samtidigt visar R^2 -värden att de flesta sambanden var svaga ($R^2 < 0,4$) och få medelstarka ($0,4 < R^2 < 0,6$) samband.

Tabell 8. R^2 -värden över korrelationen mellan näringshalterna uppmätta av länsstyrelsen och vattenflödet under provtagningsdagarna. SH=S-HYPE:s flöde och U8 är typområdet. $P < 0,0001$ för alla kombinationer.

Avrinningsområde	TP		PO ₄ -P		TN		NH ₄ -N		NO ₃ -N		Slam	
	SH	U8	SH	U8	SH	U8	SH	U8	SH	U8	SH	U8
Vibyåbåken	0,28	0,34	0	0,03	0,52	0,51	0,04	0,03	0,04	0,03	0,24	0,31
Lillån	0,1	0,3	0,07	0,14	0,4	0,5	0	0	0,44	0,56	0,2	0,43
Ståholmsbåken	0,27	0,43	0,02	0	0,44	0,48	0,12	0,04	0,39	0,37	0,34	0,51
Askåbåken	0	0,01	0,06	0,03	0,2	0,2	0,07	0,01	0,22	0,2	0,23	0,44
Bodabåken	0	0	0,07	0	0,08	0,13	0	0	0,12	0,14	0,11	0,29
Norsabåken	0,3	0,44	0	0	0,42	0,47	0,1	0,13	0,37	0,4	0,54	0,38
Limstabåken	0,07	0,11	0,02	0,02	0,56	0,57	0,02	0,03	0,58	0,55	0,17	0,22

För totalfosfor (TP) korrelerade vattenflådena och halterna svagt där U8-flådet korrelerar konsekvent i hågre grad än S-HYPE med fosforhalterna i alla fallen.

Totalkvåvet (TN) har en hågre positiv korrelation med flådet, där hågre flåde gav ett hågre kvåvevårde i ståre utstråkning ($R^2 > 0,4$) får alla åar utom Askåbåken och Bodabåken, där åverensståmer det i lågre grad med ett lågre R^2 -vårde. Det är hågre korrelation får både U8 och S-HYPE:s simulerade flåden. Nitratkvåvehalterna (NO₃-N) och flådena korrelerar dåremot mer spritt. Vibyåbåkens måtningar mot flådena har $R^2 < 0,05$, medan Lillån och Limstabåken har $R^2 > 0,4$. Uppmåtta slamvården har liksom TP åckså hågre samband med U8s flåden, men inga ståre R^2 -vården uppstod. Fosfatfosformåtningarna (PO₄-P) och ammoniumkvåvemåtningarna (NH₄-N) har mycket låga R^2 -vården.

Får att få en fingervisning om sambanden kan antas ståmma jåmfårdes U8s flåde med manuellt uppmåtta nåringshalter i U8 på samma såt som ovan. Resultatet i tabell 9 visar att R^2 -vårdena är inom samma spann som i tabell 8.

Tabell 9. R^2 -vården får U8s flåde mot U8s manuellt uppmåtta halter provtagningsdagarna.

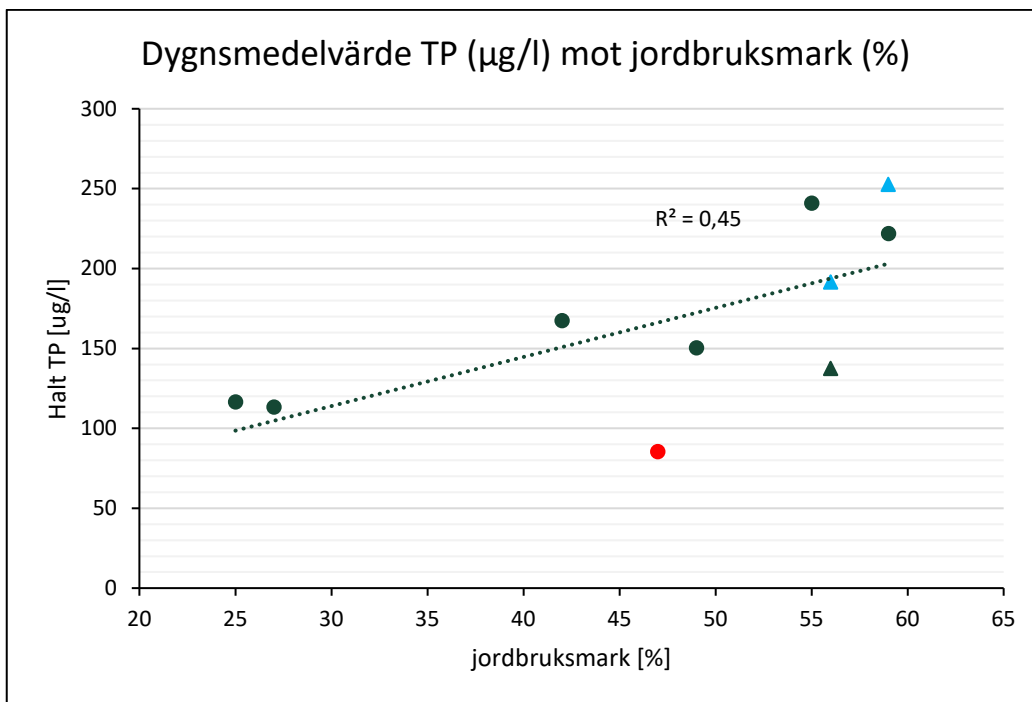
Nåringsåmne	R^2 (flåde och nåringsåmne)
TP	0,39
PO ₄ -P	0,03
TN	0,53
NH ₄ -N	0,11
NO ₃ -N	0,46

Slutsatsen kan dras att det inte finns tillräckligt tydliga samband mellan vattenflöden och halter näringsämnen, alltså att underlaget för att beräkna halterna mellan de uppmätta värdena som en funktion av flödet under tidsperioden 21-09-20 till 31-12-21 är alltför svagt. Ett annat alternativ är linjär interpolation, men det går inte heller att förutsätta att ändringen är linjär mellan provtagningarna. Därför kommer det antas vara samma halt fram till nästkommande mätning.

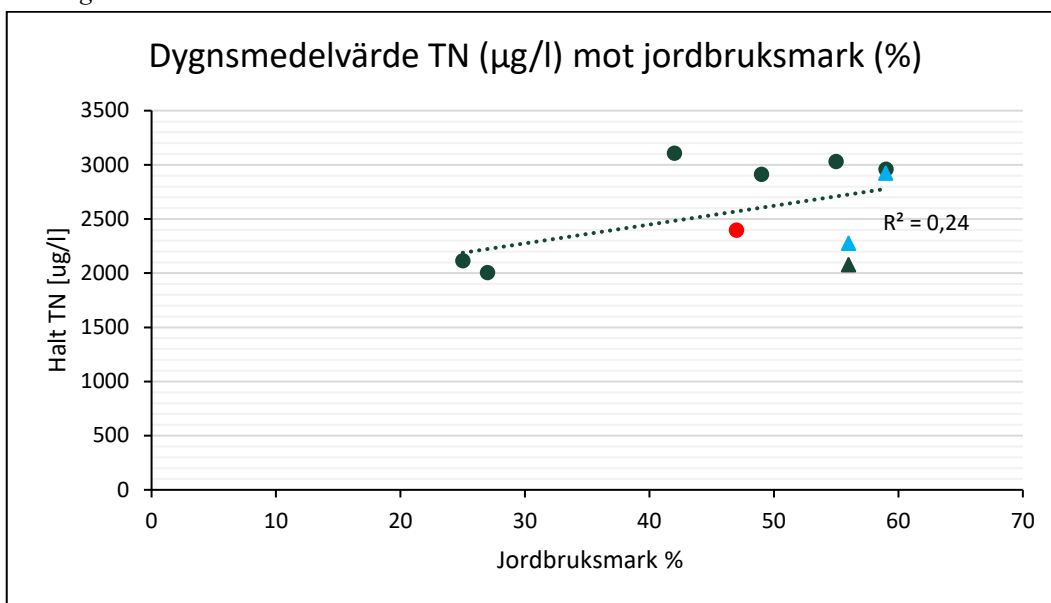
3.2.2 Halter mot jordbruksmark

Det finns ett visst samband mellan halter av uppmätta näringsämnen och andel jordbruksmark, korrelationen för TP gav ett R^2 -värde på 0,45, $p < 0,0001$ (figur 9). I figur 10 visas avrinningsområdenas dygnsmedelvärde över ett år plottat med andel jordbruksmark. Som synes följer de sju avrinningsområdena och typområdenas halter varandra i stor utsträckning, det är främst Limstabäcken som avviker från mönstret (röd cirkel i figur 9) med lägre uppmätta halter i förhållande till andel jordbruksmark. Det kan bero på att Limstabäckens avrinningsområde har högre andel sandigare jordar på jordbruksmarken (tabell 2). För TN är korrelationen lägre: $R^2 = 0,24$, $p < 0,0001$ (figur 10). Vid jordar med hög lerhalt sker en större partikelutlakning och därmed en större P-utlakning. Men är lerhalten lägre med en högre andel sand sker en lägre partikelutlakning på grund av större partiklar (Sandström 2022). Det kan förklara Limstabäckens låga TP-halt (figur 9) och mer sambandsenliga TN-halt (figur 10) eftersom kväve oftast utlakas löst i vatten och sandiga jordar släpper igenom vatten effektivt (Eriksson et al. 2011).

Att avrinningsområden med hög andel jordbruksmark har en högre utlakning beror troligt på den kontinuerliga tillförseln av näringsämnen på dessa områden i och med odling.



Figur 9. Dygnsmedelvärde av uppmätta halter TP ($\mu\text{g/l}$) plottat mot jordbruksmark (%) för de sju avrinningsområdena (cirklar) och typområdena (trianglar). Den röda markeringen är Limstabäcken som avviker i viss mån. De blå trianglarna är typområdenas flödesproportionella mätningar.



Figur 10. Dygnsmedelvärde av uppmätta halter TN ($\mu\text{g/l}$) plottat mot jordbruksmark (%) för de sju avrinningsområdena (cirklar) och typområdena (trianglar). Den röda markeringen är Limstabäcken och de blå trianglarna är typområdenas flödesproportionella mätningar.

3.3 Belastning

3.3.1 Belastning näringsämnen

Den uträknade belastningen (med S-HYPE flöde eller U8 och C6) för det hydrologiska året 2020-10-01 till 2021-09-30 visade på liknande mönster i alla parametrar (tabell 10). Norsabäcken och Ståholmsbäcken har högst belastning i nästan alla situationer. Samtliga belastningar med S-HYPE:s flöden ligger högre är belastningarna uträknade med flöden från U8 och C6, medan typområdenas belastningar är 10–35% lägre än S-HYPE:s belastningar. Det är dock individuellt för alla områden, en belastning med U8 kan vara högre än ett annat områdes S-HYPE-belastning. För den totala belastningen i kg/hydrologiskt år från avrinningsområdena är det de åarna med störst area som oftast har den största belastningen; Lillån, Bodabäcken och Ståholmsbäcken (tabell 11).

Tabell 10. Belastningen i kg/ha för alla avrinningsområden med S-HYPE:s flöde och med U8 och C6 flöden. TP (Total fosfor), PO₄ (fosfat), TN (totalt kväve), NH₄-N (ammoniumkväve), NO₃-N (nitratkväve) och slam. Jämförelseperiod är det hydrologiska året 2020–2021 (oktober 2020 – september 2021)

Kombination	TP (kg/ha)	PO ₄ -P (kg/ha)	TN (kg/ha)	NH ₄ -N (kg/ha)	NO ₃ -N (kg/ha)	Slam (kg/ha)
Viby+ Hype	0,60	0,04	10,5	0,17	7,4	392
Viby+U8	0,42	0,03	8,4	0,14	6,0	272
Vibyt+C6	0,39	0,03	7,9	0,14	5,4	297
Lillån + Hype	0,37	0,04	7,1	0,22	4,2	176
Lillån + U8	0,28	0,03	5,5	0,16	3,2	130
Lillån +C6	0,28	0,03	5,5	0,20	3,1	125
Ståholm+ Hype	0,82	0,10	9,9	0,27	6,6	399
Ståholm+U8	0,66	0,08	7,7	0,21	5,1	312
Ståholm+C6	0,64	0,08	7,5	0,20	4,8	318
Askö + Hype	0,37	0,05	8,6	0,12	6,3	184
Askö+U8	0,30	0,04	7,0	0,10	5,1	147
Askö+C6	0,32	0,04	6,9	0,10	5,0	135
Boda + Hype	0,29	0,04	5,9	0,11	3,3	174
Boda +U8	0,22	0,03	4,6	0,09	2,5	127
Boda +C6	0,23	0,04	4,7	0,08	2,6	120
Norsa + Hype	0,82	0,06	10,2	0,22	7,5	394
Norsa + U8	0,64	0,04	7,9	0,17	5,7	300
Norsa+C6	0,58	0,04	7,2	0,16	5,1	256
Limsta + Hype	0,20	0,03	6,8	0,09	5,2	113
Limsta +U8	0,17	0,02	6,0	0,07	4,7	92
Limsta+C6	0,18	0,02	5,8	0,08	4,5	92

Tabell 11. Belastning för alla områden i kg beräknade med S-HYPE:s flöde samt med U8 och C6 flöden. TP (Total fosfor), PO₄-P (fosfatfosfor), TN (totalt kväve), NH₄-N (ammoniumkväve), NO₃-N (nitratkväve) och slam. Jämförelseperiod är det hydrologiska året 2020–2021 (oktober 2020 – september 2021)

Kombination	TP (kg/år)	PO ₄ -P (kg/år)	TN (kg/år)	NH ₄ -N (kg/år)	NO ₃ -N (kg/år)	Slam (ton/år)
Viby+ Hype	3839	244	66 704	1081	47 223	2 501
Viby+U8	2684	174	53 710	863	38 169	1 735
Vibyt+C6	2502	192	50 429	925	34 270	1 895
Lillån + Hype	3865	379	73 528	2319	43 634	1 821
Lillån + U8	2919	302	56 816	1655	33 271	1 347
Lillån +C6	2947	321	56 779	2036	32 124	1 291
Stäholm+ Hype	5682	700	68 510	1906	45 475	2 767
Stäholm+U8	4566	567	53 676	1441	35 055	2 166
Stäholm+C6	4430	581	51 821	1407	33 086	2 208
Askö + Hype	2201	293	50 748	701	37 159	1 081
Askö+U8	1756	217	41 155	568	29 907	864
Askö+C6	1860	245	40 811	584	29 560	793
Boda + Hype	3266	471	65 909	1223	36 767	1 935
Boda +U8	2446	362	50 740	969	27 540	1 414
Boda +C6	2548	393	51 864	917	28 365	1 336
Norsa + Hype	1479	103	18 338	390	13 393	707
Norsa + U8	1148	77	14 234	304	10 266	539
Norsa+C6	1039	74	12 932	294	9205	459
Limsta + Hype	1491	191	49 461	642	38 197	824
Limsta +U8	1213	144	44 011	540	34 161	672
Limsta+C6	1282	168	42 522	604	32 533	669

Fosfor

Belastningen av fosfor (både TP och PO₄-P) i kg/ha var högst i Norsabäcken, Stäholmsbäcken och Vibybäcken (tabell 10 och 11). Speciellt Norsabäcken och Stäholmsbäcken är avrinningsområden med högre andel jordbruksmark (tabell 1 och figur 10) och högt lerinnehåll i marken (tabell 2). Vattenflödet inom de tre åarna var runt 450 mm för perioden 2020–2021, det kan anses som medelflöde i detta sammanhang. Att belastningen av fosfor låg så pass högt har orsak i att fosfor ofta är partikelbundet och utlakas med lerpartiklarna. Vilket också överensstämmer med att slamutlakningen är hög i dessa tre områden, mer slam betyder större förlust av partikelbunden fosfor (Sandström 2022). För den totala utlakningen av fosfor från området under tidsperioden är det Stäholmsbäcken som har den högsta, det beror sannolikt på att den har större area än Norsabäcken och högre andel jordbruksmark och lera än Vibybäcken. Även Lillån ligger högt här trots att lerhalten är lägre och

det endast är 25% jordbruksmark, beror troligtvis på den stora arean (103 km²) samt den höga vattenföringen (513 mm).

Att Viabyäcken som har mindre andel jordbruksmark har en så pass hög belastning av TP beror troligt på att ett mätdatum (2021-11-08) var det översvämmat och mycket grumligt vatten, varvid 1200 µg/l uppmättes vilket är 200% mer än övriga uppmätta halter för TP i det området, samt högsta värdet uppmätt för något av avrinningsområdena, se bilaga 4.

Kväve

Kvävet följer i stort sett samma mönster som fosfor, det är de avrinningsområdena med hög andel jordbruksmark som har den högsta belastningen i kg/ha; Ståholmsbäcken och Norsabäcken samt Viabyäcken (tabell 10 och 11). För TN har Viabyäcken högst belastning med 10,5 kg/ha, tabell 10. Kan bero på samma orsak som för TP, att väldigt höga värden uppmättes 2021-11-08. Skillnaden mellan S-HYPE:s belastningar och typområdenas är fortfarande stora med högre belastning för S-HYPE.

För NH₄-N (ammoniumkväve) ligger Ståholmsbäcken, Lillån och Norsabäcken med högst arealspecifik belastning (kg/ha), tabell 10. Ståholm och Norså har högst andel jordbruksmark och Lillån har stor andel vatten och högt flöde. Belastningen för NO₃-N (nitratkväve) är högre än för ammonium, på grund av dess lätttrörlighet följer nitraten enkelt med markvattnet ut i vattendragen. De avrinningsområden med störst andel jordbruk har högst belastning av nitrat samt Viabyäcken.

Slam

Viabyäcken, Ståholmsbäcken och Norsabäcken för med sig överlägset mest slam i kg/ha. Viabyäcken och Ståholmsbäcken har även högst ackumulerad slam under det hydrologiska året, tabell 10 och 11. Det är samma mönster med områden med högre andel jordbruksmark som får högre belastning slam. Total fosfor korrelerar generellt väl med slammet, mer slam ger högre belastning på grund av partikelbundna fosfor.

Bodabäcken och Limsta har lägst belastning i alla situationer. I Bodabäckens fall kan det bero på en lägre lerhalt, mindre jordbruksareal samt stor skogsareal (63%). Bodabäcken har ett av de högre vattenflödena och tillsammans med Lillån de största arealerna. Limsta däremot har det lägsta vattenflödet av de sju avrinningsområdena samt högre andel sandiga jordar och det är troligt den främsta anledningen till lägre värden.

Jämförelse med S-HYPE

Tabell 12 visar totala fosforbelastningen med länsstyrelsens halter och S-HYPE:s flöde samt S-HYPE modellerade belastning (halt och flöde från S-HYPE) på de sju avrinningsområdena för total fosfor/år för varje avrinningsområde. Hur mycket det diffar mellan de olika belastningarna varierar mellan områdena från 2% till 53%. I fem av sju fall simulerade S-HYPE en högre belastning än den Länsstyrelsens halter gav, det är Lillån och Ståholmsbäcken som avviker med en högre belastning för Länsstyrelsens halter.

Tabell 12. Avrinningsområdena och deras totala fosforbelastning (kg TP/år) för Länsstyrelsens halter med S-HYPE:s vattenflöde (LST-TP) samt belastning simulerad helt från S-HYPE (S-HYPE-TP). Skillnaden i % är mellanskillnaden dividerat med den högre belastningen.

Avrinningsområde	LST – TP (kg)	S-HYPE – TP (kg)	Skillnad (%)
Vibyäcken	3839	3902	2
Lillån	3865	3355	-12
Ståholmsbäcken	5682	5323	-6
Asköbäcken	2201	3608	39
Bodabäcken	3266	4529	28
Norsabäcken	1479	1552	5
Limstabäcken	1414	3092	53

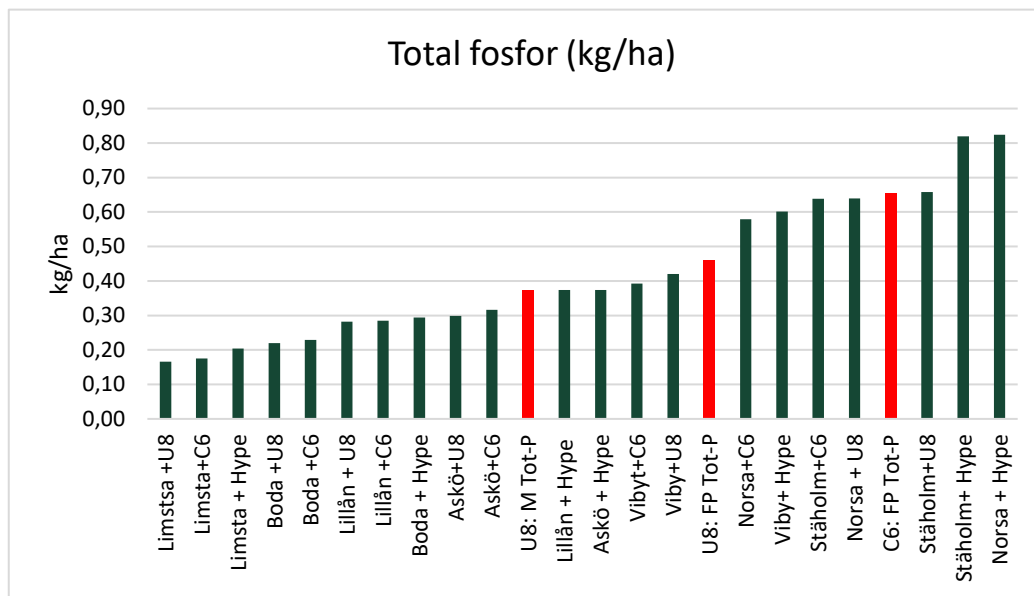
Tabell 13 visar samma sak som tabell 12 fast för den totala kvävebelastningen (TN) för de sju områdena. Här simulerade dock S-HYPE lägre belastningar än vad som gavs av länsstyrelsens uppmätta halter för alla områden utom för Norsabäcken. Skillnaden mellan de olika belastningarna är 0–32%.

Tabell 13. Avrinningsområdena och deras totala kvävebelastning (kg TN/år) för Länsstyrelsens halter med S-HYPE:s vattenflöde (LST-TN) samt belastning simulerad helt från S-HYPE (S-HYPE-TN). Skillnaden i % är mellanskillnaden dividerat med den högre belastningen.

Avrinningsområde	LST – TN (kg)	S-HYPE – TN (kg)	Skillnad (%)
Vibyäcken	66 704	48 778	27
Lillån	73 528	50 333	32
Ståholmsbäcken	68 510	67 573	1
Asköbäcken	50 748	49 362	3
Bodabäcken	65 909	65 824	0
Norsabäcken	18 338	18 879	-3
Limstabäcken	49 461	33 992	31

3.3.2 Belastning U8 och C6

Belastningen uträknat med länsstyrelsens halter och typområdenas vattenflöden blev betydligt lägre. Hur typområdena står sig med egna mätningar på total fosfor tillsammans med sitt flöde visas i figur 11. U8:s och C6:s belastning i kg/ha för det hydrologiska året 2020-10-01 till 2021-09-30 är likvärdig belastningen uträknat från länsstyrelsens data med flöden från S-HYPE, U8 och C6. Flödesproportionella mätningarna för U8 och C6 är generellt lite högre, medan den manuella mätningen för U8 är något lägre.



Figur 11. Areal specifik belastning (kg/ha) av fosfor i alla avrinningsområden, plus U8 och C6 med deras specifika belastning (både manuella och flödesproportionella mätningar). M = manuell mätning, FP = flödesproportionell mätning.

