

# Projekt: Professur vid Våtmarkscentrum, Högskolan i Halmstad/FoU

Projnr 0248020

Slutrapport 2006-02-07 / Stefan Weisner

## Bakgrund

Effektiviserad markanvändning har lett till en drastisk minskning av arealen våtmarker i jordbrukslandskapet. Våtmarkernas stora betydelse för biologisk mångfald och näringsämnesreduktion har emellertid på senare år uppmärksamats och våtmarker återskapas numera i jordbrukslandskapet.

Ett allvarligt bekymmer har varit och är de höga transporterna av kväve och fosfor från land till kustnära hav och Östersjön, vilket där orsakar eutrofieringsproblem. Våtmarker har föreslagits som en realistisk och kostnadseffektiv metod för att begränsa denna transport från jordbrukslandskapet. Våtmarker i jordbrukslandskapet har en stor potential att fungera som enkla, men effektiva och hållbara närsaltsfällor vilka reducerar närsaltstransporten från jordbrukslandskapet likväl som från skogsmark uppströms i avrinningsområdet. En anledning till detta är att kväve i jordbrukslandskapets vatten generellt förekommer i form av nitrat som, under anaeroba förhållanden och med god tillgång på organiskt material producerat av växter i våtmarker, kan reduceras till atmosfärisk kvävgas genom bakteriell denitrifikation. Våtmarkers potential att avskilja fosfor beror av sedimentation, adsorption och upptag i biologiska komponenter i ekosystemet.

För att uppnå en signifikant minskad transport av näringsämnen måste våra "nya" våtmarker vara effektiva "vattenrenare", dvs ha en hög retention (avskiljning) av närsalter per anlagd våtmarksyta, eftersom det inte är realistiskt att sätta en alltför stor proportion av vår moderna brukade jordbruksareal under vatten. Tyvärr avslöjas det, vid en närmare granskning av tidigare rapporterade retentionsdata, att vi inte vet hur effektiva våtmarkerna i jordbrukslandskapet är. Variationen mellan våtmarker avseende rapporterad retention är mycket stor, liksom mellanårsvariationen i retention för samma våtmark. Detta exemplifieras av de jordbruksvåtmarker i södra Sverige där monitoring genomförts. Retentionen ökar generellt med ökad belastning, men detta förklarar endast delvis den mycket stora variationen.

Det går med nuvarande kunskapsläge inte att urskilja hur mycket av ovan nämnda variation som är "riktig variation", orsakat av t.ex. skillnader i våtmarkers utformning eller vegetationstäckning. Detta beror på underliggande svårigheter med att få fram pålitliga retentionsdata. Retention i våtmarker har vanligen beräknats utifrån stickprovtagning med relativt glesa intervall (ofta omkring 14 dagar). Detta visar sig vid en kritisk granskning ge mycket osäkra värden på grund av fluktuationer i vattenflöden och närsaltskoncentrationer. I några våtmarker har man satsat på kontinuerlig provtagning (viss volym per tid) till behållare som töms för analys ca en gång i veckan. Även denna metod har dessvärre brister eftersom tidsproportionella prov kommer att

överskatta betydelsen av koncentrationer (och koncentrationsskillnader) vid låga flöden vid beräkning av retentionen av närsalter. Dessutom har provvattnet uppsamlats i ej kyllda behållare vilket medför att provvattnets sammansättning kan förändras betydligt innan det inhämtas för analys. En tredje metod, automatisk flödesproportionell provtagning, kan överbrygga dessa effekter om provvattnet dessutom samlas i kyllda behållare. Metoden är emellertid inte realistisk att använda i stor omfattning på grund av höga investeringskostnader.