Figur 9 och 10 visar att de flödesproportionella mätningarna korrelerar högre med andel jordbruksmark än manuella mätningar. Eftersom alla länsstyrelsens mätningar är manuella kan det ses som en indikator på att det finns en felmarginal hos uppmätta halter som eventuellt drar ner belastningen. Samtidigt som S-HYPE:s simulerade vattenflöden har en potentiell felmarginal som kan dra upp belastningen (tabell 4). I tabell 12 indikeras detta mer då de S-HYPE-simulerade belastningarna för TP är 2–53% högre än belastningar med LST:s halter. Men för TN (tabell 13) å andra sidan simulerade S-HYPE 0–32% lägre värden än de LST:s mätningar gav, men eftersom det är fosfor som är det begränsande ämnet ligger fokus där. Hur belastningen beräknades har också en inverkan. Eftersom det inte fanns något starkt samband mellan flöde och näringsämneshalter användes samma uppmätta halt under ca. två veckor fram till nästa mätning. Detta innebär att eventuella flödestoppar med eventuellt högre halter antagligen har missats och i förlängningen blir belastningen för låg. Vilket mest troligt är fallet eftersom i verkligheten

förekommer större fluktuationer, vilket också illustreras av en högre TP-belastning i U8 med flödesproportionell provtagning jämfört med den manuella (figur 11).

3.4 Belastning och VISS

Tabell 14 visar vad anses i VISS behövas att varje avrinningsområde ska minska sin fosforbelastning (TP) per år med för att upprätthålla eller uppnå god ekologisk status. VISS har endast dessa beting för TP, alltså kommer endast den parametern behandlas.

Tabell 14. Tabell över avrinningsområdenas åtgärdsbehov av total fosfor för att uppnå eller bibehålla god ekologisk status. Det totalt möjliga åtgärdsbehovet för fosfor i avrinningsområdet och det totalt möjliga åtgärdsbehovet jordbruket kan åtgärda enligt VISS, samt VISS riskbedömning av områdena. (VISS 2022)

MS_CD	Namn	Åtgärdsbehov (kg/år)	Möjligt åtgärdsbehov (kg/år)	Möjligt åtgärdsbehov jordbruk (kg/år)	Riskbedömning
WA35406009	Limstabäcken	167	97	97	Risk – Osäkert
WA60423904	Asköbäcken	1254	1185	1101	Risk – Risk
WA11170067	Bodabäcken	576	538	493	Risk – Risk
WA43272764	Stäholmsbäcken	2694	1982	1852	Risk – Risk
WA97566567	Norsabäcken	66	40	40	Risk – Osäkert
WA32268327	Lillån	1155	924	841	Risk – Osäkert
WA37055103	Vibyäcken	1588	1486	1438	Risk – Risk

I tabell 15 visas TP belastningen för ett hydrologiskt år (2020-10-01 till 2021-09-30). Det är en markant skillnad i hur mycket de olika åarna förväntas minska sitt fosforutsläpp i förhållande till hur mycket som faktiskt släpps ut. Asköbäckens område ska halvera sina utsläpp medan exempelvis Limstabäcken och Norsabäcken bara ska minska med några procent. Eftersom de simulerade S-HYPE-vattenflödena gav en högre belastning än typområdena kräver belastningen för typområdena en större procentuell åtgärd.

Tabell 15. Avrinningsområdena belastning uträknat med S-HYPE och med U8/C6, den totala fosforbelastningen under ett år, VISS beting och hur många procent varje område bör minska sin utlakning.

Kombination	TP kg/år	Möjligt åtgärdsbehov för jordbruket kg/år	Minskning i procent %
Viby+ Hype	3839	1438	38
Viby+U8	2684	1438	54
Vibyt+C6	2502	1438	58
Lillån + Hype	3865	841	22
Lillån + U8	2919	841	29
Lillån +C6	2947	841	29
Stäholm+ Hype	5682	1852	33
Stäholm+U8	4566	1852	41
Stäholm+C6	4430	1852	42
Askö + Hype	2201	1185	54
Askö+U8	1756	1185	68
Askö+C6	1860	1185	64
Boda + Hype	3266	493	15
Boda +U8	2446	493	20
Boda +C6	2548	493	19
Norsa + Hype	1479	40	3
Norsa + U8	1148	40	4
Norsa+C6	1039	40	4
Limsta + Hype	1414	97	7
Limsta +U8	1213	97	8
Limsta+C6	1282	97	8

Belastningen av TP i förhållande till VISS-värdena och åtgärdsbehovet för varje avrinningsområde skiljer sig mellan områdena. I tabell 15 syns belastningen, åtgärdsbehovet samt hur många procent åtgärdsbehov representerar av belastningen. Norsabäcken har den minsta arealen (18 km²) vilket ger en lägre totalfosfor, det är det som räknas till VISS, trots att den arealspecifika belastningen är 0,82 kg/ha (tabell 10). Limstabäcken har en större area men lägre vattenflöde och lägre uppmätta näringshalter.

Belastningen uträknad med U8:s eller C6:s vattenflöde gav som väntat en lägre totalbelastning och därmed en högre procent att åtgärda. Även jämförelsen mellan LST och S-HYPE (tabell 12) visade på att i fallet total fosfor simulerade S-HYPE 2–53% högre belastningar än vad de uppmätta halterna från LST tillsammans med S-HYPE:s vattenflöde gav.

Om då S-HYPE simulerar en något hög vattenföring och VISS-värden baseras på denna kommer lantbrukarna i avrinningsområdet behöva minska sitt läckage mer

än nödvändigt i och med att procentsatsen blir högre om vattenföringen och i förlängningen belastningen egentligen är lägre. Vibybacken har den största procentskillnaden (20 procentenheter) och därmed största osäkerheten mellan belastningen beräknad med S-HYPE:s flöden och belastningen med typområdenas flöden (tabell 15). Mönstret är att ju högre beting desto större procentuell skillnad mellan de olika kombinationerna, osäkerheten för de olika åarna ligger mellan 1–20 procentenheter.

Att det skiljer så pass mycket i åtgårdsmängd och därmed i procent mellan avrinningsområdena, och att exempelvis Norsabäcken med en hög arealspecifik belastning (kg/ha) har ett så pass lågt åtgärdsbehov kan bero på att det saknas specifikdata för mindre vattenförekomster. Därav utförs det i stället en riskbedömning som baseras på kartunderlag och schabloner. Finns det inte specifika mätningar i vattenförekomsten baseras betinget även på faktorer nedströms. Är det stora behov där, maxas betinget, men är det mindre behov som i till exempel Köpingsviken blir betinget troligtvis lägre, som i Norsabäcken och Limstabäcken (Martin Lampa pers. med.).

3.5 Åtgärd med våtmarker

Med hjälp av ArcMap/Norrströms GIS-tjänst med våtmarker har tre avrinningsområden studerats närmare: Norsabäcken, Stäholmsbäcken och Vibybacken. Dessa valdes ut på grund av Stäholmsbäcken och Vibybackens höga belastning och höga beting medan Norsabäcken valdes på grund av den höga arealspecifika belastning (kg/ha) men väldigt låga beting. Generellt verkar våtmarkerna vara beräknade att hålla kvar ca 30% av all fosfor som passerar. Sifforna på P-retention nedan är potentiella och platserna där våtmarkerna föreslås placeras har inte tagit hänsyn till bebyggelse, vägar eller åkermark, förutom i Norsabäckens fall, där jordart har viss betydelse i ett alternativ. Huvudsyftet med den här delen var att ta reda på hur mycket av VISS beting för TP för avrinningsområdena som våtmarker potentiellt kan ta upp genom retention, alltså har våtmarker med så hög P-retention som möjligt blivit valda. Kväveretentionen kommer också nämnas kort, eftersom den också sker, men är inget som har påverkat valet av våtmarker.

Norsabäcken har ett lägre beting på endast 40 kg/år, vilket motsvarar ca 3% av totala belastningen per år (belastning uträknat med S-HYPE:s flöde), men som trots det har en av de högsta belastningarna i kg/ha. Det är ett område med hög andel jordbruksmark, 59%, samt lerhalt över 50%. Men eftersom arean på avrinningsområdet endast är 18 km² blir årsbelastningen låg. På grund av det låga betinget behöver våtmarken inte vara speciellt stor för att P-retentionen ska ta upp

hela betinget. För att våtmarken ska ta upp maximalt med P bör den ligga så långt nedströms det går. Placeras den precis innan mynning kan en P-retention på 48 kg/ha vattenyta uppnås (läge A, figur 12). Den optimala vattenytan på våtmarken i förhållandet till vattenmängden är 4,7 ha, vilket ger en total P-retention på 227 kg P/år. Ett alternativ kan vara att placera den några km uppströms där det finns ett område med kärrtorv, vilket kan vara mer lämpligt för att anlägga en våtmark. Den potentiella retentionen där är beräknad till 50kg P/ha vattenyta och rekommenderad yta är 2 ha vilket ger P-retention på 100kg P/år (läge B, figur 12). Baserat på Norsabäckens beting räcker det, då det täcker även hela åtgärdsbehovet för Norsabäckens avrinningsområde på 66 kg P/år (tabell 14). För belastningen uträknad med typområdenas flöden blir det endast någon procents skillnad och det är inga problem för våtmarken att täcka det. Retentionen på 227 kg P (läge A) representerar 15% av den totala årsbelastningen beräknad med S-HYPE och 17–18% beräknad med flöden från U8 och C6. Våtmarken på 2 ha (läge B) representerar 0,1% av avrinningsområdets areal, medan 4,7 ha (läge A) är lika med 0,26%.

Stäholmsbäcken har den högsta belastningen i kg P/år samt en av de högsta belastningarna i kg/ha. Betinget från VISS är 1852 kg P, vilket motsvarar ca 33% av belastningen uträknad med S-HYPE flöde (tabell 15). Även Stäholm har hög andel jordbruksmark (55%, tabell 1) och hög andel jordar med hög lerhalt (tabell 2). I det här fallet kommer potentiella våtmarker hamna mer uppströms högre upp i avrinningsområdet, nästan i höjd med E18, figur 14. Punkten där våtmarkerna med högst retention är beräknade ligger vid en sammanslagning av två bäckar/år. En våtmark (läge A, figur 12) specifikt lite uppströms på den bäcken som är Stäholmsbäcken kan ge P-retention på 46kg P/ha våtmark, vilket med den optimala vattenytan på 5 ha ger en total P-retention på 230 kg P/år. Om då en våtmark till (läge B, figur 12) med rekommenderad yta på 4,5 ha anläggs vid själva sammanslagningen kan den potentiellt ge en retention på 100 kg P till. Tillsammans tar dessa två våtmarker upp 18% av betinget $((230+100) / 1852 = 18\%)$. Den potentiella retentionen i våtmark B beräknades genom att subtrahera den fosfor (kg) som fastnat i våtmark A från inkommen fosfor (kg) i våtmark B, för att sedan multiplicera med 0,3 (~ 30% P kvarhålls).

Det finns även möjlighet att anlägga ännu en våtmark (läge C, figur 12) mer åt nordost i avrinningsområdet. Då i ännu en anslutande bäck mer nedströms, där kan en våtmark på 2,5 ha anläggas vilket ger en P-retention på ytterligare 132 kg P/år. Då är 25% av betinget uppnått $((230+100+132) / 1852 = 25\%)$. Tillsammans (A+B+C) blir det totalt 12 ha våtmark, vilket representerar 0,17% av den totala arealen.

I förhållande till belastningen uträknat med typområdenas flöden är åtgärdsbehovet i procent högre, runt 40%. Belastningen blir då ca 1000 kg lägre än för S-HYPE men betinget detsamma. Här blir det då grovt 10% enheters skillnad. 462 kg P är 8% av den totala belastningen med S-HYPE och 10% av den totala belastningen med U8 eller C6.



Figur 12. Norsabäcken avrinningsområde (T.v.) och Ståholmsbäcken avrinningsområde (T.h.) med föreslagna våtmarker (A, B, C) för respektive område. Norr är uppåt i bilden och Mälaren skymtas i nederkanten samt E18 är vägen mitt i bilden. (Djodjic 2024).

Vibybäcken är intressant på grund av att dess belastning är bland de högre, så även dess beting. Men belastningen är ungefär 2000kg mindre P/år än Ståholm medan betinget endast 400kg mindre, 1438kg P/år. Vilket ger ett krav på minskning med 38% för belastningen uträknad med S-HYPE:s flöde. Arean är ungefär lika stor som Ståholm. Samtidigt har Viby en lägre jordbruksareal på 42% (tabell 1), en något lägre andel jordarter med hög lerhalt (tabell 2) samt högre skogsareal (tabell 1)

vilket antagligen är anledningen till de lägre belastningssiffrorna. Viibyåcken har, enligt Norrström/GIS endast möjlighet till mer spridda och mindre våtmarker (figur 13), som inte har lika hög P-retention som det fanns möjlighet för i Stholmsbcken och Norsabcken. Baserat på kartorna verkar det mest effektiva att placera våtmarker i tillrinnande bäckar precis innan mynning. Valet landade på fyra våtmarker placerade utefter Viibyckens huvudfåra. Våtmark A har P-retention på 73 kg/r, med rekommenderad area på 1,5 ha. Våtmark B har P-retention på 77 kg/r, med rekommenderad area på 1,8 ha. Våtmark C har P-retention på 102 kg/r, med rekommenderad area på 2,9 ha. Våtmark D har P-retention på 67 kg/r, med rekommenderad area på 4,4 ha. Det finns möjlighet till fler men där r P-retentionen väldigt mycket mindre. Resultatet blir ca 20% av betinget ($320/1438 = 20\%$). Minskningen på 320 kg r 8% av totala belastningen med S-hype och 12% av totala belastningen med U8 och/eller C6. Arealen som våtmarkerna tar upp blir återigen 0,17% av avrinningsområdet.



Figur 13. Viibyckens avrinningsområde med föreslagna våtmarker (A, B, C, D). Norr r uppåt i bilden och E18 skymtas i nedre högra hörnet. (Djodjic 2024).

Det skiljer på hur stor del av den totala belastningen i kg TP som våtmarkerna kan åtgärda. Norsabäcken som har ett väldigt lågt beting gick enkelt att åtgärda med råge. Där tog den planerade våtmarken upp 15% totala belastningen och 0,1% av arealen. Ståholmsbäcken kan med de hypotetiska våtmarkerna ta upp 25% av betinget, vilket är 8% av totala belastningen med S-HYPE och representerar 0,17% av arealen. Vibybäcken är liknande, våtmarkerna kan ta upp 20% av betinget vilket är 9% av totalbelastningen med S-HYPE och ytan som går åt är 0,17% av arealen.

Varje våtmark har också en kväveretention, för Norsabäcken har våtmark A en N-retention på 1446 kg/år vilket representerar 8% av totalbelastningen för och våtmark B hamnar på 660 kg N/år vilket är 4% av TN/år. Ståholmsbäckens N-retention för dess tre våtmarkerna blir kombinerat 3146 kg/år (1493kg+894kg+813kg) vilket motsvarar ca 5 % av TN för Ståholmsbäcken. För Vibybäckens fyra våtmarker blir N-retentionen 2132 kg/år (444kg+474kg+782kg+432kg), det motsvarar 3% av TN. Det är något lägre siffror än för TP, det kan förklaras med att våtmarkerna verkar vara beräknade att kvarhålla ca 20% av allt N som passerar vilket beror på kvävetts egenskaper, se avsnitt 1.4.

Procentuellt tar våtmarkerna upp väldigt liten yta och i förhållande till att de bidrar med så pass stora P-retentioner kan de vara till hjälp när lantbruk ska minska sin belastning. Det är absolut möjligt att anlägga flera våtmarker inom områdena och få en ännu större retention, samt att variera placeringarna av våtmarkerna. Det kommer dock krävas flera insatser på gårdsnivå för att lyckas åtgärda betingen helt, speciellt viktig är att ha en väl fungerande dränering för att undvika erosion och ytavrinning av lerpartiklar.

4. Slutsatser

I de behandlade situationerna med jämförelser mellan vattenflöden, belastningar av näringsämnen och jordartsfördelning kan slutsatser dras att det absolut finns en felmarginal som inte går att bortse från när S-HYPE används. Den har från början en modellosäkerhet på ca 30% och den simulerar ett ackumulerat vattenflöde som är mellan 12–27% högre än typområdenas uppmätta ackumulerade flöden. Det kan leda till att en belastning beräknad med S-HYPE kan bli högre än verkligheten. Eftersom då även VISS beting baseras på S-HYPE är dessa också i risk att visa för höga åtgärdsbehov. S-HYPE:s och U8:s vattenflöde under provtagningsdagarna hade en signifikant korrelation med de uppmätta halterna. Dock visade R^2 -värden att de flesta sambanden var svaga ($R^2 < 0,4$) och få var medelstarka ($0,4 < R^2 < 0,6$) samband.

Avrinningsområdets andel jordbruksmark korrelerar med uppmätta halter näringsämnen och de områdena med mycket jordbruksmark har högre koncentrationer P och N. Marksammansättningen och jordart har också viss betydelse, där områden med högre lerhalter hade de högsta uppmätta P-halterna. Samtidigt verkar områden med de sandigare jordar ha lägre P-halter men högre N-halter.

Belastningen varierar för de sju avrinningsområdena, men generellt har de områden med högre andel jordbruksmark högre arealspecifika belastningar (kg TP/ha) medan den totala belastningen (kg TP/år) toppas av de områdena med störst area. Det är skillnader om belastningen för området är beräknat med S-HYPE:s vattenflöde eller typområdenas vattenflöde. S-HYPE gav 10–35% högre belastning vilket går hand i hand med S-HYPE:s felmarginal och skillnaden mot typområdena. Det ska dock inte uteslutas att typområdena kan ha ett ”för lågt” vattenflöde på grund av mindre areor. Vid jämförelse mellan belastningar beräknad med länsstyrelsens halter och S-HYPE:s flöde mot belastningar helt simulerade av S-HYPE, var skillnaden för TP 2–53%, där S-HYPE simulerade högre värden. För TN var skillnaden 0–32% där S-HYPE simulerade lägre värden. Detta indikerar att VISS som är helt baserat på S-HYPE-värden kan ha felmarginal på 2–53%. Vilket i sin tur kan leda till ifrågasättande huruvida det är rimligt att basera beting på den osäkerheten.

Även mätmetoden kan ha inverkan på huruvida belastningen blir verklighetstrogen, eftersom manuella mätningar kan bli för låga och missa flödestoppar. I rapportens jämförelse med flödesproportionella och simulerade halter ligger manuella mätningar lägre. För vidareutveckling hade liknande mätningar av näringshalter men med flödesproportionell mätmetod kunnat utföras, likt de i U8 och C6. Alternativt tätare provtagningar i ett vattendrag där också flödet mäts för att få en mer korrekt belastning.

I förhållande till VISS-beting är det också stora skillnader angående hur mycket varje område ska minska sin belastning av TP. Det har troligtvis sin orsak i att VISS beting för mindre vattenförekomster är osäkra och främst baseras på en riskbedömning och hur situationen ser ut nedströms (i detta fall Mälaren och dess vikar).

För att minska belastningen TP och sträva mot att uppnå betinget från VISS kan våtmarker vara en av möjliga lösningar. Med hjälp av Norrström/GIS visades att åtminstone 20–25% av betinget kan åtgärdas med våtmarker i de situationer som behandlats. Men fler åtgärder krävs av berörda lantbrukare, främst för att förhindra erosion och ytavrinning eftersom fosfor i första hand försvinner med partiklar. Till framtida forskning kan det vara intressant att diskutera vilka andra konsekvenser (ekonomiskt och biologiskt) det innebär att anlägga våtmark. Samt att jämföra den använda GIS-tjänsten med andra liknande tjänster, exempelvis SMHI:s egna (YtSim).

Referenser

- Ballantine, D.J., Walling, D.E., Collins, A.L. & Leeks G. J. L. (2008). The phosphorus content of fluvial suspended sediment in three lowland groundwater-dominated catchments. *Journal of Hydrology*. 357. ss. 140-151
- Corell, D. L. (1998). The role of phosphorus in the eutrophication of receiving waters: A review. *Journal of environmental Quality*. 27(2), s.261-166.
<https://doi.org/10.2134/jeq1998.00472425002700020004x>
- Erikson, J., Dahlin, S., Nilsson, I. & Simonsson, M. (2011). *Marklära*. 1:6 uppl., Studentlitteratur AB, Lund.
- Erlandsson Lampa, M. (2024). Muntlig källa. [2024-01-12]
- Erlandsson Lampa, M., Pettersson, J. F., Engene, N. (2021). *Vattenmyndigheternas beräkningar av åtgärdsbehovet för övergödning*. Vattenmyndigheterna i Sverige fem vattendistrikt.
<https://viss.lansstyrelsen.se/ReferenceLibrary/55066/Metod%20beting.pdf>
- Djodjic, F., Geranmayeh, P., Marksten, H. & Widén-Nilsson, E. (2023). *Norrström – rätt åtgärd på rätt plats – Stöd och data för att minska näringsläckage från jordbruksmark*. [Norrström \(arcgis.com\)](https://norrstrom.arcgis.com) [2024-01-23]
- Gupta, H.V. & Kling, H. (2011). On typical range, sensitivity, and normalization of Mean Squared Error and Nash-Sutcliffe Efficiency type metrics. *Water Resources research*. 47(10). <https://doi.org/10.1029/2011WR010962>.
- Hansson, K., Ejhed, H., Widén-Nilsson, E., Johnsson, H., Tengdelius Brunell, J., Gustavsson, H., Hytteborn, J., Åkerblom, S. (2019). *Näringsbelastningen på Östersjön och Västerhavet 2017 – Sveriges underlag till HELCOM:s sjunde Pollution Load Compilation*. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2019:20.
<https://www.havochvatten.se/data-kartor-och-rapporter/rapporter-och-andra-publikationer/publikationer/2020-03-06-naringsbelastningen-pa-ostersjon-och-vasterhavet-2017.html>
- Hav- och vattenmyndigheten (2017). *Information om Sveriges vatten – VISS*. [Information om Sveriges vatten, VISS - Vattenförvaltning - Planering, förvaltning och samverkan - Havs- och vattenmyndigheten \(havochvatten.se\)](https://www.havochvatten.se/om-sveriges-vatten/viss) [2024-01-22]
- HELCOM – Helsinki commission, (2024a). *Pollution Load Compilations*. [Pollution Load Compilations – HELCOM](https://www.helcom.fi/helcom-at-work/projects/plc-6/) [2024-01-22]
- HELCOM – Helsinki commission, (2024b). *PLC-6, Sixth Baltic Sea Pollution Load compilation*. <https://helcom.fi/helcom-at-work/projects/plc-6/> [2024-03-05]
- Hester, R.E., Harrison, R.M. (Eds.) & Addiscott, T.M., (1996). Fertilizers and nitrate leaching, *Agricultural Chemicals and the Environment*, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, ss.1-26, 10.1039/9781847550088-00001

- Johannesson, K. M., Kynkääniemi, P., Ulén, B., Weisner, S. E .B., Tonderski, K.S. (2015). Phosphorus and particle retention in constructed wetlands – A catchment comparison. *Ecological engineering*. 80, ss. 20–31.
<http://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.08.014>
- Kalugin, A.S. & Motovilov, Y.G. (2018). Runoff Formation Model for the Amur River Basin. *Water Resources* 45, ss.149–159 (2018).
<https://doi.org/10.1134/S0097807818020082>
- Koskiaho, J. (2006). *Retention performance and hydraulic design of constructed wetlands treating runoff waters from arable land*. PhD-thesis. Oulu, Finland university of Oulu. [Retention performance and hydraulic design of constructed wetlands treating runoff waters from arable land \(oulu.fi\)](http://www.oulu.fi/retention-performance-and-hydraulic-design-of-constructed-wetlands-treating-runoff-waters-from-arable-land)
- Kyllmar, K., & Aronsson, H. (2019). *Jordbruk och läckage av nitrat till grundvatten - naturliga processer, odlingsystem och risk för påverkan*. Havs-och vattenmyndighetens rapport 2019:25. SLU, institutionen för mark och miljö.
<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1391558/FULLTEXT01.pdf>
- Kyllmar, K., Forsberg, L. S., Andersson, S. & Mårtensson, K. (2014). Small agricultural monitoring catchments in Sweden representing environmental impact. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 198, 25–35.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.05.016>.
- Linefur, H., Norberg, L., Kyllmar, K., Andersson, S. och Blomberg, M. (2023). *Växtnäringsförluster i små jordbruksdominerade avrinningsområden 2021/2022*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. (Ekohydrologi, 180).
<https://pub.epsilon.slu.se/31168/1/linefur-h-et-al-20230703.pdf>
- Mälarens vattenvårdsförbund (2024). *Vad är ett avrinningsområde*.
<https://www.malaren.org/malaren/malaren-och-dess-naromrade/kort-fakta/vad-ar-ett-avrinningsomrade/> [2024-03-05]
- Nash JE, Sutcliffe JV (1970). River flow forecasting through conceptual models part I - A discussion of principles. *Journal of Hydrology*. 10 ss. 282–290.
- Naturvårdsverket (2016). Naturvårdsverkets föreskrifter om rening och kontroll av utsläpp av avloppsvatten från tätbebyggelse. *Naturvårdsverkets författningssamling*. ISSN 1403–8234. [NFS 2016:6 Naturvårdsverkets föreskrifter om rening och kontroll av utsläpp av avloppsvatten från tätbebyggelse. \(naturvardsverket.se\)](https://www.naturvardsverket.se/naturvardsverket/forskrifter-om-rening-och-kontroll-av-utslapp-av-avloppsvatten-fran-tatbebyggelse) [2024-01-23]
- Naturvårdsverket (2024). *Ladda ner Nationella marktäckedata*.
<https://www.naturvardsverket.se/verktyg-och-tjanster/kartor-och-karttjanster/nationella-marktackedata/ladda-ner-nationella-marktackedata/> [2024-01-10]
- Padilla, F. M., Gallardo, M. & Manzano-Agugliaro, F. (2018). Global trends in nitrate leaching research in the 1960-2017 period, *Science of The Total Environment*. 643, ss.400-413. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.215>
- Persson, G. (2001). Phosphorus in tributaries to Lake Mälaren, Sweden: analytical fractions, anthropogenic contribution, and bioavailability. *A J. of the Human Environment*, 30(8) ss.486-495. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-30.8.486>

- Reddy, K.R., Wetzel, R.G. & Kadlec, R.H. (2005). Biogeochemistry of Phosphorus in Wetlands. *Phosphorus: Agriculture and the environment*. Agronomy Monograph no. 46. S.263-316
- Rich Waters (2023). *Om rich waters*. <https://www.richwaters.se/category/om-rich-waters/> [2023-11-01]
- Sandström, S. (2022). *Sources, composition, and transport of fluvial suspended sediment and attached phosphorus in agricultural catchments*. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Aquatic Sciences and Assessment, Uppsala, Sweden. <https://pub.epsilon.slu.se/28790/1/sandstrom-s-20220906.pdf>
- Sandström, S., Futter, M. N., Kyllmar, K., Bishop, K., O'Connell D. W. & Djodjic, F. (2020). Particulate phosphorus and suspended solids losses from small agricultural catchments: Links to stream and catchment characteristics. *Science of The Total Environment*: 711. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134616>
- Sawyer, S.F. (2009). Analysis of variance: The Fundamental Concepts. *Journal of Manual & Manipulative Therapy*.17(2), 27E-38E. 10.1179/jmt.2009.17.2.27
- 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, ss.1255–1266. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.08.061>
- SLU (2023). *Typområden på jordbruksmark* [Typområden på jordbruksmark | Externwebben \(slu.se\)](https://www.slu.se/typomraden-pa-jordbruksmark) [2023-11-07]
- SLU (2023). *Jordbrukavatten – en databas inom Datavårdskap Jordbruksmark*. [Växtnäring och växtskyddsmedel i vatten från jordbruksmark \(slu.se\)](https://www.slu.se/vaxtnaering-och-vaxtskyddsmedel-i-vatten-fran-jordbruksmark) [2023-11-22]
- SMED (Sveriges MiljöEmissionsData) (2024). *PLC6*. <https://www.smed.se/vatten/data/plc6> [2024-03-05]
- SMHI (2021). *Avrinningsområde*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/avrinningsomraden/avrinningsomrade-1.6704> [2024-03-05]
- SMHI (2023a). *Det hydrologiska året*. [Det hydrologiska året | SMHI](https://www.smhi.se/hydrologi/aret) [2024-01-23]
- SMHI (2023b). *Kalibrering och utvärdering av S-HYPE*. [Kalibrering och utvärdering av S-HYPE | SMHI](https://www.smhi.se/hydrologi/kalibrering-och-utvardering-av-s-hype) [2023-11-07]
- SMHI (2023c). *S-HYPE, HYPE-modell för hela Sverige*. <https://www.smhi.se/forskning/forskningsenheter/hydrologisk-forskning/s-hype-hype-modell-for-hela-sverige-1.560> [2024-03-04]
- SMHI (2022). *Klimatindikator – nederbörd*. [Klimatindikator - nederbörd | SMHI](https://www.smhi.se/klimatindikator-nederbord) [2024-01-15]
- SMHI (2024) *Ladda ner hydrologiska observationer*. [Ladda ner meteorologiska observationer | SMHI](https://www.smhi.se/hydrologi/observationer) [2024-01-15]
- SMHI (2021 & 2022). *Månads-, årstids- och årskartor*. <https://www.smhi.se/data/meteorologi/kartor/avvikelse/arsnederbord-procent-av-normal-avvikelse> [2023-11-16]

- SMHI, Vattenwebb (2022). *Utvärdera modellresultat för sötvatten*. [Utvärdera modellresultat för sötvatten | SMHI - Vattenwebb](#) [2023-11-15 och 2024-01-23]
- SMHI, Vattenwebb (2023). *Mätningar*. [Vattenwebb - Mätningar \(smhi.se\)](#) [2023-11-14]
- Vattenmyndigheterna (Gyllström, M. & F Pettersson, J.) (2020). *Vattenmyndigheternas riktlinjer för kartläggning och analys 2016–2021: Bedömning av betydande påverkan för övergödning i sjöar och vattendrag*. Vattenmyndigheterna i Sveriges fem vattendistrikt. https://viss.lansstyrelsen.se/ReferenceLibrary/54337/VM-riktl-KA_paverkan-overgodning-sjo-vattendr.pdf [2023-11-21]
- Smith, V., H. & Schindler, W., D. (2009). Eutrophication Science: Where do we go from here. *Trends in Ecology and Evolution*. 24(4). ss. 201-207. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.11.009>
- Vattenmyndigheterna (2023). *Vattenförvaltning i Sverige*. <https://www.vattenmyndigheterna.se/vattenforvaltning/vattenforvaltning-i-sverige.html> [2023-11-21]
- VISS (Vatteninformationssystem Sverige) – Vattenmyndigheterna i samverkan (2022). [Åtgärdsbehov fosfor och kväve vattenförvaltningscykel 3 \(v1_3\).xlsx](#) 2023-XX-XX]
- VISS (Vatteninformationssystem Sverige) – Vattenmyndigheterna i samverkan (2024). *Ekologisk status och potential*. <https://visshjalp.lansstyrelsen.se/detta-beskrivs-i-viss/miljokvalitetsnormer/ekologisk-status-och-potential/> [2024-03-05]

Bilder, referenser:

Figur 1: SLU (2022). [Karta över typområden på jordbruksmark | Externwebben \(slu.se\)](#) [2022-11-07]

Figur 2: Vattenmyndigheterna (2024). *Vattendistrikt i Sverige*. [Vattendistrikt i Sverige | Vattenmyndigheterna](#) [2023-11-21]

Figur 3: Faruk Djodjic (2024)

Figur 4: SMHI (2021 & 2022). *Månads-, årstids- och årskartor*. <https://www.smhi.se/data/meteorologi/kartor/avvikelse/arsnederbord-procent-av-normal-avvikelse> [2023-11-16]

Figur 5: Print screen från GIS/Norrström

Figur 14: Faruk Djodjic (2024)

Figur 15: Faruk Djodjic (2024)

Populärvetenskaplig sammanfattning

Ett av Sveriges miljömål är ”ingen övergödning” vilket innebär att gödande ämnen inte ska ha negativ inverkan på människor, biologisk mångfald eller mark-och vattenanvändning. Näringsämnen fosfor och kväve och förlusten av dessa från framför allt jordbruksmark är en av orsakerna till övergödning i sjöar, hav och vattendrag. I Västmanland har länsstyrelsen i samarbete med projektet Life IP Rich Waters gjort mätningar av näringsämnen (kväve och fosfor) i sju jordbruksintensiva avrinningsområden med Mälarmynnande åar under 2020–2021. I den här rapporten sammanställs, utvärderas och analyseras data över näringsläckaget från de sju områdena med syfte att bidra till att förbättra beslutsunderlag och föreslå åtgärder för att uppnå en högre vattenkvalitet. Näringsämnesbelastningen beräknades för de sju områdena med både simulerade- och uppmätta vattenflöden. Avrinningsområdenas belastningar jämfördes sinsemellan och mot markanvändning och marksammansättning. Vidare jämfördes den uträknade belastningen av fosfor med så kallade beting från VISS (Vatteninformationssystem Sverige). Betingen är det fosforläckaget som antas behöva minska för att avrinningsområdet ska uppnå eller bibehålla *god ekologisk status*. Det utfördes även en mindre undersökning och diskussion kring huruvida våtmarker kan vara en effektiv åtgärd för att minska fosforbelastningen och nå upp till betinget.

Slutsatser kan dras att det finns en stark korrelation mellan andel jordbruksmark i området och uppmätt halt näringsämne, men att även marksammansättningen har betydelse. Belastningen beräknad med simulationsmodellens vattenflöden gav 10–35% högre värden än när uppmätta flöden från närliggande jordbruksbäckar användes. Vilket i förlängningen gjorde det svårare att nå upp till VISS beting för den lägre belastningen. Vidare kan anläggning av våtmarker vara en behjälplig åtgärd för att minska belastningen av fosfor men det behöver komplimenteras med andra åtgärder på gårdsnivå, speciellt mot erosion och ytavrinning.

Tack

Tack till min handledare Faruk Djodjic och till biträdande handledare Oscar Lidbeck.

Bilaga 1 – provdatum, halter och kommentarer

Länsstyrelsen – provdatum, halter och kommentarer

TP (Totalfosfor)

TP µg/l Provdatum	Vibyåcken	Ståholmsåcken	Asköåcken	Bodabåcken	Norsabåcken	Limstabåcken
2020-09-21	85,5	111	163	63,3	39,6	39,8
2020-10-05	299	178	237	103	224	136
2020-10-19	118	193	150	107	40,7	86,7
2020-11-02	158	304	167	97	381	113
2020-11-16	80,2	124	123	64,3	81,3	70,2
2020-11-30	131	183	92,5	119	173	69,9
2020-12-14	435	774	174	152	790	112
2021-01-04	272	355	174	121	314	123
2021-01-18	73,1	108	89,9	72,2	113	51,5
2021-02-01	54,2	107	83,2	61,7	96,7	53
2021-02-15	49,7	81,9	55	64	91,9	29,4
2021-03-01	172	251	134	90,5	263	85,3
2021-03-15	236	243	138	94,4	307	84
2021-03-29	574	203	109	85,9	259	56,2
2021-04-26	70,2	120	82,8	63,5	68,9	41,6
2021-05-10	218	346	214	117	559	138
2021-05-24	76,3	284	131	76,2	182	47,8
2021-06-08	75,7	147	294	85	62,4	55,9
2021-06-21	54,4	163	55,6	98,1	32,9	59,5
2021-07-21	51,1	160	161	78,6	78,8	50,7
2021-08-02	47,5	170	190	115	94,6	111
2021-08-16	52,4	204	138	92,5	87,9	107
2021-08-30	48,7	217	136	148	127	99,7
2021-09-13	81,5	515	474	526	619	240
2021-09-27	226	198	158	144	128	73,3
2021-10-11	231	211	161	107	167	87,5
2021-10-26	91,6	157	135	81,4	107	69,9
2021-11-08	1200	875	427	291	773	279
2021-11-22	132	213	131	86,0	202	76,9
2021-12-06	62,1	93,3	84,8	72,4	87,6	
2021-12-20	96,8	169	138	91,3	169	114

PO₄-P (fosfatfosfor)

PO ₄ -P µg/l Provdatum	Vibyåcken	Lillån	Ståholmsåcken	Asköåcken	Bodabåcken	Norsabåcken	Limstabåcken
2020-09-21	5	7	47	66	13	13	13
2020-10-05	119	13	60	87	28	101	35
2020-10-19	13	15	36	27	16	11	11
2020-11-02	17	15	40	22	12	23	15
2020-11-16	10	13	27	19	11	8	19
2020-11-30	9	12	31	12	19	13	8
2020-12-14	18	20	46	18	14	23	13
2021-01-04	17	17	36	20	15	20	13
2021-01-18	8		25	13	14	11	10
2021-02-01	8		27	11	14	9	7
2021-02-15	7	8	16	6	15	16	1
2021-03-01	8	9	27	13	10	15	8
2021-03-15	9	9	35	17	14	23	11
2021-03-29	18	15	29	13	11	21	7
2021-04-26	6	4	20	9	8	12	2
2021-05-10	14	11	36	17	12	21	9
2021-05-24	9	10	47	17	13	22	5
2021-06-08	10	11	43	7	20	9	4
2021-06-21	7	14	51	6	24	1	5
2021-07-21	10	9	67	35	23	21	16
2021-08-02	16	8	47	40	26	17	17
2021-08-16	17	5	56	40	20	22	25
2021-08-30	11	12	55	31	20	28	19
2021-09-13	49	3	167	154	109	153	57
2021-09-27	21	22	46	32	21	16	14
2021-10-11	17	19	56	39	20	26	20
2021-10-26	14	22	42	31	19	24	14
2021-11-08	100	38	92	50	29	76	31
2021-11-22	14	12	41	25	19	28	17
2021-12-06	10		18	7	25	9	
2021-12-20	17		40	27	24	24	20

TN (Totalkväve)

TN µg/l	Vibyåcken	Lillån	Ståholmsåcken	Asköåcken	Bodabåcken	Norsabåcken	Limstabåcken
Provdatum							
2020-09-21	5	7	47	66	13	13	730
2020-10-05	119	13	60	87	28	101	1190
2020-10-19	13	15	36	27	16	11	1420
2020-11-02	17	15	40	22	12	23	3200
2020-11-16	10	13	27	19	11	8	1790
2020-11-30	9	12	31	12	19	13	2470
2020-12-14	18	20	46	18	14	23	3420
2021-01-04	17	17	36	20	15	20	4150
2021-01-18	8		25	13	14	11	2710
2021-02-01	8		27	11	14	9	3230
2021-02-15	7	8	16	6	15	16	2490
2021-03-01	8	9	27	13	10	15	3760
2021-03-15	9	9	35	17	14	23	2390
2021-03-29	18	15	29	13	11	21	2190
2021-04-26	6	4	20	9	8	12	1540
2021-05-10	14	11	36	17	12	21	3800
2021-05-24	9	10	47	17	13	22	2120
2021-06-08	10	11	43	7	20	9	2110
2021-06-21	7	14	51	6	24	1	1620
2021-07-21	10	9	67	35	23	21	735
2021-08-02	16	8	47	40	26	17	1210
2021-08-16	17	5	56	40	20	22	1450
2021-08-30	11	12	55	31	20	28	2940
2021-09-13	49	3	167	154	109	153	4070
2021-09-27	21	22	46	32	21	16	1960
2021-10-11	17	19	56	39	20	26	2790
2021-10-26	14	22	42	31	19	24	1760
2021-11-08	100	38	92	50	29	76	3550
2021-11-22	14	12	41	25	19	28	2530
2021-12-06	10		18	7	25	9	
2021-12-20	17		40	27	24	24	1940

NH₄-N (ammoniumkväve)

NH ₄ -N µg/l Provdatum	Vibyåcken	Lillån	Ståholmsåcken	Asköåcken	Bodabåcken	Norsabåcken	Limstabåcken
2020-09-21	48	59	57	123	38	18	42
2020-10-05	160	54	103	148	31	59	112
2020-10-19	92	272	74	55	22	49	28
2020-11-02	33	45	85	21	11	47	21
2020-11-16	59	59	57	32	22	39	32
2020-11-30	59	99	67	42	34	195	20
2020-12-14	40	45	81	22	26	46	46
2021-01-04	12	42	58	25	24	56	30
2021-01-18	60		87	44	46	84	41
2021-02-01	59		80	51	46	72	48
2021-02-15	118	101	136	80	65	170	66
2021-03-01	48	89	322	47	41	82	40
2021-03-15	47	97	82	42	43	69	30
2021-03-29	56	122	93	31	47	74	26
2021-04-26	42	19	28	25	13	13	7
2021-05-10	155	154	134	81	81	168	24
2021-05-24	36	37	69	37	28	29	13
2021-06-08	75	83	71	21	37	18	27
2021-06-21	54	81	73	38	56	25	48
2021-07-21	53	46	94	143	54	31	28
2021-08-02	48	49	59	48	27	16	63
2021-08-16	64	41	69	57	28	20	55
2021-08-30	48	43	71	37	19	16	28
2021-09-13	64	7	21	75	80	21	33
2021-09-27	40	37	31	24	12	21	17
2021-10-11	47	41	45	29	16	43	23
2021-10-26	50	69	39	31	21	32	26
2021-11-08	57	55	42	37	37	116	42
2021-11-22	50	97	58	51	50	77	98
2021-12-06	199		132	187	86	114	
2021-12-20	81		126	122	94	116	75

NO₃ (Nitratkväve)

NO ₃ -N µg/l Provdatum	Vibyäck en	Lillån	Ståholmsbäcken	Asköbäcken	Bodabäcken	Norsabäcken	Limstabäcken
2020-09-21	108	2	221	28	244	230	412
2020-10-05	1150	18	482	75	330	1730	418
2020-10-19	1340	1600	2120	2800	1160	2300	1010
2020-11-02	2780	1680	2410	2870	1280	2850	2320
2020-11-16	1720	782	1480	1190	655	2140	1170
2020-11-30	1200	1200	2140	804	1700	2240	1890
2020-12-14	3400	2100	2730	2690	1450	2310	2580
2021-01-04	2710	1780	2830	3440	1430	2640	3260
2021-01-18	2030		1600	2150	951	1880	2200
2021-02-01	3020		1900	2760	1180	2680	2840
2021-02-15	2540	572	1660	2360	925	2190	2180
2021-03-01	2830	1600	2920	2920	1200	3240	3230
2021-03-15	2240	1240	2130	1970	970	2670	1740
2021-03-29	2780	1600	1550	1520	786	1760	1760
2021-04-26	1720	501	1450	1580	600	1220	1130
2021-05-10	7020	4350	5970	4660	1940	10 000	3010
2021-05-24	2200	600	1890	1690	760	1800	1560
2021-06-08	2580	418	1230	1610	823	1550	1540
2021-06-21	1930	406	904	684	793	642	892
2021-07-21	307	292	299	398	440	90	293
2021-08-02	112	389	1090	870	1280	292	509
2021-08-16	98	132	1630	528	1260	202	665
2021-08-30	296	592	1470	939	552	1200	2100
2021-09-13	240	360	3830	7880	2460	2490	2980
2021-09-27	3340	1430	2610	1930	998	1960	1490
2021-10-11	2890	951	2090	1930	713	2370	2110
2021-10-26	2330	638	1620	1070	608	1430	1250
2021-11-08	2710	2360	2380	2990	1130	2350	2360
2021-11-22	1780	636	1660	1530	662	1370	1780
2021-12-06	2730		2030	1860	1220	1840	
2021-12-20	1230		1230	1390	912	1210	1320

Slam

Slam mg/l Provdatum	Vibyäck en	Lillån	Ståholmsbäcken	Asköbäcken	Bodabäcken	Norsabäcken	Limstabäcken
2020-09-21	12	7,0	48	13	16	6	11
2020-10-05	52	9,0	29	14	36	39	45
2020-10-19	160	44,0	240	38	47	8	37
2020-11-02	87	63,0	180	89	47	250	15
2020-11-16	34	32,0	45	57	25	34	44
2020-11-30	73	31,0	92	43	68	71	46
2020-12-14	280	110,0	320	110	92	300	71
2021-01-04	370	70,0	200	100	75	190	74
2021-01-18	38		39	40	32	46	24
2021-02-01	36		37	41	32	42	28
2021-02-15	25	16,0	31	25	30	40	13
2021-03-01	110	51,0	140	76	49	160	51
2021-03-15	120	54,0	140	72	48	170	52
2021-03-29	290	140,0	110	62	48	150	33
2021-04-26	41	19,0	53	40	31	30	22
2021-05-10	130	78,0	200	130	170	350	97
2021-05-24	36	26,0	140	56	34	87	22
2021-06-08	30	24,0	34	25	31	20	30
2021-06-21	18	25,0	36	16	29	10	31
2021-07-21	11	14,0	10	26	14	14	20
2021-08-02	4	11,0	25	67	41	25	80
2021-08-16	430	3,0	49	31	34	29	46
2021-08-30	16	11,0	65	73	69	30	47
2021-09-13	14	15,0	220	180	200	320	99
2021-09-27	140	77,0	83	66	74	44	20
2021-10-11	70	33,0	82	65	49	70	33
2021-10-26	55	23,0	52	48	31	32	23
2021-11-08	770	290,0	560	250	180	490	170
2021-11-22	77	25,0	100	58	41	100	32
2021-12-06	31		33	25	26	14	
2021-12-20	45		43	49	33	58	32

Provtagningskommentarer för de datum det fanns

Provdatum	Vibyåcken	Lillån	Ståholmsbåcken	Askåbåcken	Bodabåcken	Norsabåcken	Limstabåcken
2020-09-21				Påvåxtalger i båcken.		Kraftig våxtlighet i båcken.	
2020-10-19						Mycket lite vatten i vattendrag	
2021-01-18			Provplats frusen. Prov togs ca 30 m uppstråms ordinarie provplats.			Vattendrag fruset. Gick att slå håll i isen för att ta prov.	
2021-02-01			Prov togs 50 m uppstråms.			Provet taget innanför vågtrumman.	Vattendrag fruset. gick att slå håll på isen för att ta prov.
2021-02-15	Isborr.	Borrade genom is. Vasspartiklar och slush/ is kom in i provet.	Provs togs ca 50 m uppstråms.		Isborr.	Borrade genom is. vasspartiklar och slush/ is kom in i provet.	Isborr, is slush i prover.
2021-06-08	Mycket vegetation.						Grumligt vatten.
2021-06-21							Grumligt Vatten.
2021-08-02	Mycket våxtlighet, lite vatten.			Lått grumligt, mjålkigt.	Lått grumligt.	Våldigt lågt flåde.	Grumligt.
2021-08-16	Mycket våxtlighet, lågt flåde.		Grumligt nåstan mjåligt.	Mjålkigt (lått grumligt) vatten.	Mycket våxter.	Grumligt vatten.	Grumligt vatten.
2021-08-30	Grumligare ån vanligt.	Grumligt vatten.				Lite grumligt.	
2021-09-13			Grumligt.		Grumligt.	Grumligt.	
2021-09-27		Grumligt.					
2021-10-26					Gråver en sjå ca 100 m nedstråms.		
2021-11-08	Helt åversvåmmad, kan ej ta på samma stålle som jag brukar då det år åversvåmmat. Grumligt.	Våldigt grumligt vatten.					
2021-12-06						Is, provet togs precis nedstråms våg, innan ledning.	