Ovan nämnda problem kring provtagning och beräkning av retention av föroreningar i våtmarker innebär att osäkerheten har varit för stor för att man ska kunna utvärdera hur skillnader i avskiljningsförmåga mellan olika våtmarker beror på dessas utformning. Ett sätt att undvika dessa problem är att åstadkomma mera kontrollerade betingelser under vilka retentionsförmågan hos olika våtmarker med olika utformning kan jämföras. Vi har åstadkommit detta i en experimentvåtmarksanläggning som beskrivs nedan. För att erhålla tillförlitliga mätningar i verkliga våtmarker har vi dessutom uppmätt retentionen av fosfor och kväve med automatisk flödesproportionell provtagning i tre anlagda våtmarker belägna i utpräglat jordbrukslandskap i Halland. Dessa mätningar ger kunskaper om hur våtmarker bör utformas och avses även ligga till grund för utveckling av förenklad men tillförlitlig metodik för retentionsbestämning i våtmarker i jordbrukslandskapet. Sådana förenklade mätningar som kan realiseras i ett stort antal våtmarker kommer att ytterligare bidra till att öka vår kunskap om hur våtmarker bör utformas för att miljömålen ska kunna uppnås.

## **Metodik och genomförande**

### *Experimentvåtmarksanläggning*

En försöksanläggning med replikerade våtmarker för vetenskapliga experimentstudier projekterades 2002 och färdigställdes under 2003. Experimentanläggningen ligger vid Plönningskolan utanför Harplinge i Halmstads kommun.

Nuvarande försök i experimentanläggningen ska utröna vilka faktorer som är de viktigaste för att nå en hög kväveavskiljning i anlagda våtmarker. Experimentanläggningen består av 18 stycken små likformiga våtmarker/dammar där vattendjup och ett konstant vattenflöde kan ställas in individuellt för varje våtmark (Fig. 1). Djupet i våtmarkerna kan varieras mellan 0 och 0,8 m. Våtmarkerna har en bottenyta på 2 m x 8 m. Med slänter blir ytan vid marknivån 4 m x 10 m. Släntlutningen är 1:1. Under här redovisade försök har vattendjupet varit inställt på 0,5 m och vattenytan blir därmed 22 m<sup>2</sup> per våtmark. Vattnet som tillförs via fördelningsbrunnar är grundvatten med en koncentration av nitratkväve som ligger konstant på drygt 10 mg/l. Kväveretentionen uppmäts genom analys av nitrat och totalkväve i in- och utflödande vatten till respektive våtmark.

Tillgången till 18 likformiga våtmarker innebär att man kan genomföra försök där varje behandling upprepas, vilket ger möjlighet att statistiskt bearbeta erhållna resultat på ett vetenskapligt korrekt sätt vad gäller effekten på kväveretentionen av de faktorer vi varierar. Detta kan tyckas självklart, men vetenskapligt korrekt replikering har inte vanligen skett inom den våtmarksforskning som tidigare bedrivits.