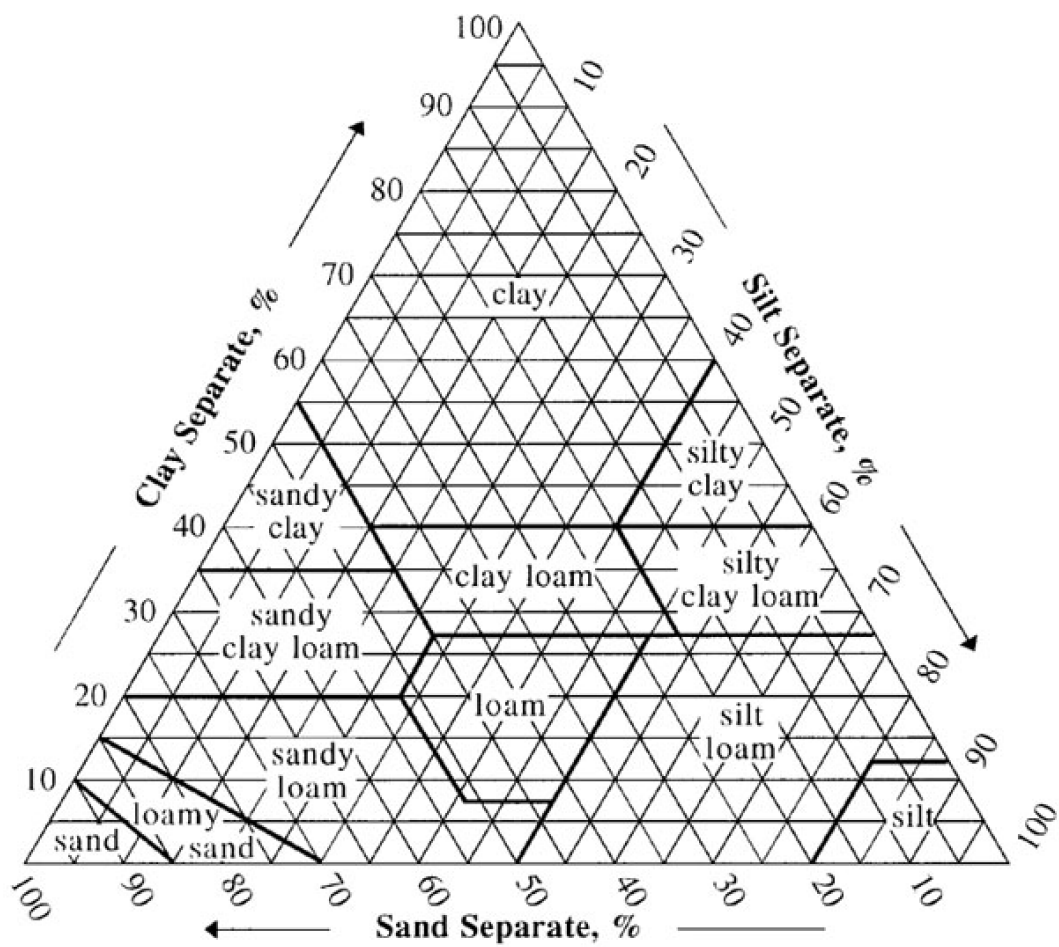
Typområden på Jordbruksmark – provdatum och halter

Mätningar från 2020-09-21 till 2021-12-31. Vissa datum under perioden har uteslutits på grund av brist på mätdata. C6 har inga manuella mätningar för perioden samt saknar mätningar för NH₄-N.

C6 flödes- proportionell mg/l					
Provdatum	TP	PO ₄ -P	TN	NH ₄ -N	NO ₃ -N
2020-09-21	0,117	0,066	1,29		0,854
2020-10-05	0,259	0,078	1,53		0,946
2020-10-19	0,221	0,067	4		3,2
2020-11-02	0,548	0,067	4,81		3,15
2020-11-30	0,149	0,054	2,87		2,13
2020-12-14	0,578	0,026	4,37		2,39
2021-01-04	0,356	0,057	3,49		2,27
2021-01-18	0,14	0,045	2,81		1,97
2021-02-01	0,245	0,076	3,12		2,22
2021-02-15	0,51	0,051	3,16		1,91
2021-03-01	0,182	0,062	2,46		1,86
2021-03-15	0,107	0,041	2,11		1,7
2021-03-29	0,103	0,034	1,9		1,46
2021-04-12	0,0991	0,030	1,72		1,27
2021-04-26	0,0871	0,025	2,55		2,04
2021-05-10	0,0677	0,018	1,62		1,19
2021-05-24	0,0963	0,020	2,77		2,24
2021-06-08	0,302	0,049	5,07		4
2021-06-21	0,296	0,057	3,47		2,64
2021-07-21	0,239	0,060	2,1		1,3
2021-08-02	0,179	0,071	1,64		1,2
2021-08-16	0,192	0,065	1,92		1,37
2021-08-30	0,238	0,067	3,3		2,14
2021-09-13	0,185	0,067	2,03		1,31
2021-09-27	0,17	0,056	1,69		1,21
2021-10-11	0,189	0,045	2,1		1,93
2021-10-26	0,18	0,059	2,07		1,61
2021-11-08	0,307	0,057	3,2		2,04
2021-11-22	0,26	0,090	4,44		3,96
2021-12-06	0,0631	0,030	1,28		1,14
2021-12-20	0,227	0,099	1,96		1,37

U8 manuell mg/l					
Provdatum	TP	PO ₄ -P	TN	NH ₄ -N	NO ₃ -N
2020-09-21	0,0503	0,042	0,421	0,013	0,051
2020-10-05	0,249	0,069	1,23	0,007	0,432
2020-10-19	0,0325	0,017	0,668	0,015	0,249
2020-11-02	0,349	0,023	2,84	0,022	1,62
2020-11-30	0,0612	0,008	1,44	0,052	0,904
2020-12-14	0,3	0,018	2,98	0,032	1,69
2021-01-04	0,225	0,026	2,86	0,038	1,77
2021-01-18	0,0671	0,009	1,87	0,072	1,15
2021-02-01					
2021-02-15	0,0394	0,006	1,45	0,101	1,1
2021-03-01	0,16	0,011	2,51	0,061	1,83
2021-03-15	0,147	0,013	3,2	0,053	2,33
2021-03-29	0,0981	0,009	1,52	0,054	0,845
2021-04-12	0,209	0,013	3,66	0,257	2,47
2021-04-26	0,0682	0,007	1,23	0,014	0,6
2021-05-10	0,316	0,016	7,89	0,188	6,78
2021-05-24	0,185	0,01	3,68	0,03	2,58
2021-06-08	0,0688	0,007	1,59	0,034	0,752
2021-06-21	0,0441	0,008	1,16	0,054	0,217
2021-07-21	0,0611	0,007	1,03	0,008	0,06
2021-08-02	0,0591	0,038	0,673	0,023	0,043
2021-08-16	0,0571	0,039	0,582	0,021	0,025
2021-08-30	0,0434	0,022	0,889	0,015	0,391
2021-09-13	0,0948	0,029	1,19	0,015	0,589
2021-09-27	0,054	0,016	1,14	0,009	0,589
2021-10-11	0,0683	0,023	1,42	0,012	0,805
2021-10-26	0,0398	0,019	0,791	0,011	0,348
2021-11-08	0,721	0,102	3,56	0,026	1,84
2021-11-22	0,0918	0,015	1,7	0,041	1,2
2021-12-06					
2021-12-20	0,16	0,012	1,59	0,076	1,05

Bilaga 2 – texturtriangel



Bilaga 3 - beräkningar

Omvandla m^3/s och dm^3/s till $mm/dygn$:

$$\text{Ekv.1} \quad \frac{m^3}{s} \times \frac{86400 \times 1000}{\text{arean för avrinningsområdet}} = \frac{l}{\text{dygn}} = \frac{mm}{\text{dygn}}$$

$$\text{Ekv.2} \quad \frac{dm^3}{s} \times \frac{86400}{\text{arean för avrinningsområdet}} = \frac{l}{\text{dygn}} = \frac{mm}{\text{dygn}}$$

Beräkna Nash-Sutcliffe efficiency coefficient:

$$\text{Ekv.3} \quad NSE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - Q_m^t)^2}{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - \overline{Q_o})^2}$$

Q_o = observerat värde, Q_m = modellerat värde, $\overline{Q_o}$ = medelvärde på de observerade värdena. NSE varierar från $-\infty$ till 1

Bilaga 4 – uppmätta åar

4 åar i Västmanland med uppmätt vattenföring vid stationerna i tabellen, ungefärlig placering av stationerna syns i bilden nedan (ej Svartån) (Bakgrund SMHI-vattenweb).

Å	Mätstation	Area, km ²	Jordbruksmark %
Kölstaån	Odensvibro 2	110,3	15,8
Svenbybäcken	Berg	36,3	21,9
Lillån (2.0)	Grännvad	167,5	45,5
Örsundaån	Härnevi	312,4	35,2
Svartån	Åkesta kvarn	775,3	21,7



Bild av S.Bondesson

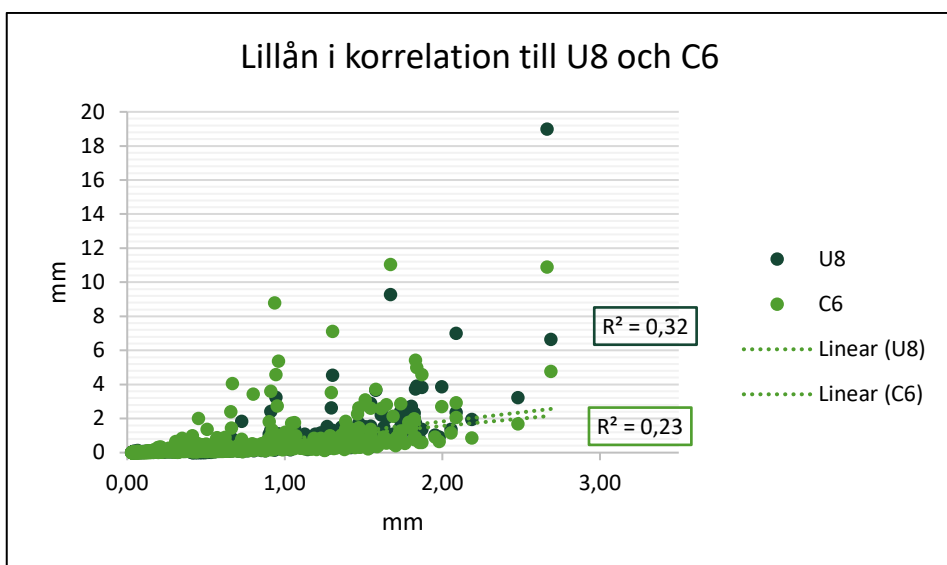
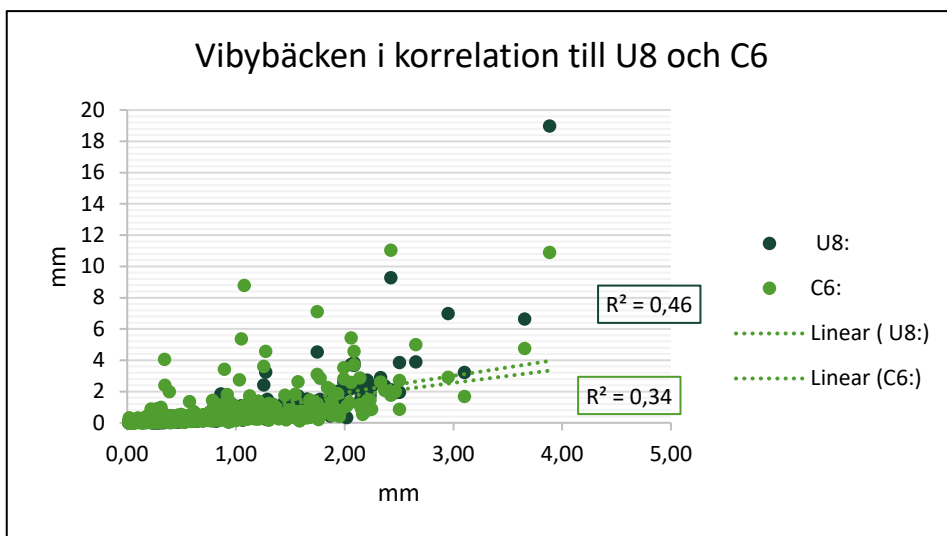
Bilaga 5 – vattenföring månadsvis

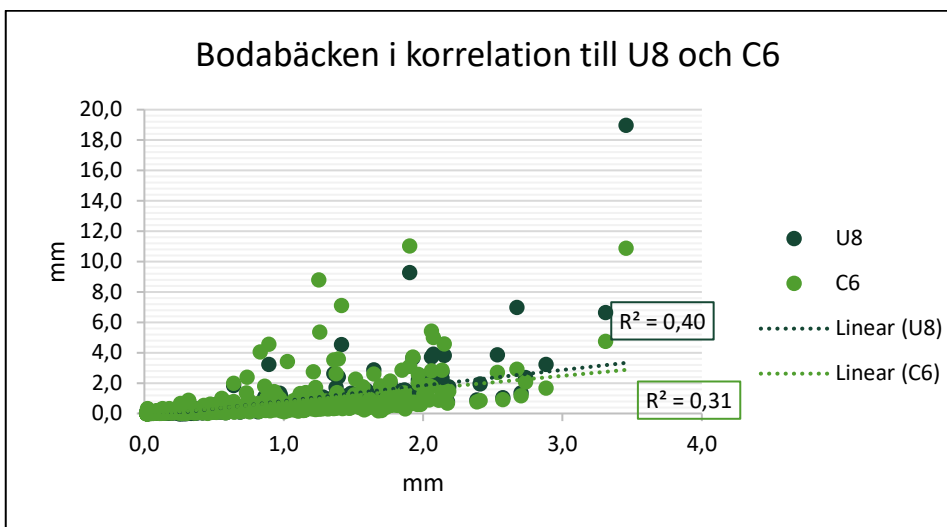
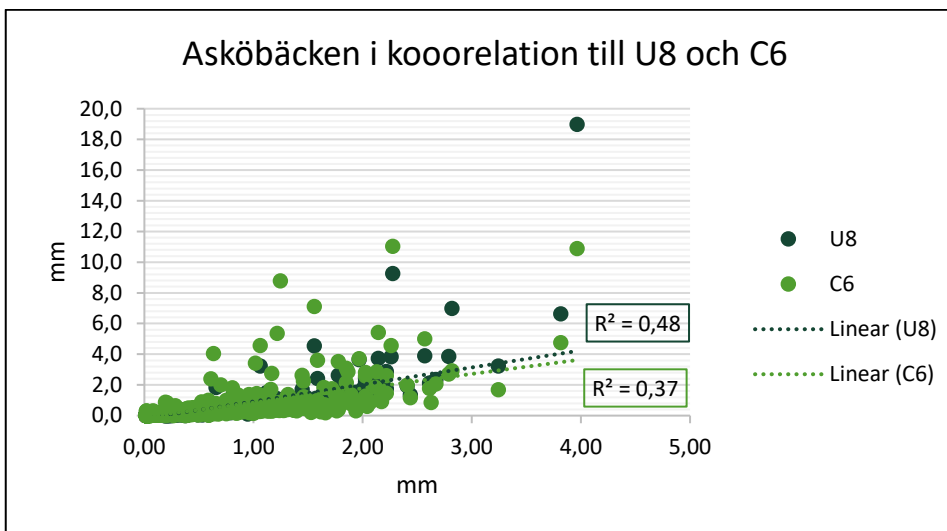
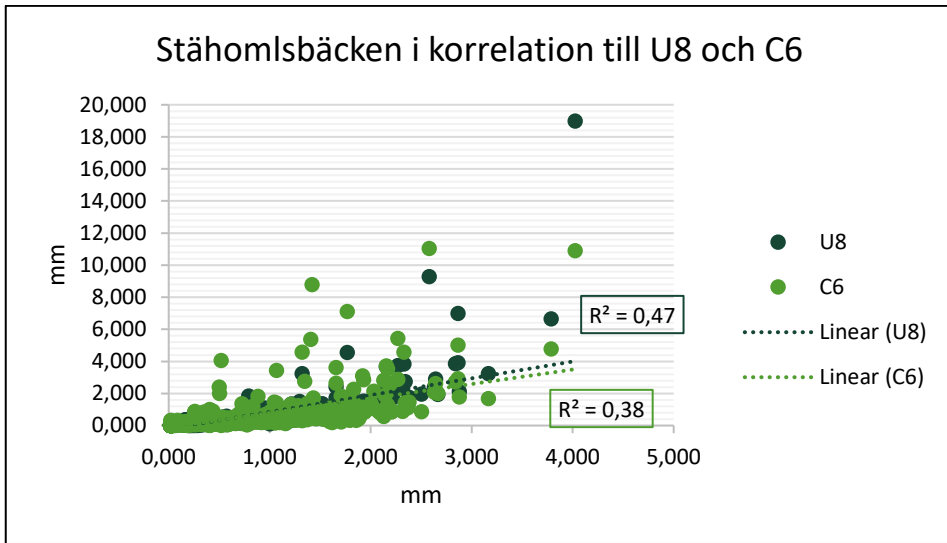
Vattenföringen månadsvis i mm

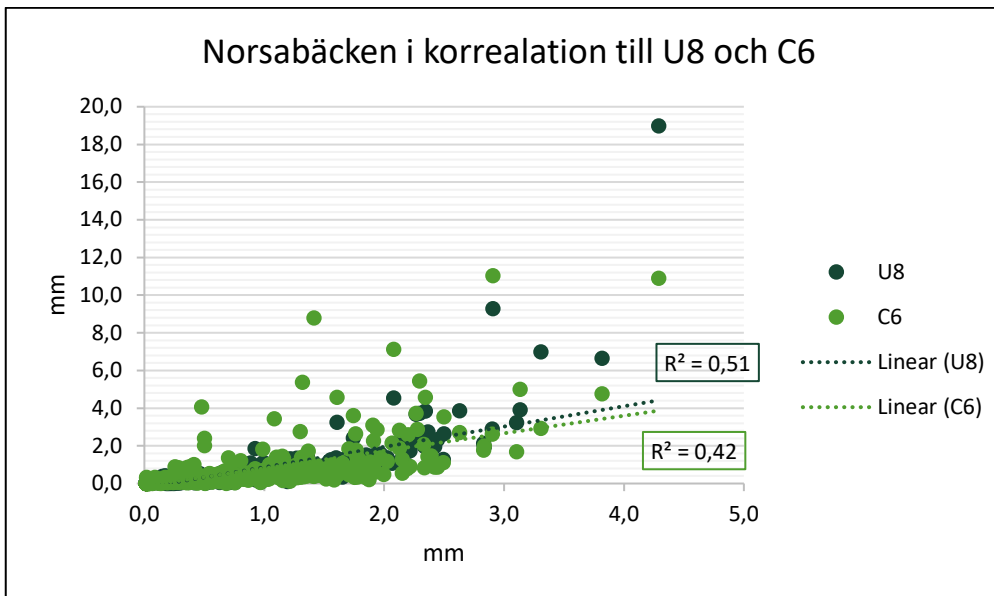
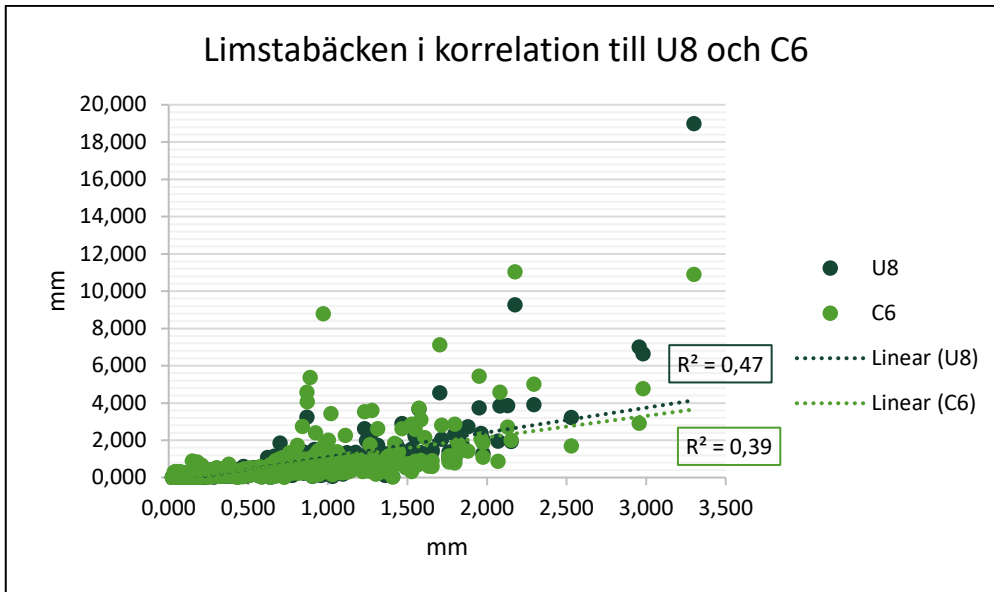
Månad	Viby- bäcken	Lillån	Ståholms- bäcken	Askö- bäcken	Boda- bäcken	Limsta- bäcken	Norsa- bäcken	U8	C6
jan-20	30,3	41,4	27,36	26,0	32,70	23,8	26,1	17,8	16,0
feb-20	29,4	36,2	29,5	26,2	30,0	23,3	28,6	18,1	17
mar-20	38,7	42,5	39,3	38,8	40,6	36,7	38,4	27,3	28,3
apr-20	4,5	13,8	3,7	3,6	5,5	3,7	3,3	5,1	4,0
maj-20	4,6	11,5	4,4	3,9	6,5	3,7	4,1	3,8	3,0
jun-20	1,9	5,3	1,9	1,6	1,8	2,0	2,0	1,8	1,6
jul-20	2,1	4,0	2,0	2,0	2,0	2,8	2,2	1,1	1,3
aug-20	0,9	1,7	1,0	0,9	0,9	1,1	1,0	0,5	0,2
sep-20	0,8	1,1	0,7	0,6	0,6	0,9	0,8	0,6	0,2
okt-20	12,8	11,9	14,7	12,8	12,7	10,7	16,0	6,1	26,8
nov-20	16,0	17,3	18,5	15,5	17,9	12,38	17,8	8,4	13,8
dec-20	44,0	37,2	48,0	45,33	45,6	41,3	47,7	35,8	42,2
jan-21	43,5	39,8	44,7	41,8	40,8	40,8	45,9	43,5	44,9
feb-21	28,4	28,86	29,9	28,33	27,5	27,0	29,8	24,0	23,0
mar-21	31,6	36,7	30,7	30,8	39,3	27,2	27,8	16,5	11,0
apr-21	29,6	32,06	25,2	20,6	25,3	16,6	25,3	14,3	7,9
maj-21	47,2	44,2	48,7	48,7	49,2	40,8	48,5	59,7	29,7
jun-21	8,3	17,2	8,5	9,5	12,1	9,3	7,8	9,0	15,0
jul-21	1,2	5,5	1,4	1,1	1,1	1,9	1,5	2,0	2,0
aug-21	4,8	7,5	6,7	9,4	8,7	14,2	6,9	2,9	9,3
sep-21	4,6	6,7	4,4	5,0	5,5	6,1	5,0	2,3	2,6
okt-21	22,2	24,19	16,5	9,9	16,1	8,7	16,3	4,1	6,5
nov-21	28,8	28,2	27,4	21,7	25,4	19,1	27,5	14,0	11,4
dec-21	15,7	18,7	15,6	14,1	15,7	13,8	15,3	6,3	5,0
Grand Total	452	513	451	418	464	388	446	325	323

Bilaga 6 – regressionsdiagram: vattenflöden samt halter och vattenflöden

Vattenflöden: S-HYPE i korrelation till U8 och C6

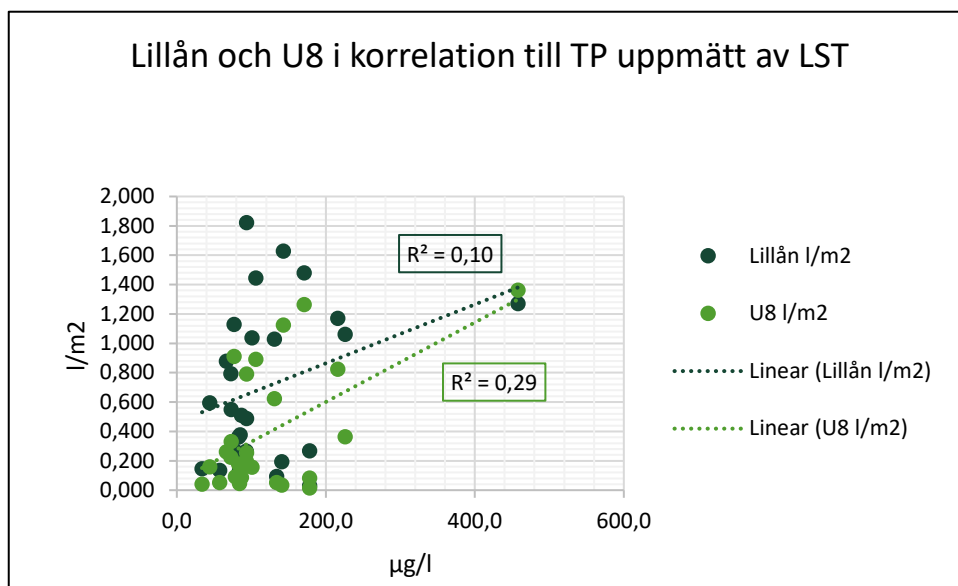
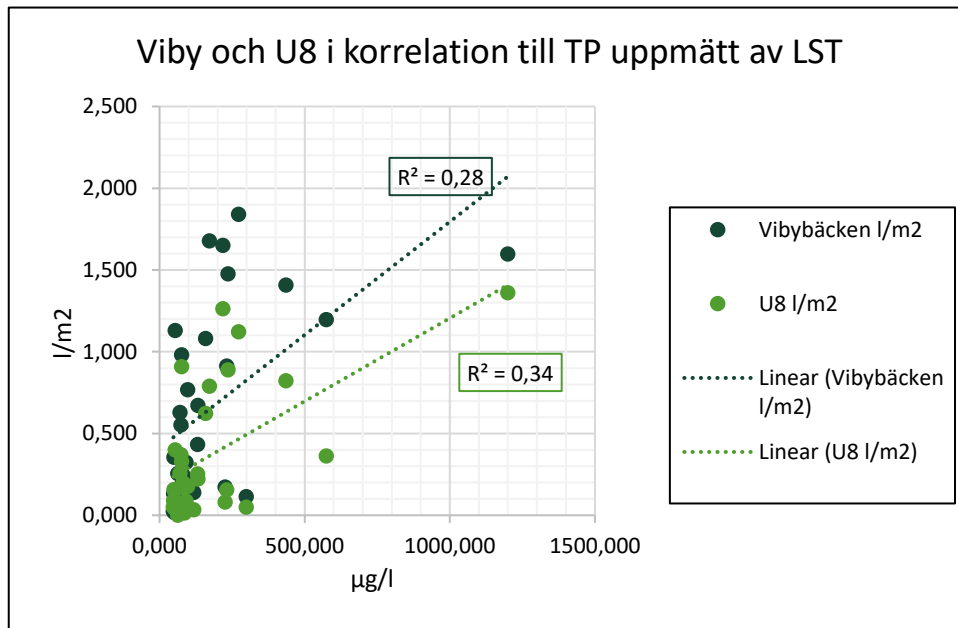


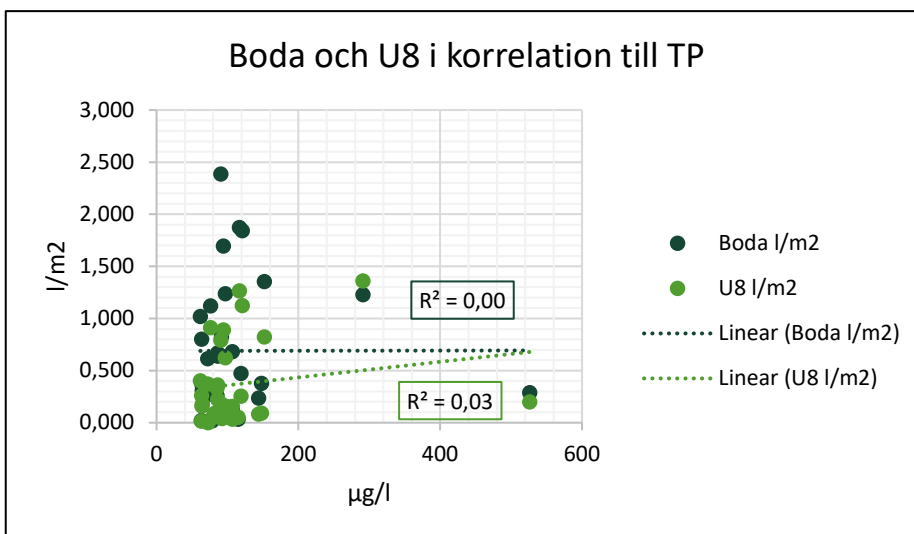
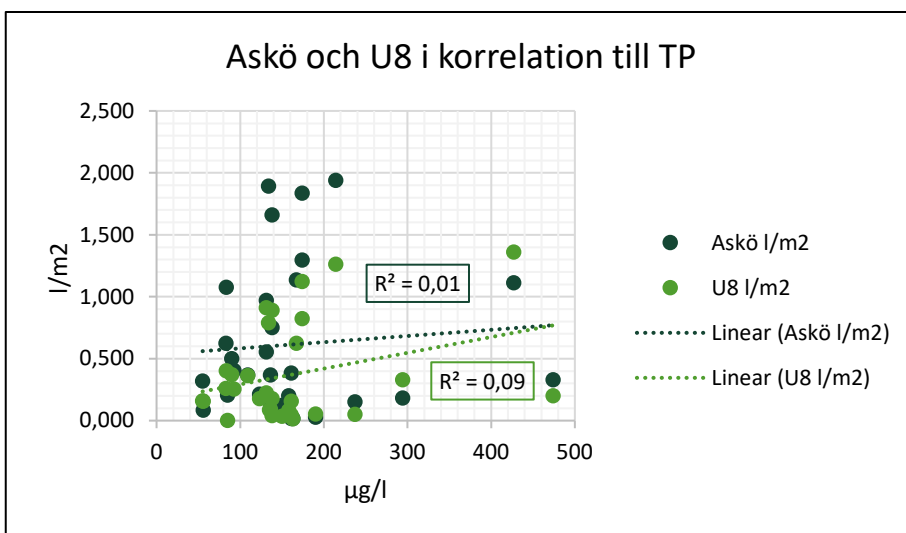
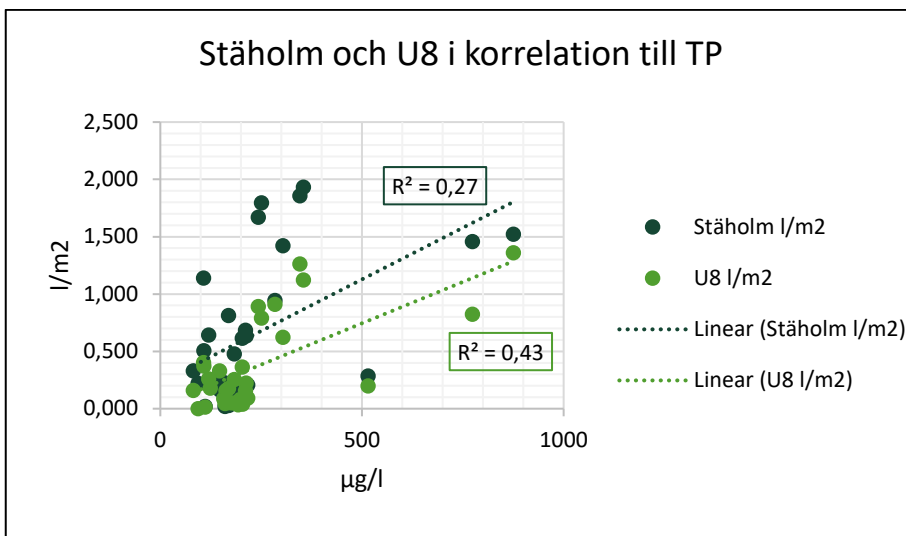


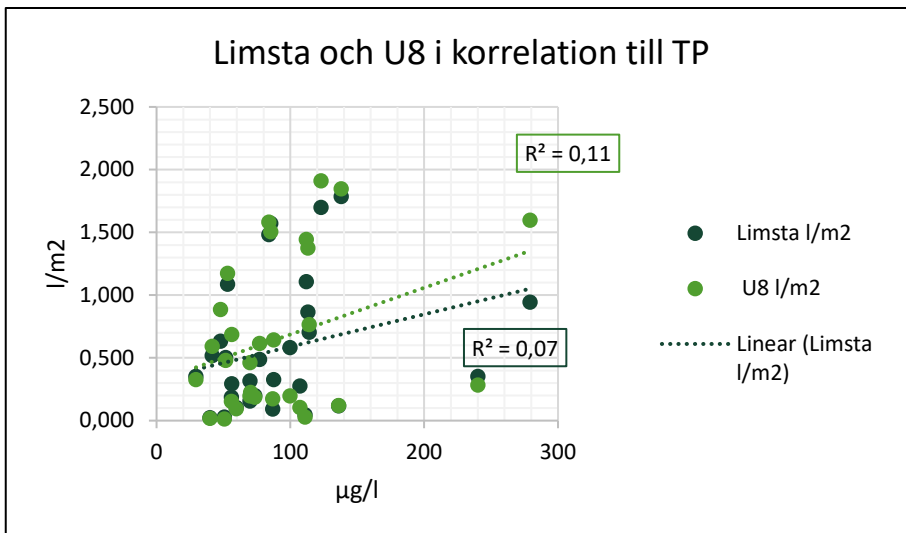
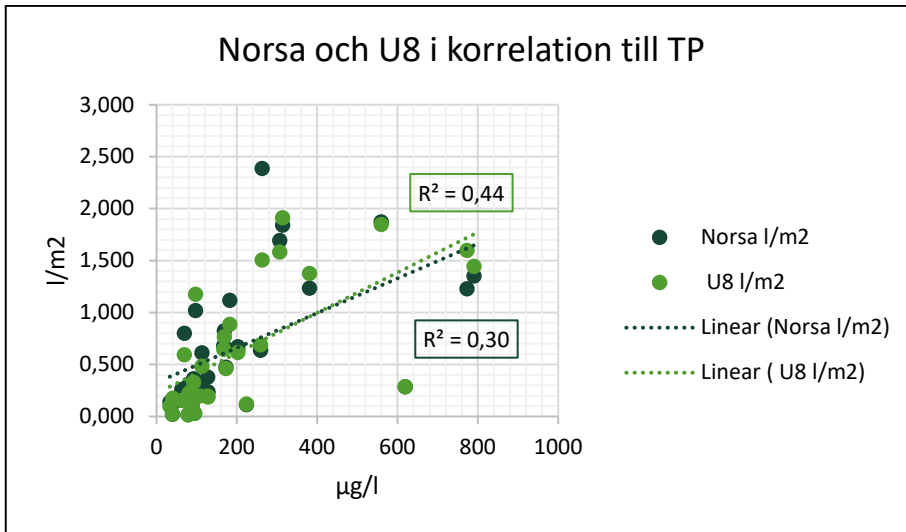


Vattenflöden i korrelation till halter näringsämnen

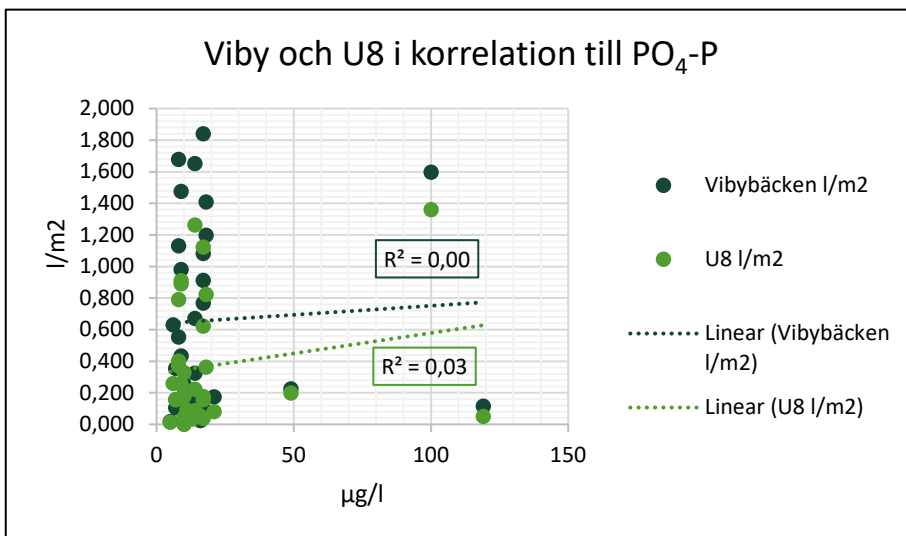
Total fosfor:

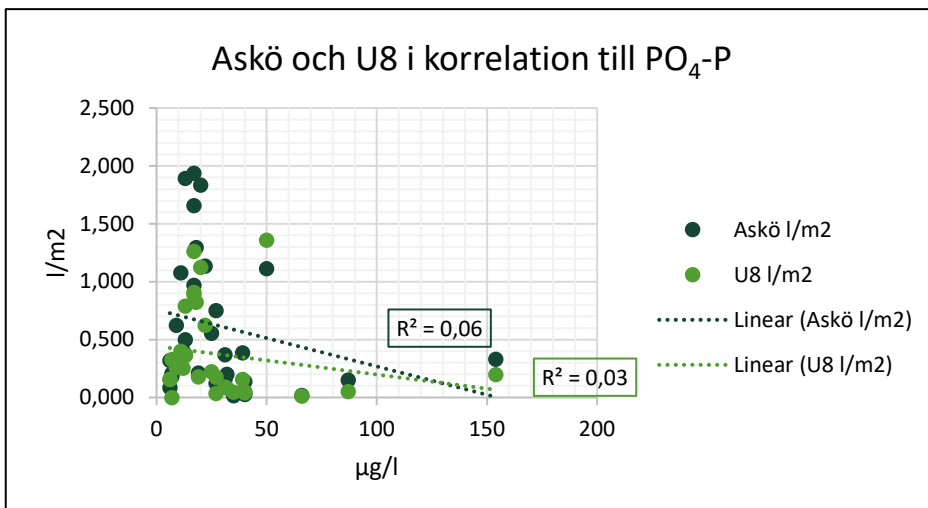
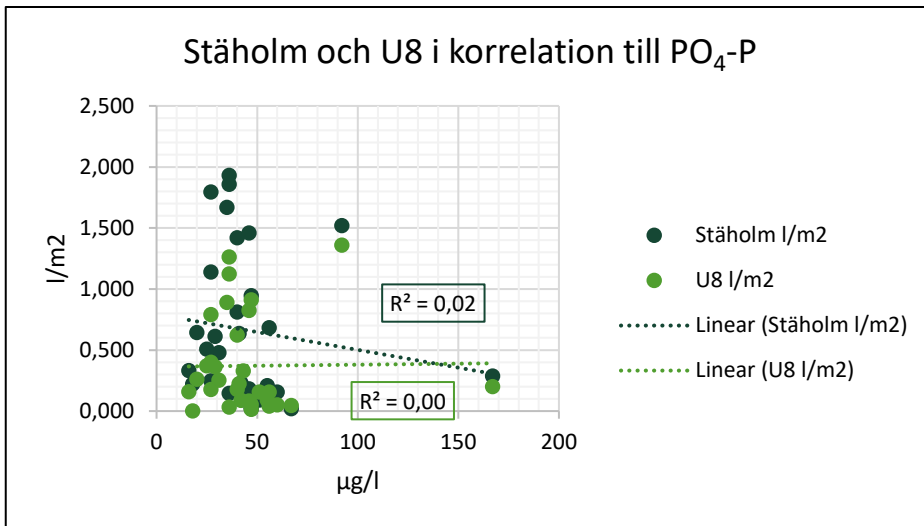
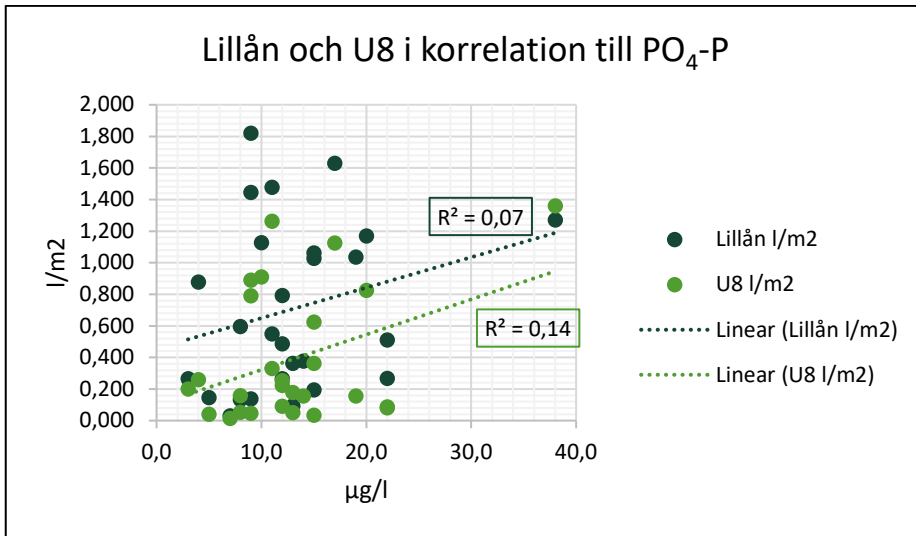


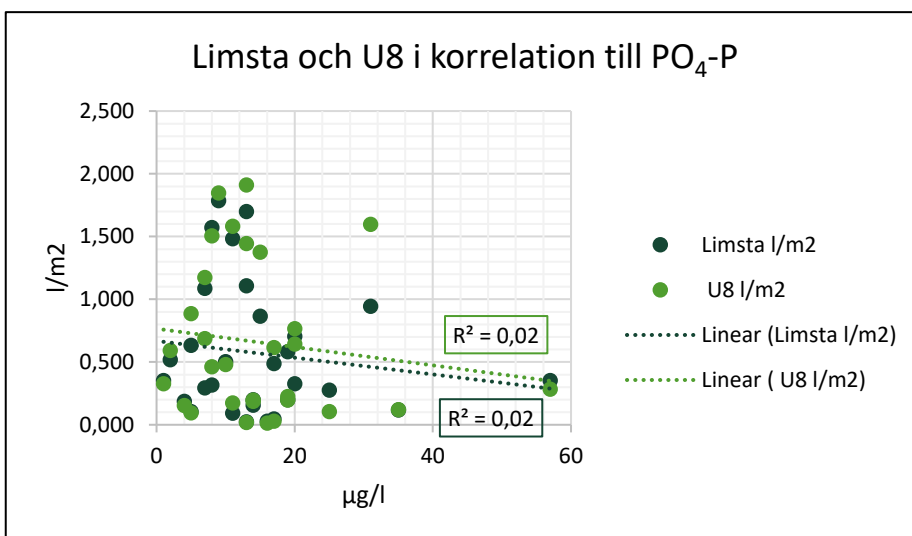
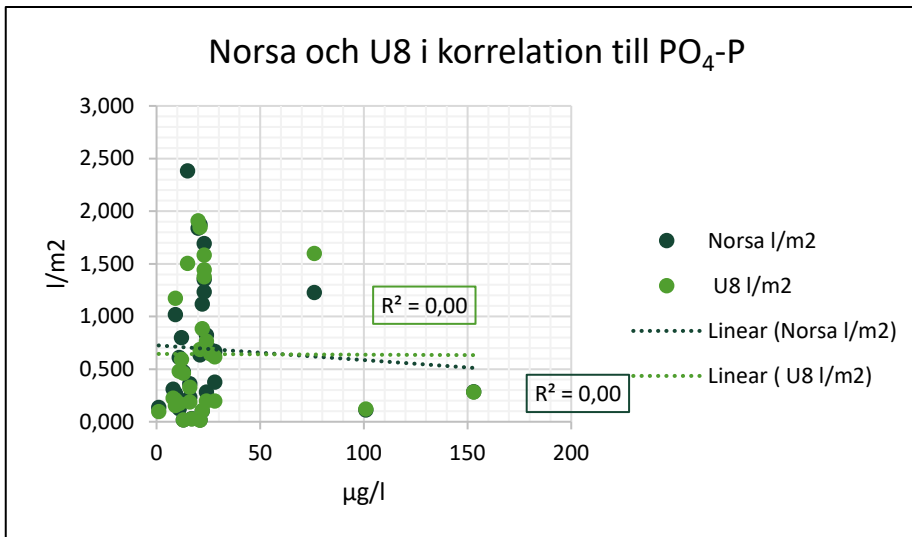
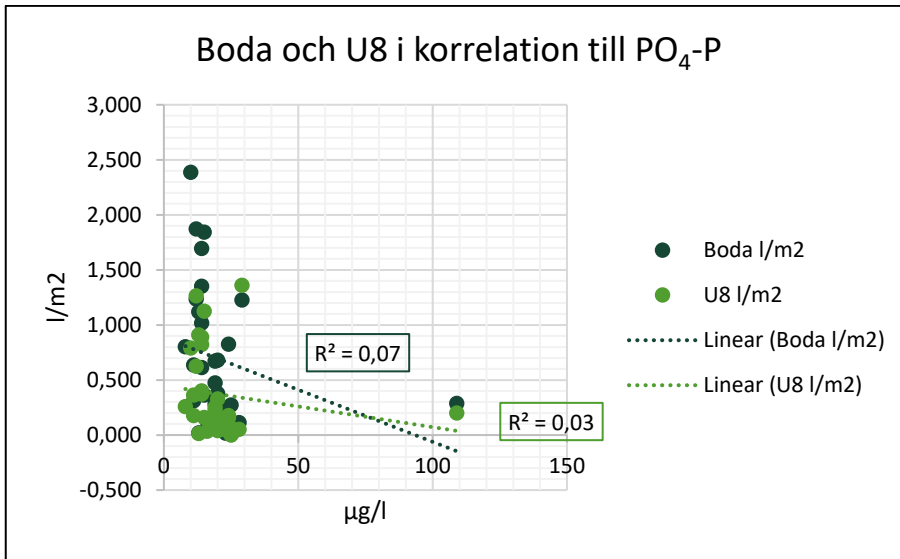




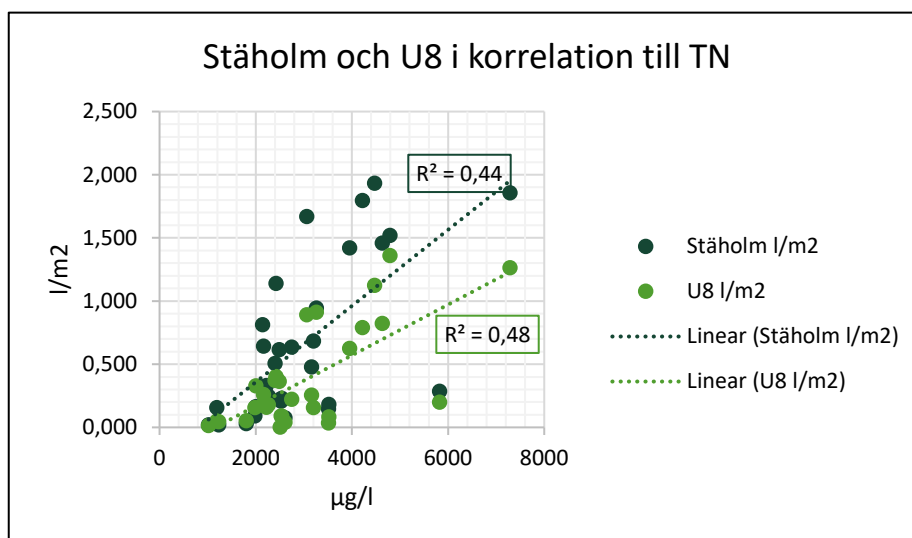
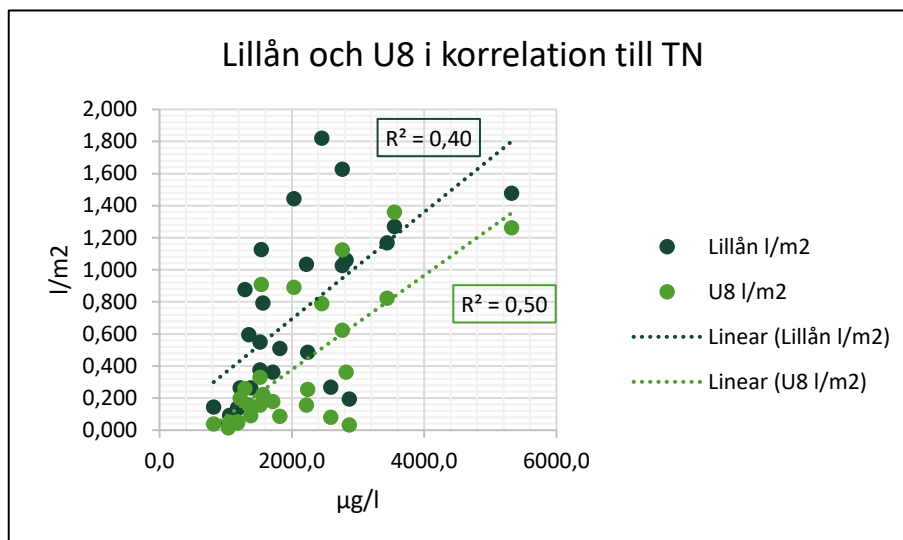
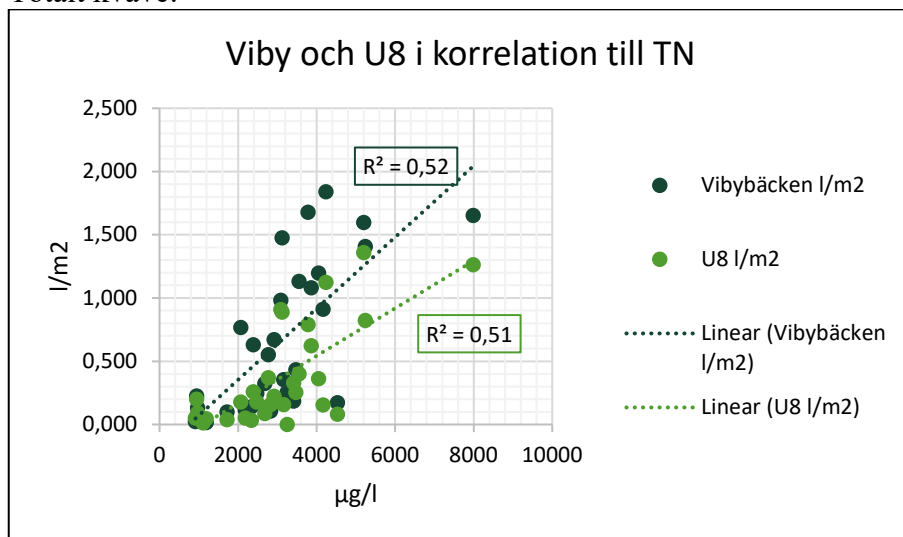
Fosfatfosfor ($\text{PO}_4\text{-P}$):

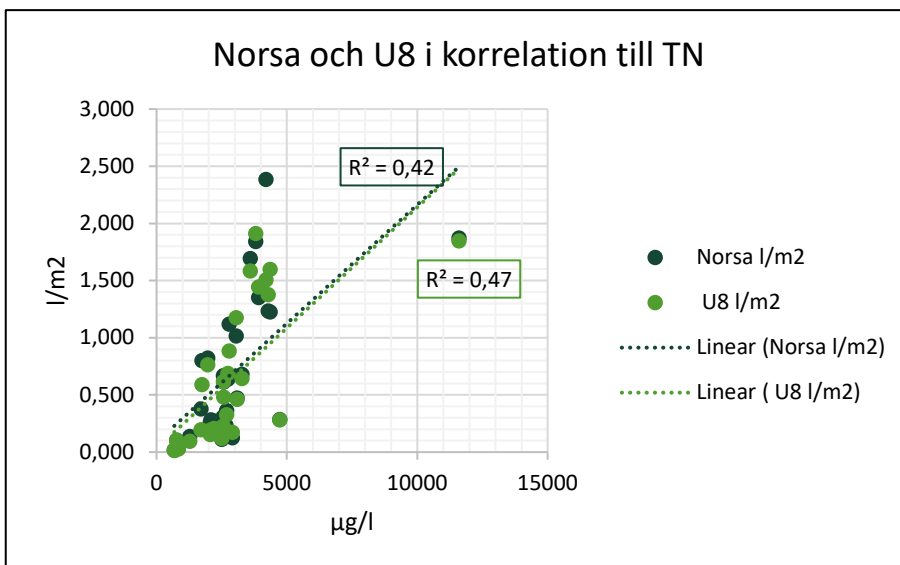
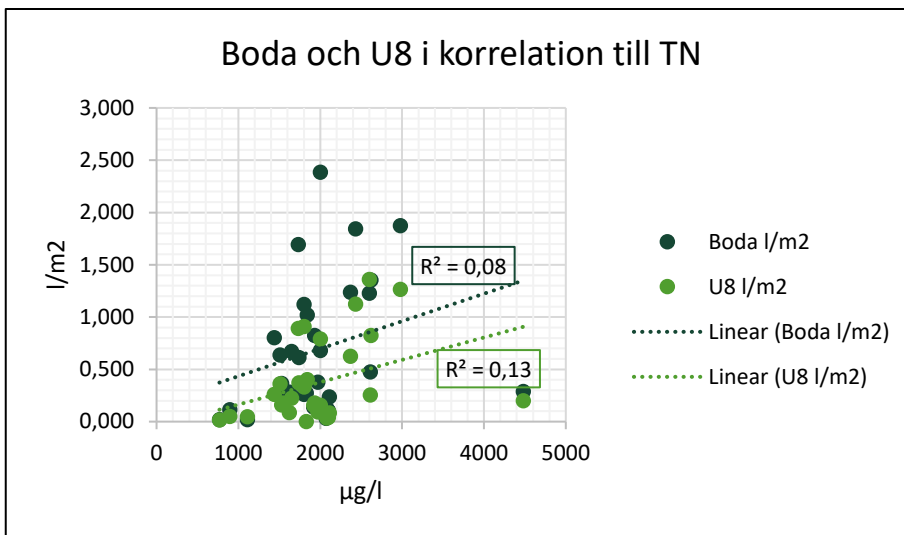
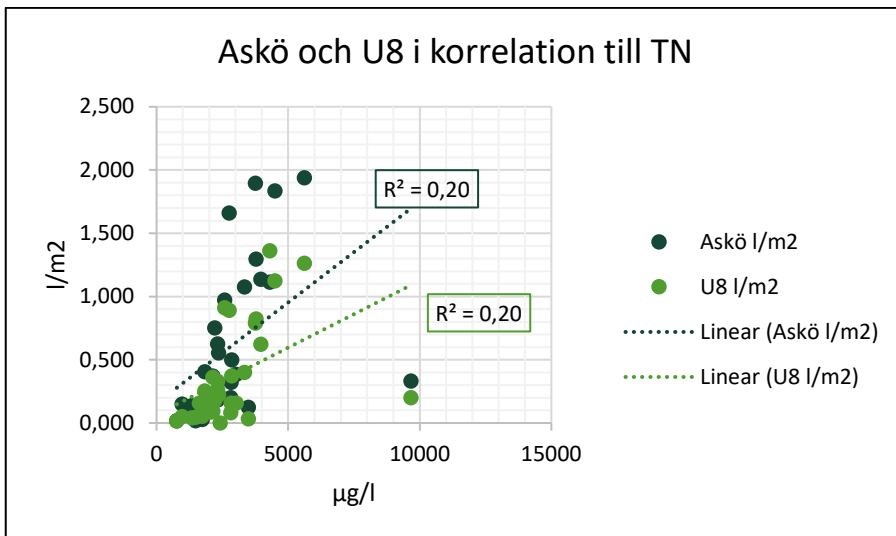


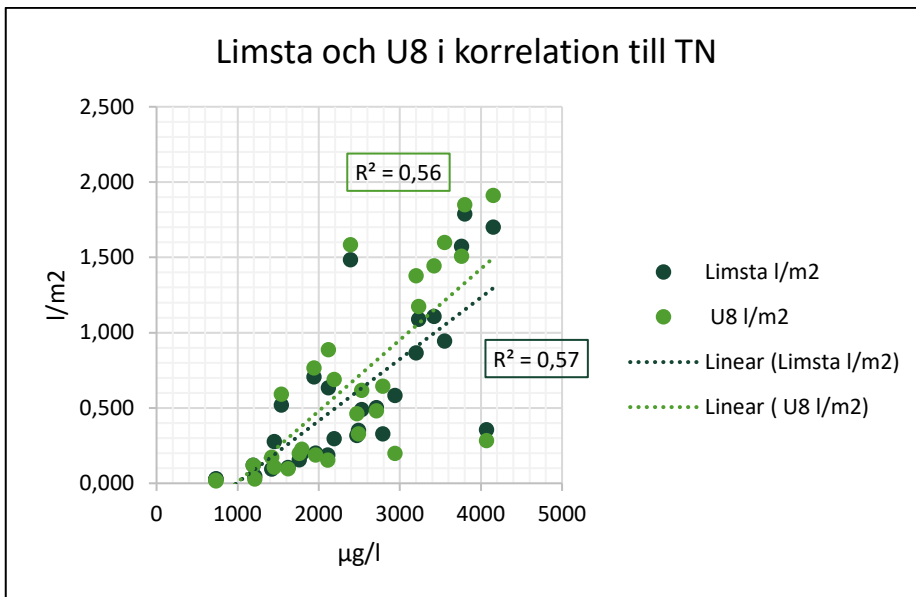




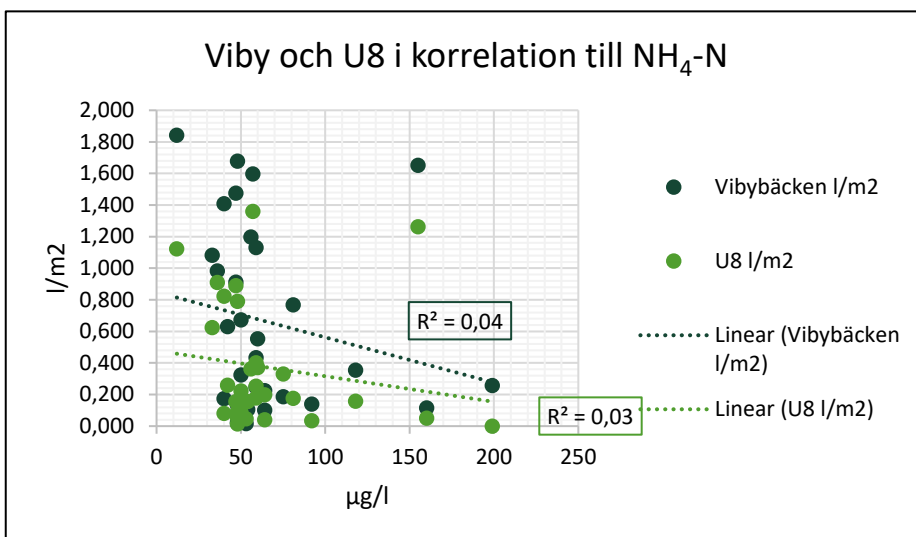
Totalt kväve:

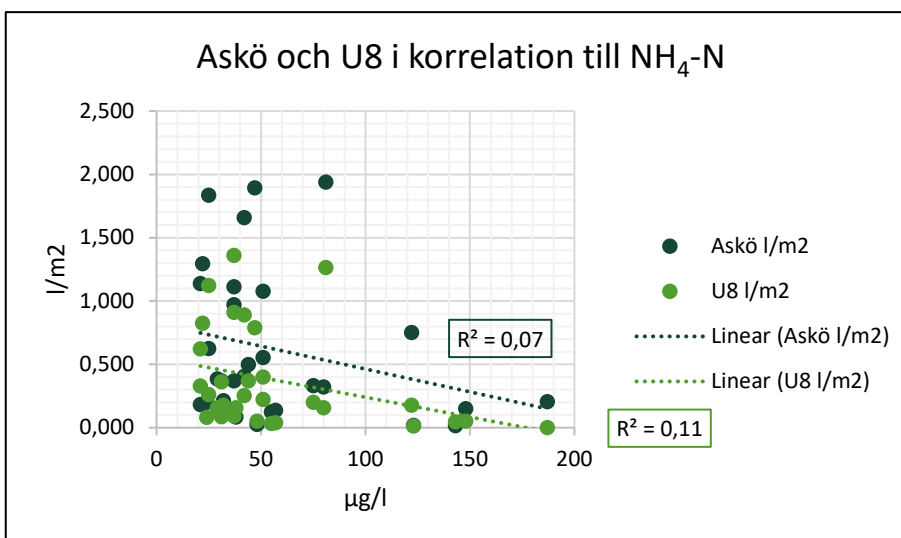
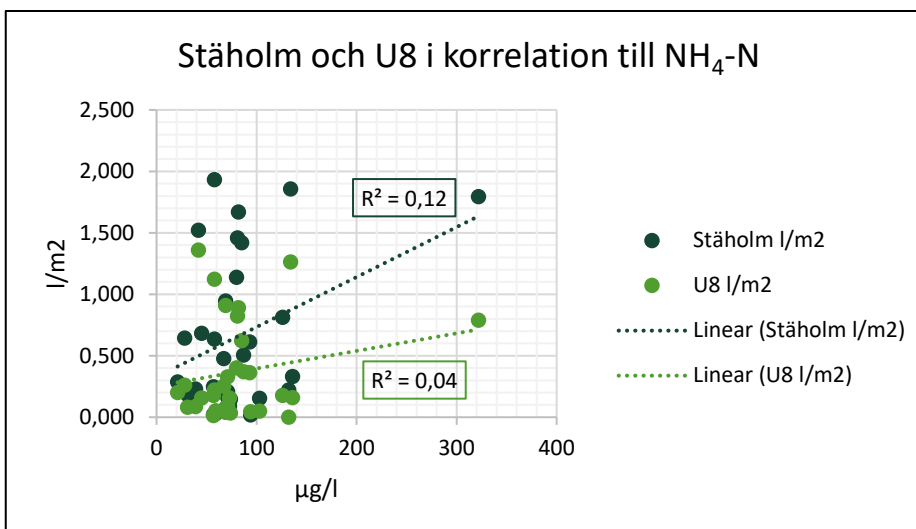
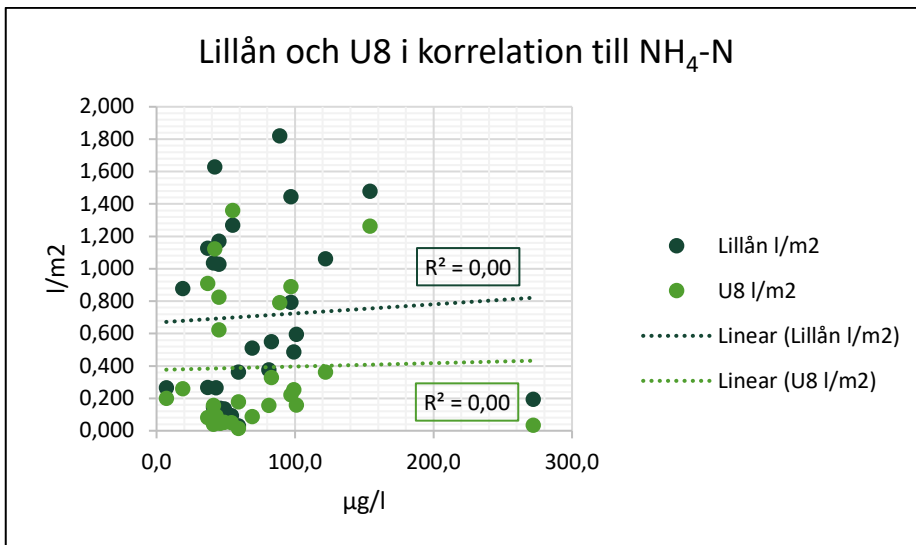


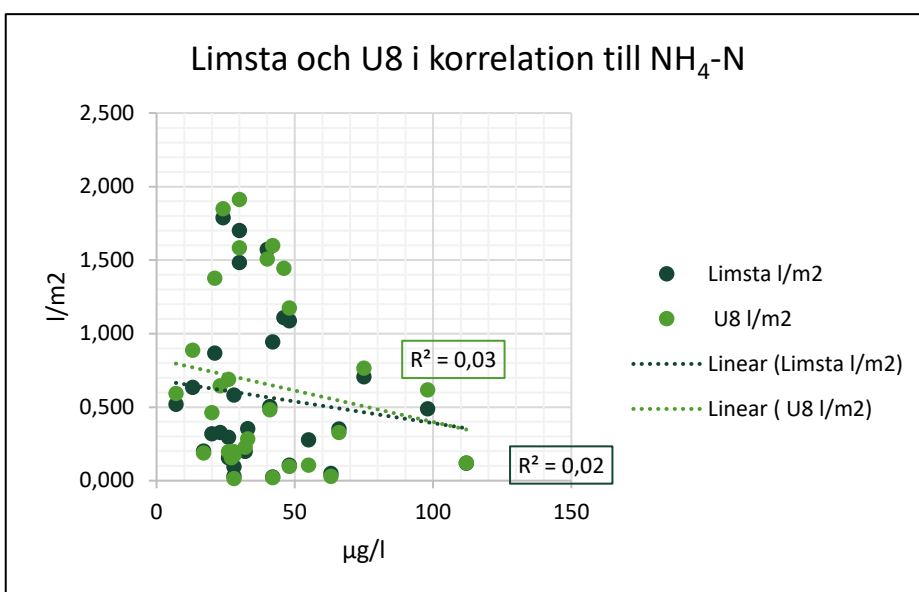
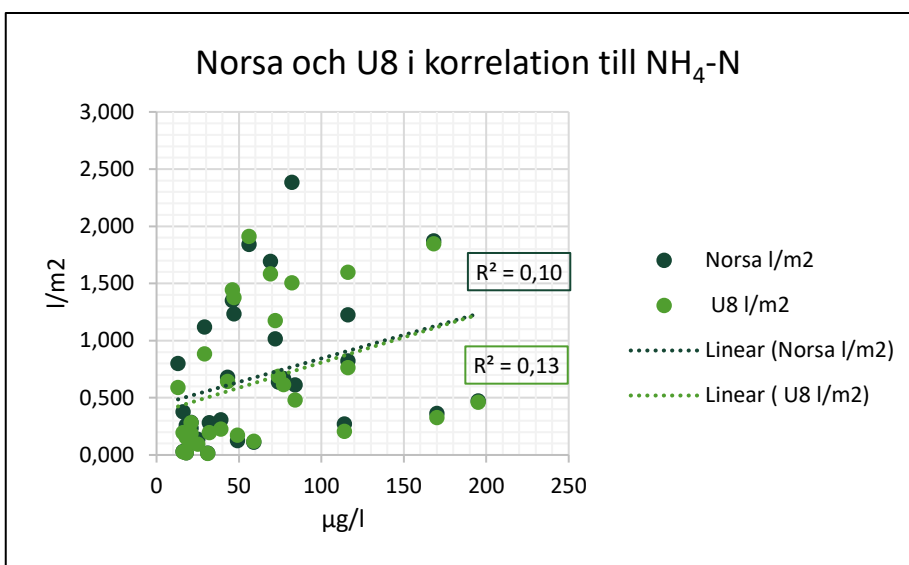
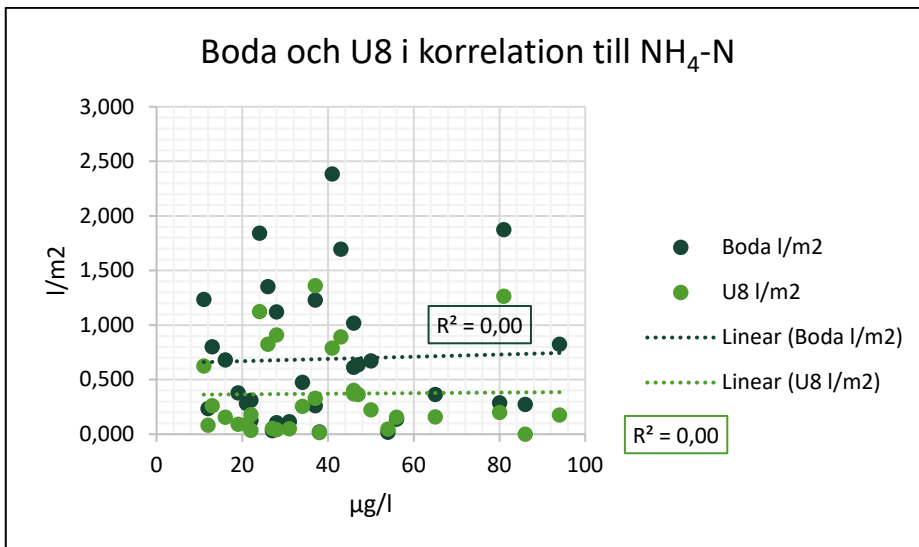




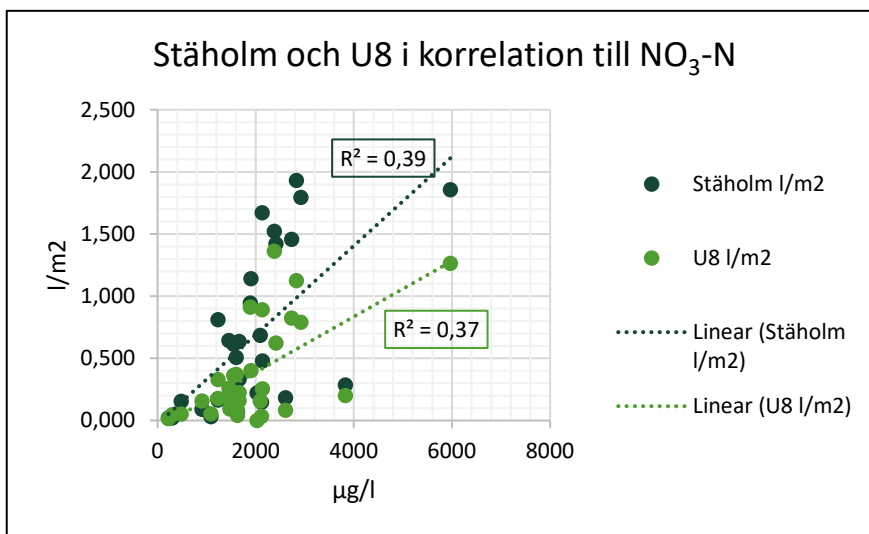
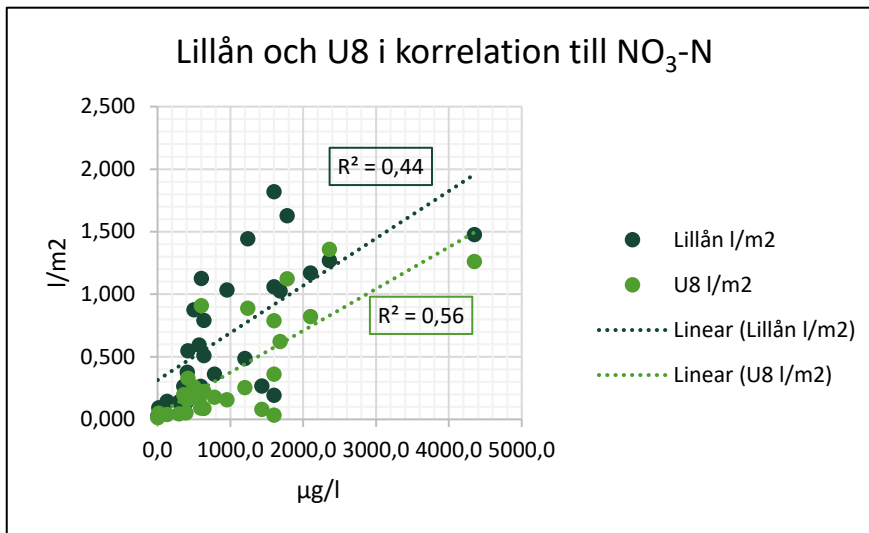
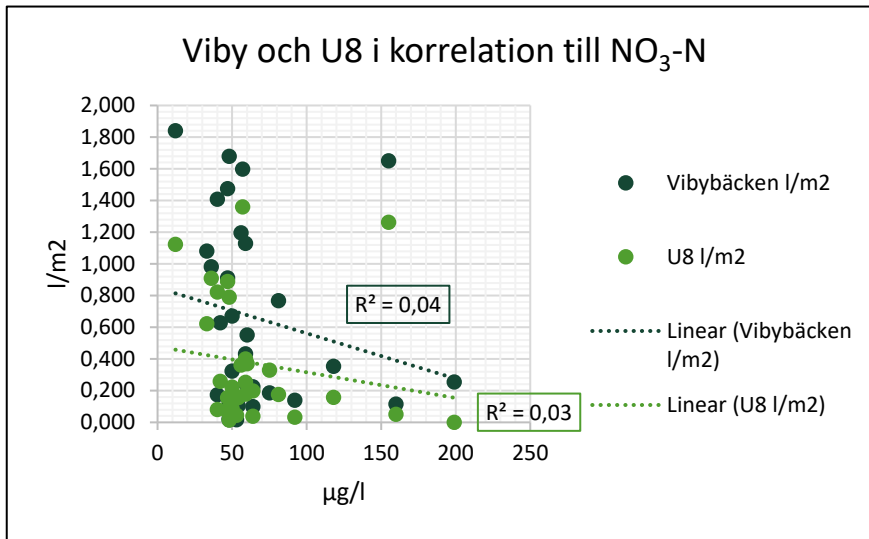
Ammoniumkväve (NH_4-N):

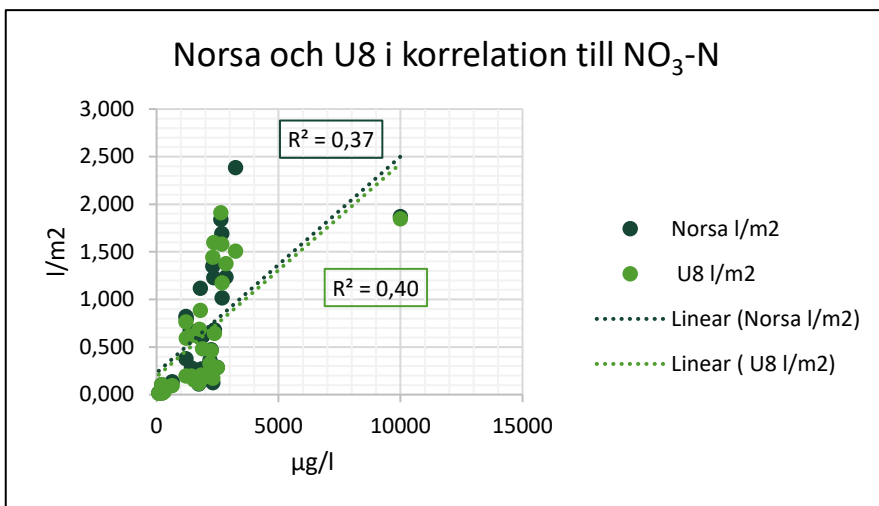
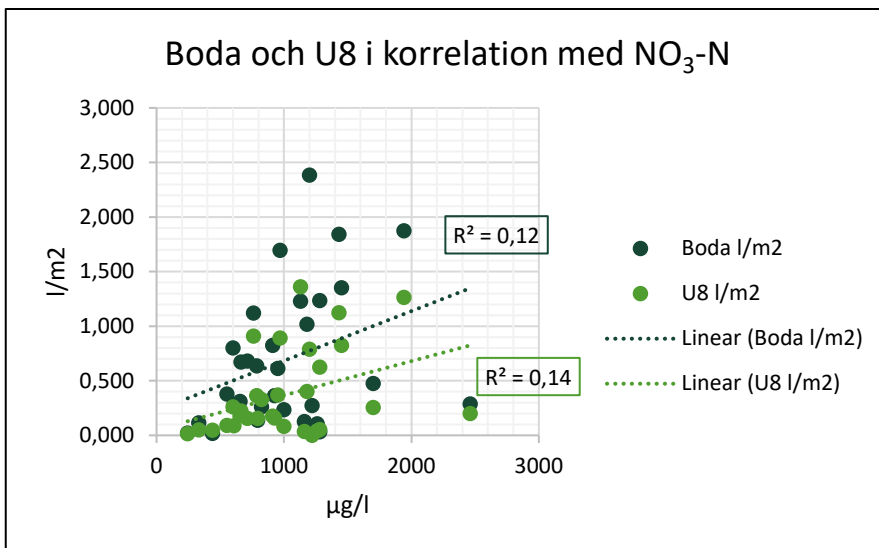
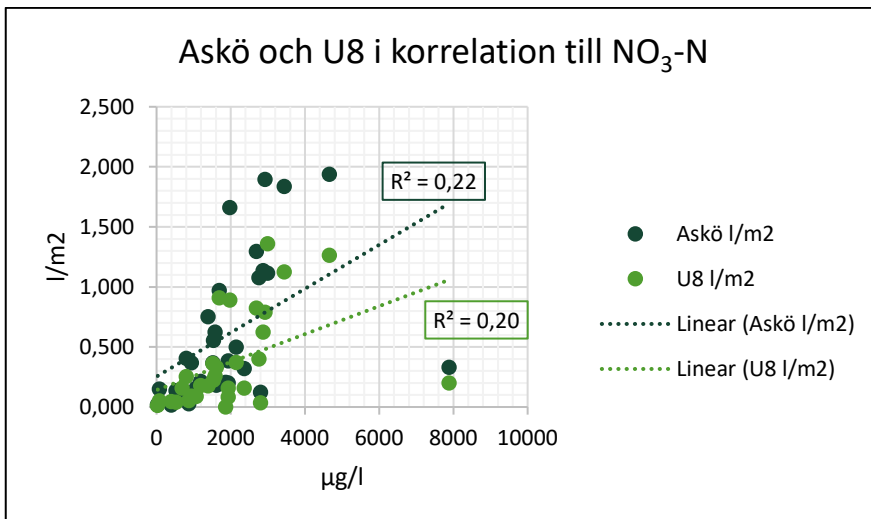


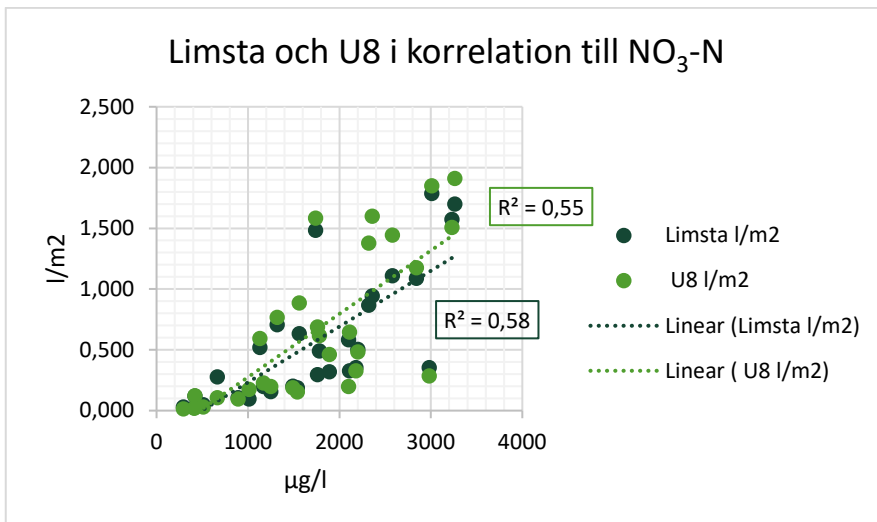




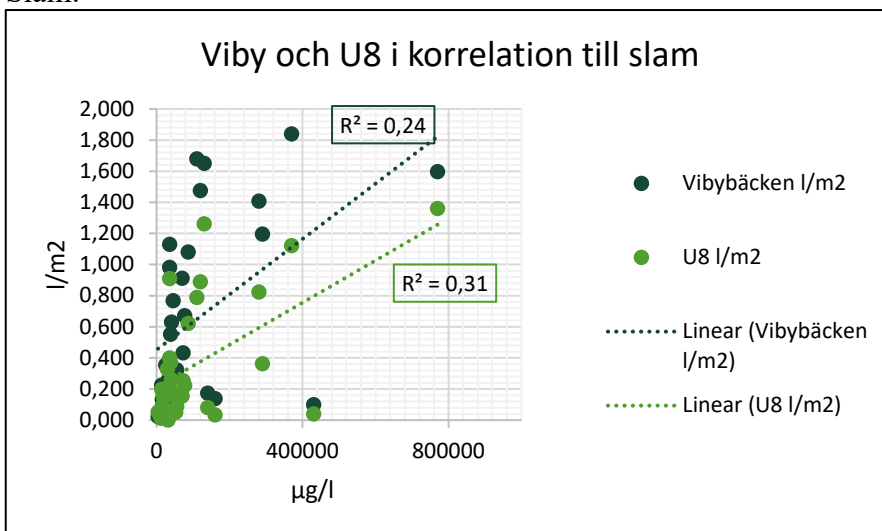
Nitratkväve (NO₃-N):

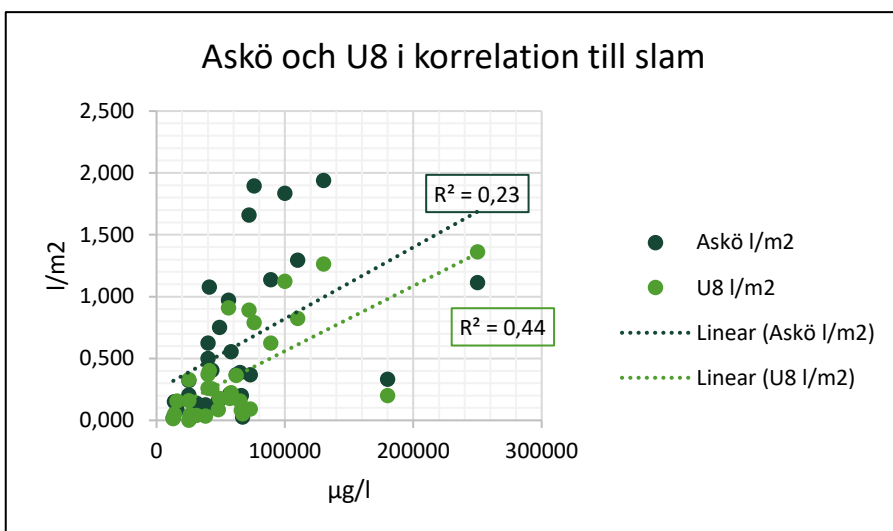
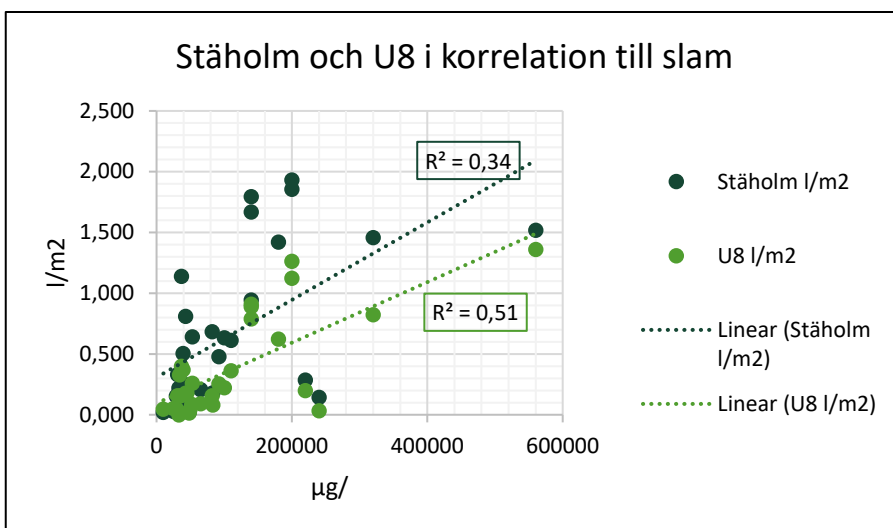
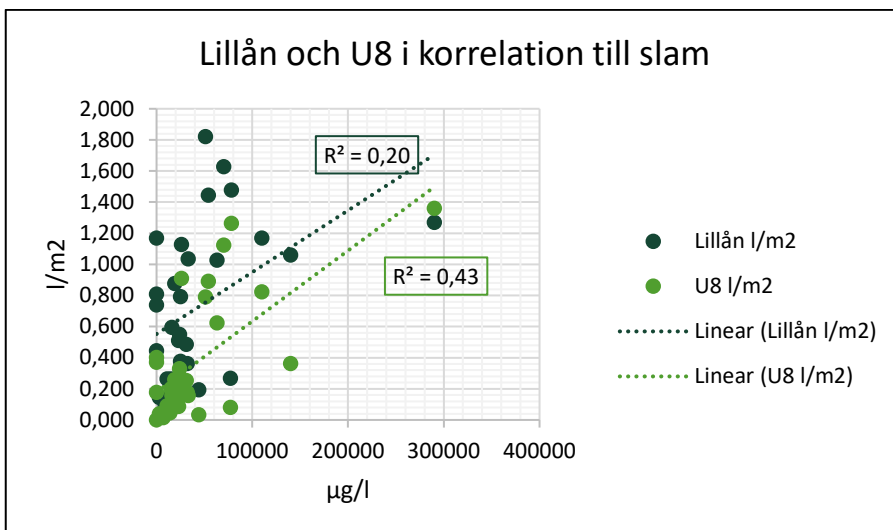


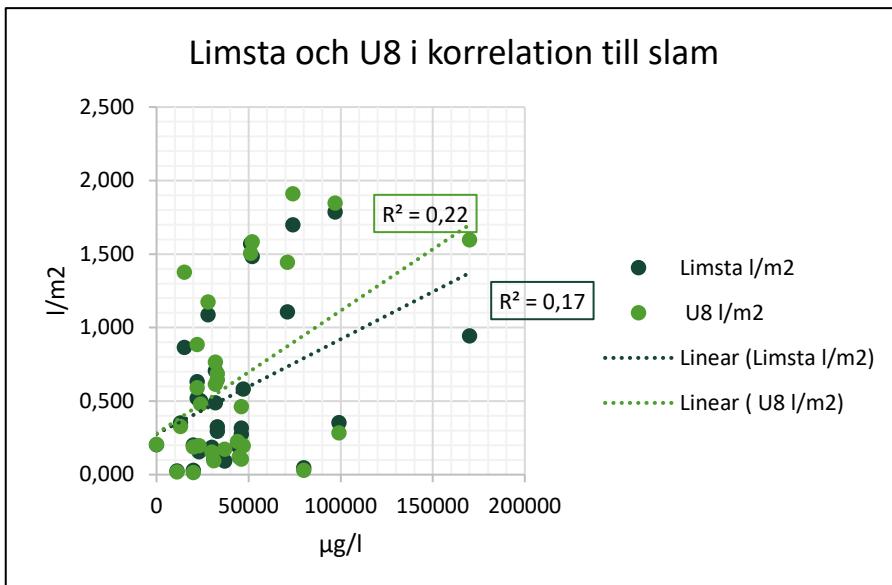
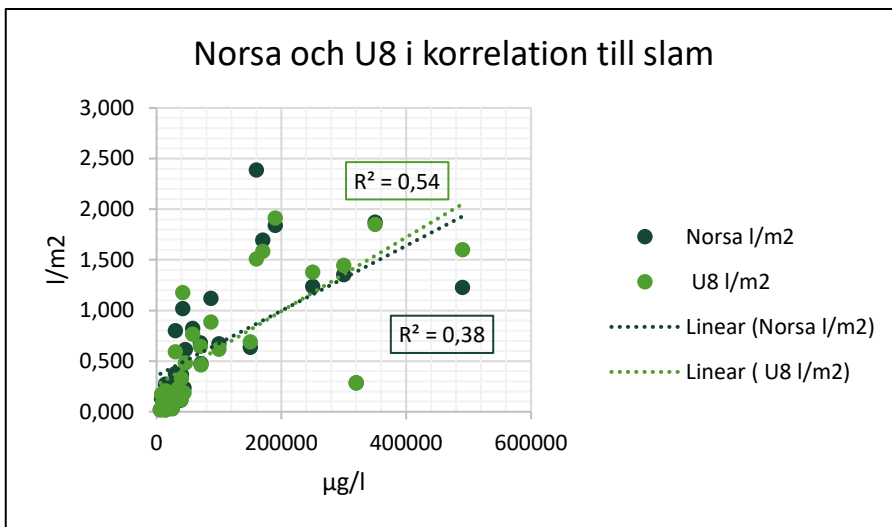
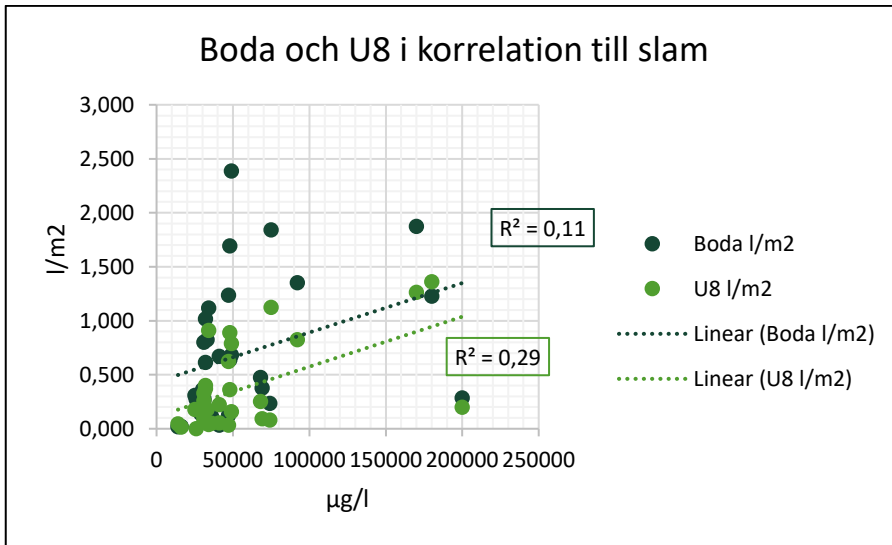




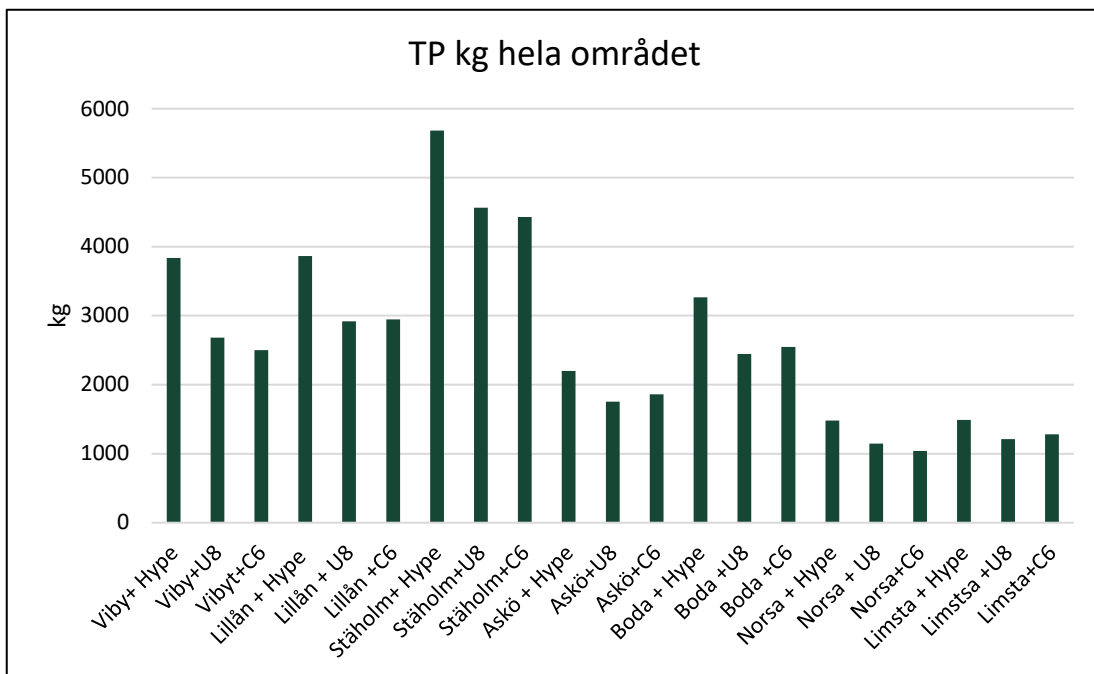
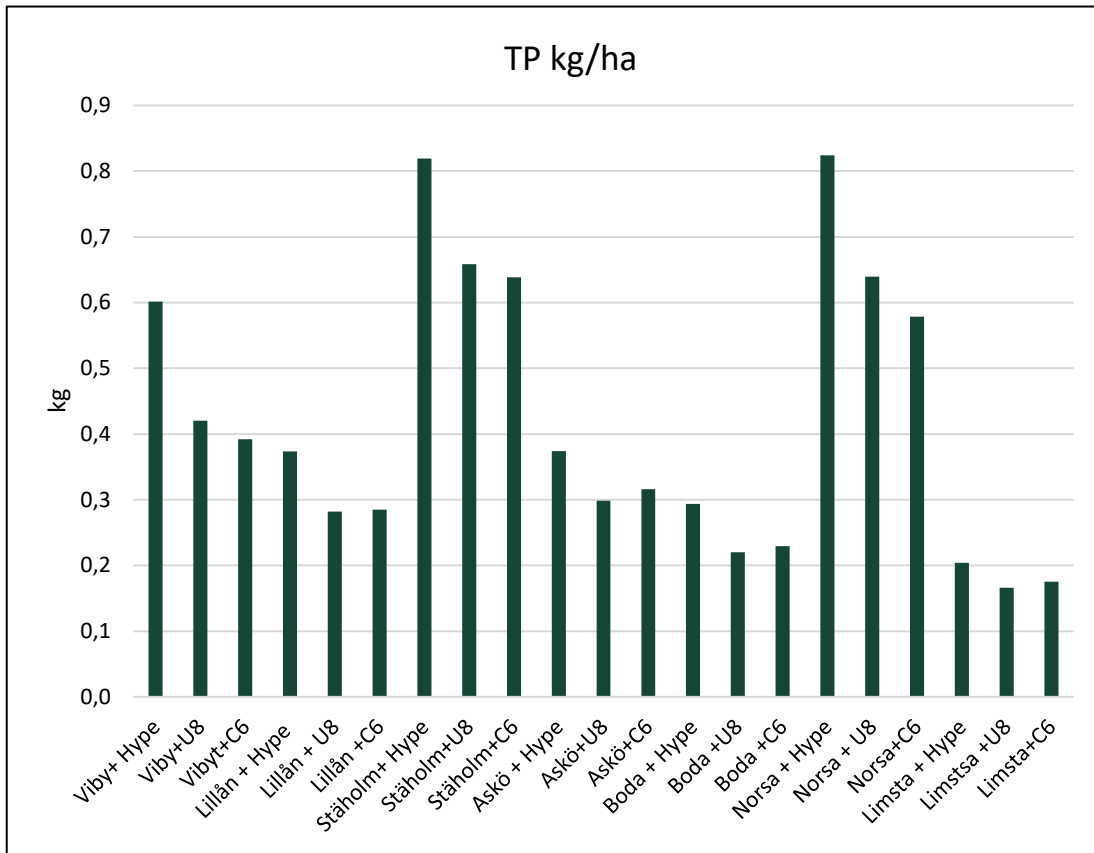
Slam:

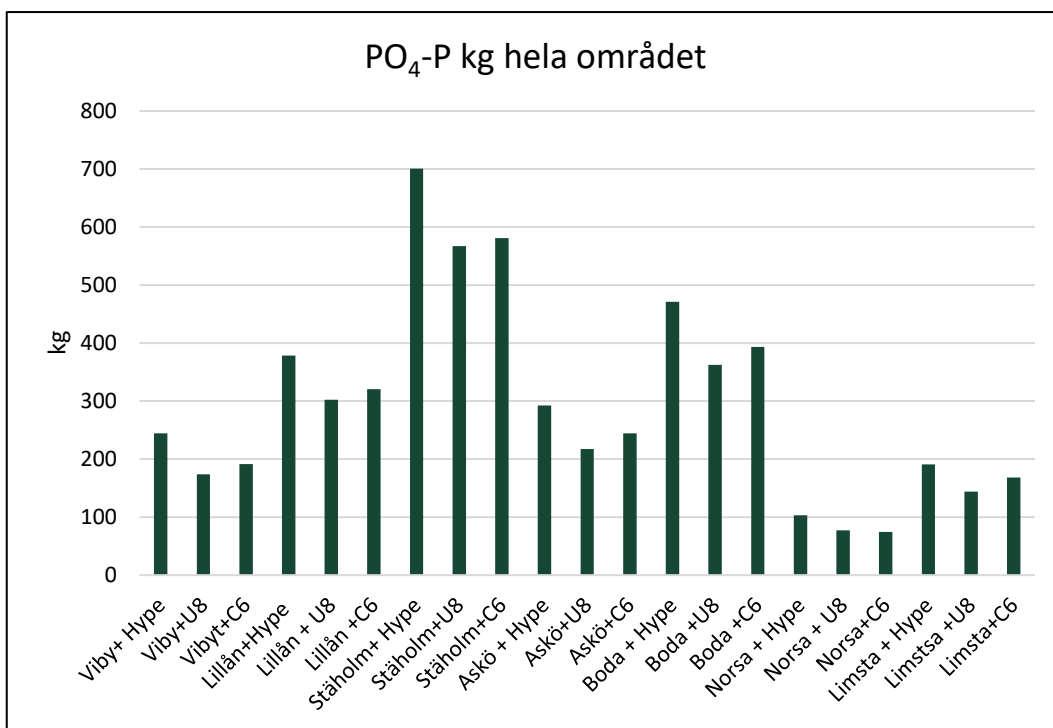
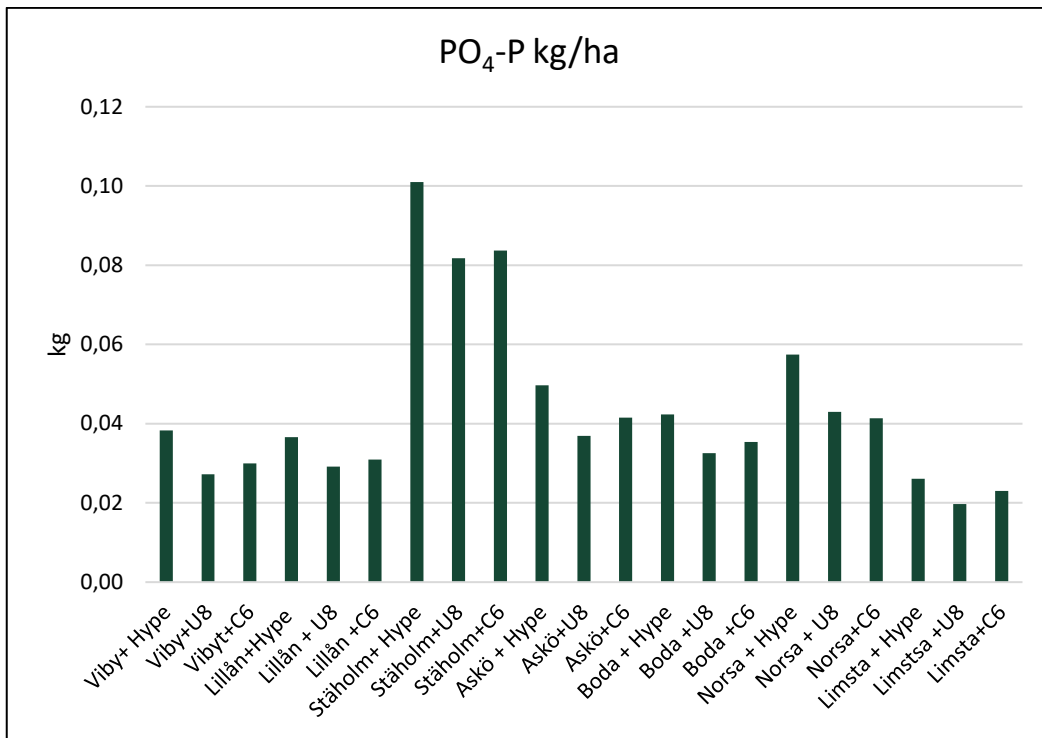


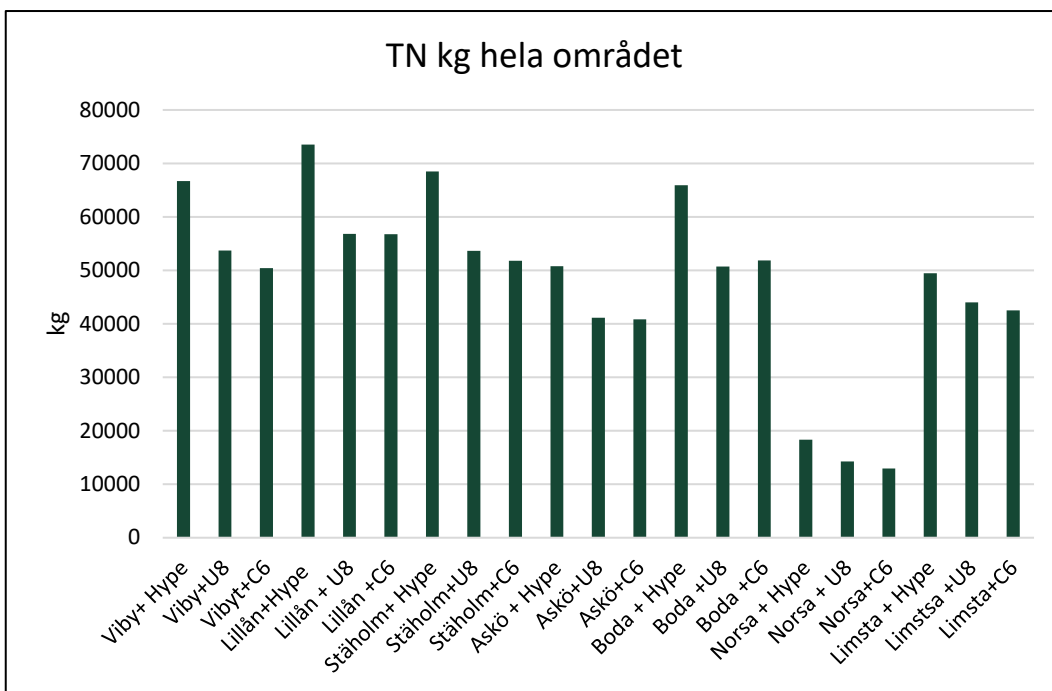
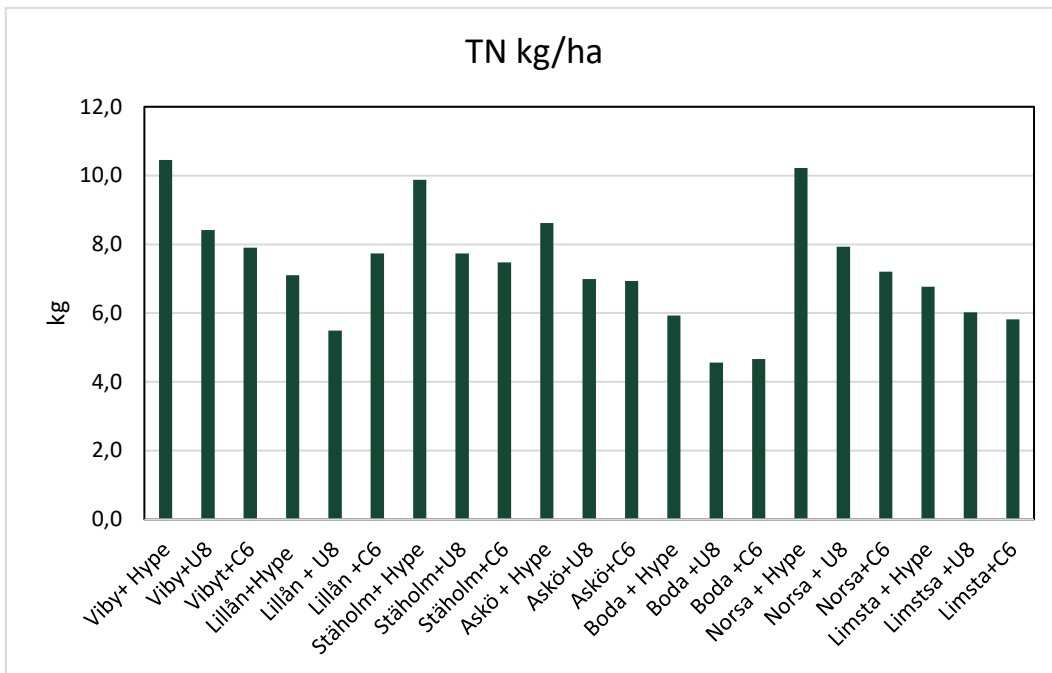


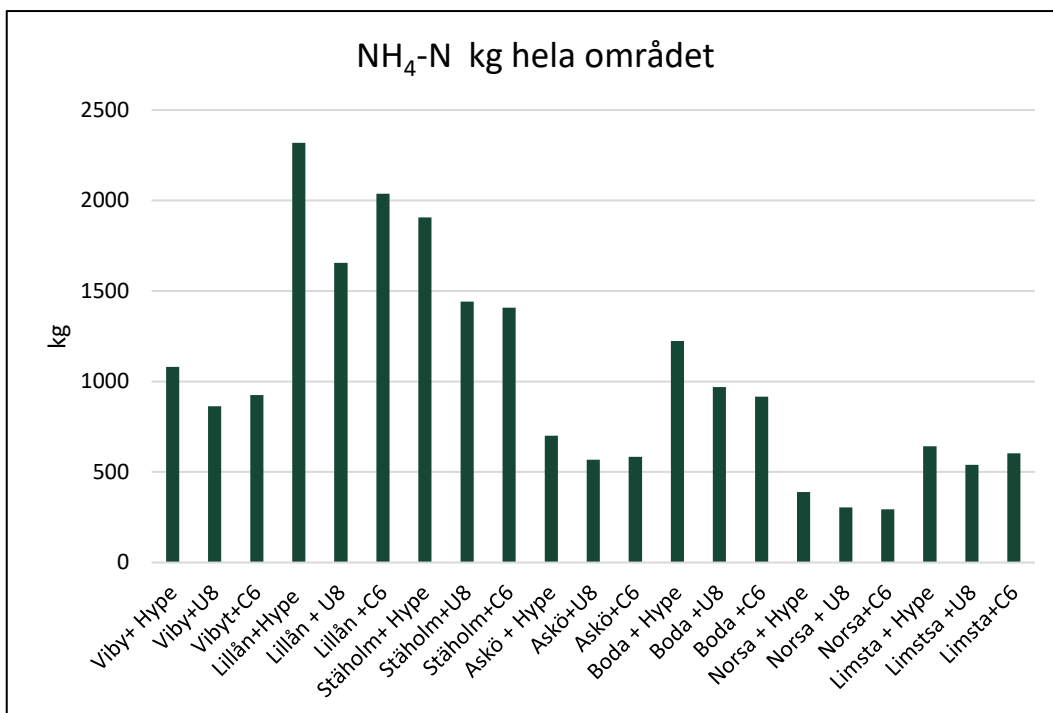
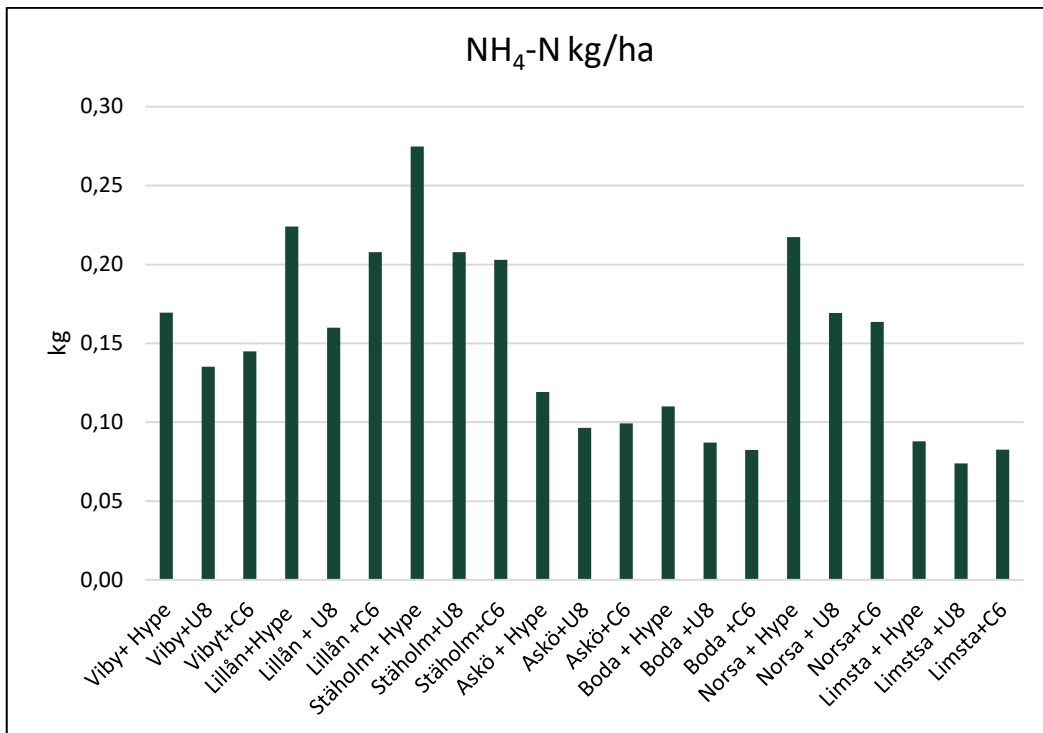


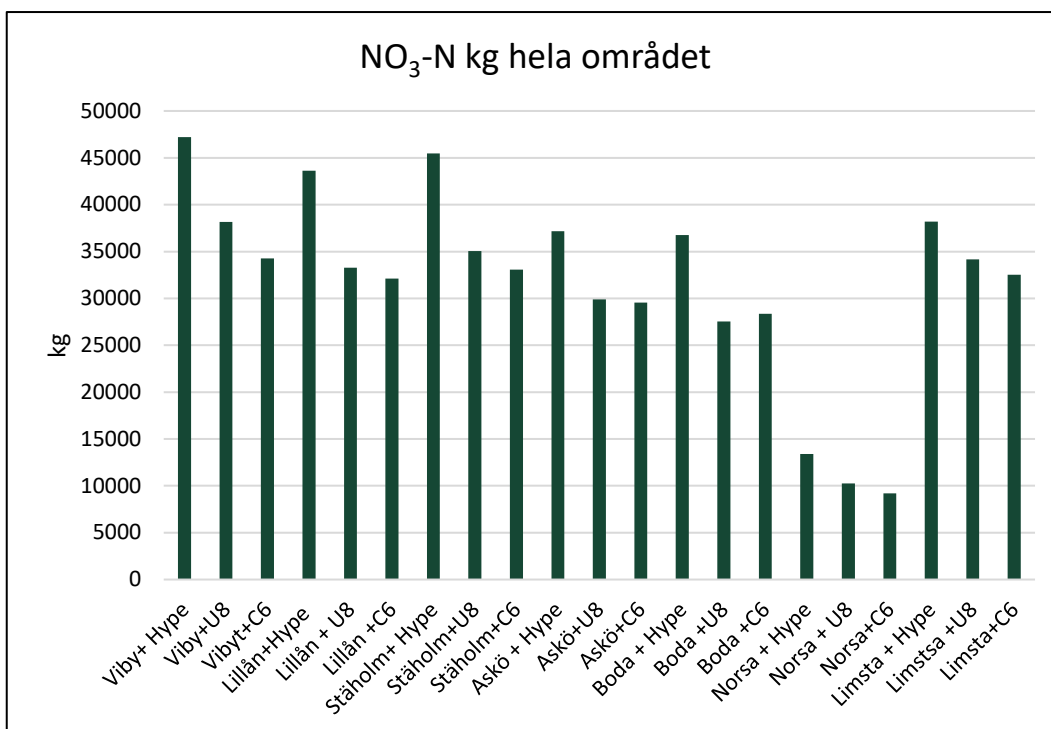
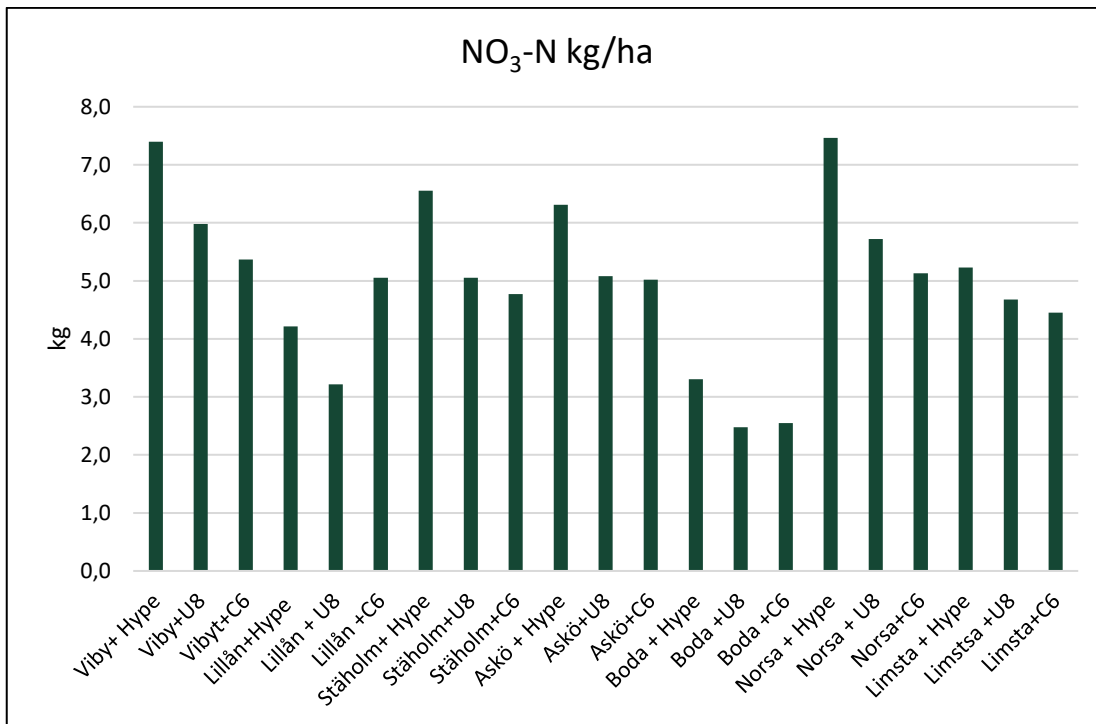
Belastningsdiagram

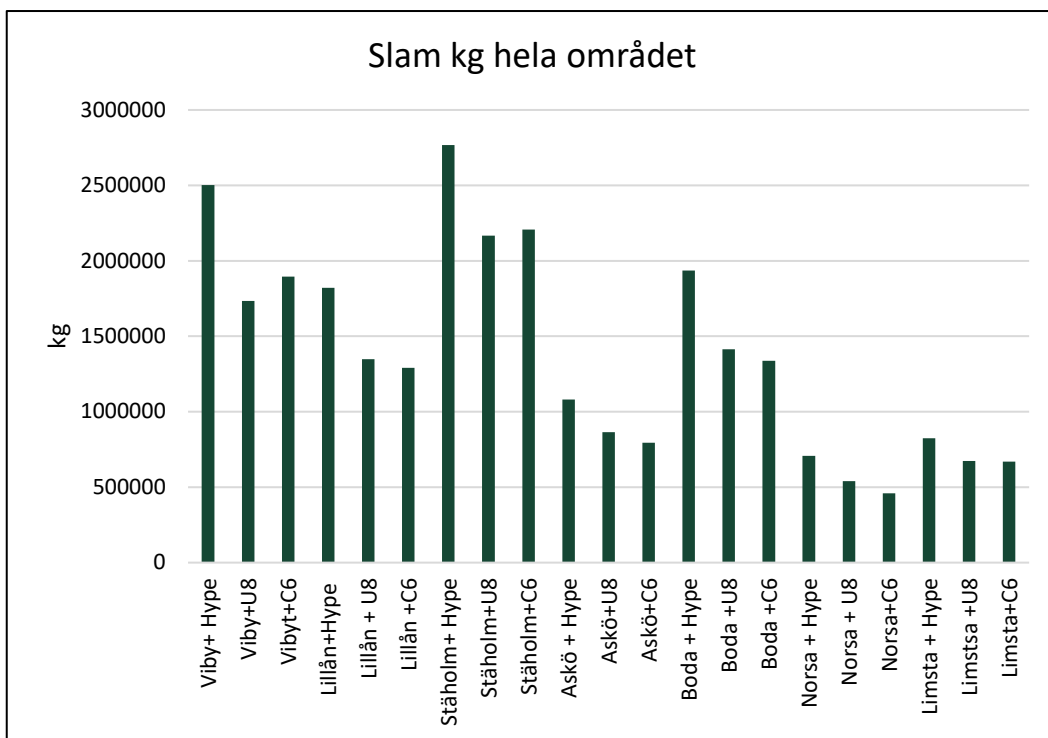
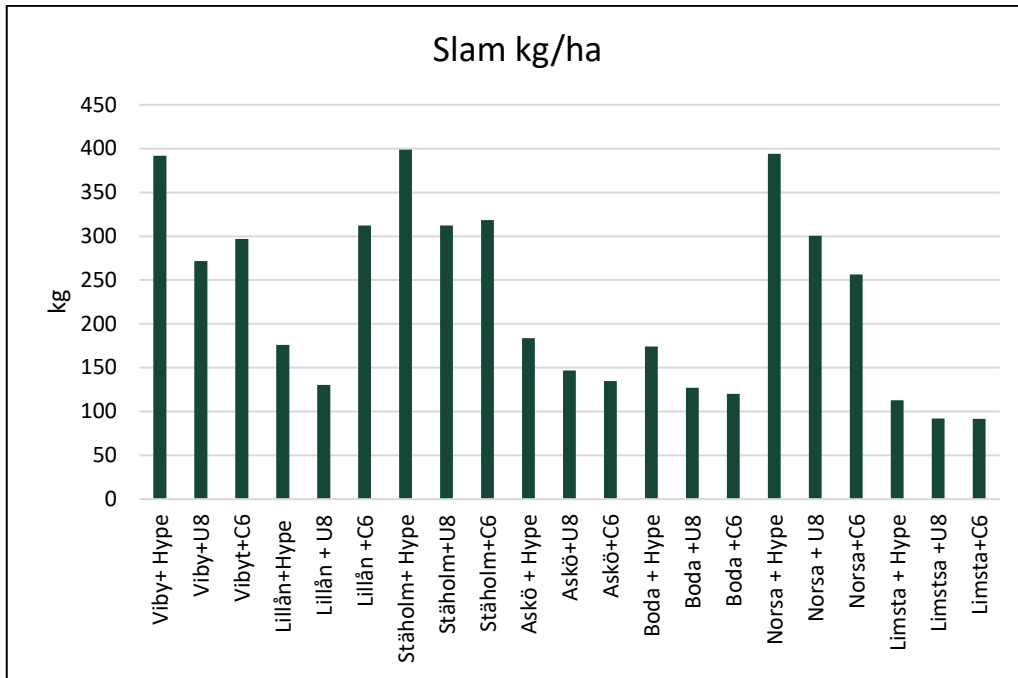












Publicering och arkivering

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.