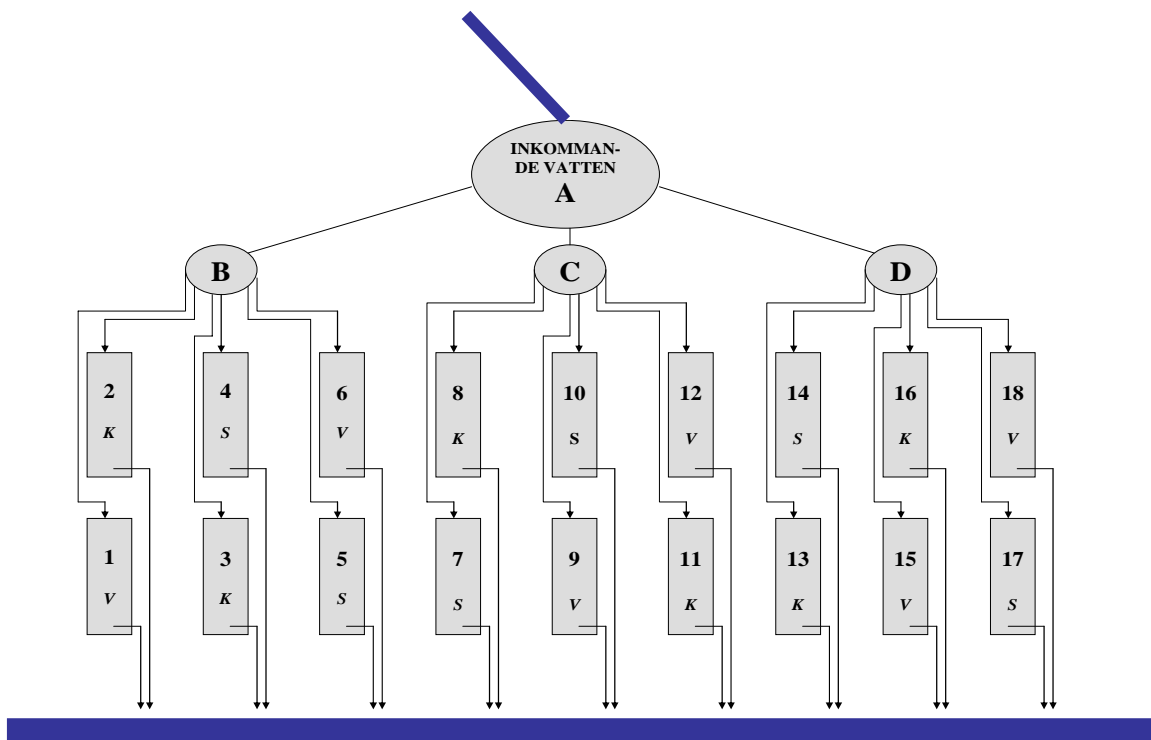


Fig. 1. Experimentvåtmarksanläggningens uppbyggnad. Inkommande vatten tillförs (överst i bild) med självtryck från grundvatten vid en näraliggande vattentäkt. Inkommande vatten provtas från fördelningsbrunnarna B, C och D. Utgående vatten provtas för respektive våtmark i respektive utloppsrör till förbiströmmande vattendrag (nederst i bild)

Under 2003 planterades vegetation i våtmarkerna. Försöksupplägningen under 2003 - 2005 var:

	Lågt vattenflöde	Högt vattenflöde
Övervattensväxter	3	3
Undervattensväxter	3	3
Kontroll	3	3

Antal replikat av varje behandlingskombination anges i tabellen.

I våtmarker med övervattensväxter har planterats bladvass (*Phragmites australis*) och jättegröe (*Glyceria maxima*). Undervattensväxter som etablerats är vattenpest (*Elodea*), hornsärv (*Ceratophyllum*), slinga (*Myriophyllum*) och lånke (*Callitriche*). I kontrollerna har ej planterats några växter. Dock har en spontan etablering tillåtits ske i dessa. Lågt vattenflöde motsvarar en teoretisk uppehållstid för vattnet i våtmarken på 3 dygn (72 timmar) och högt flöde motsvarar en teoretisk uppehållstid på 1 dygn (24 timmar).

#### Flödesproportionell provtagning i anlagda våtmarker

För att erhålla en tillförlitlig bild av retentionsförmågan och dess säsongsdynamik i verkliga anlagda våtmarker i jordbrukslandskapet genomförs mätningar av närsaltsretentionen med flödesproportionell provtagning i tre våtmarker i Halland. Automatisk flödesproportionell provtagning sker vid in- och utflöde till respektive

våtmark. Provvattnet uppsamlas vid den automatiska provtagningen i provbehållare som är placerade i kylskåp. Provvattnet inhämtas manuellt för analys med 1 till 2 veckors intervall (tätare provinhämtning vid höga vattenflöden) och analyseras avseende totalkväve, totalfosfor, fosfat och nitrat. Mätningar har pågått sedan oktober 2003 i en våtmark på Lilla Böslid (Halmstads kommun) och en våtmark vid Edenberga (Laholms kommun). Våtmarken på Lilla Böslid anlades 1991 och har en yta på 0,41 ha. Våtmarken vid Edenberga anlades 2001 och har en yta på 0,22 ha. Sedan oktober 2004 sker även mätningar i en våtmark vid Bölarp (Laholms kommun) som anlades 2002 och har en yta på 0,28 ha. Alltså finns nu resultat från över ett år för tre våtmarker. Uppenbarligen kan variationerna mellan olika år vara mycket stora. Mätningar fortgår därför i våtmarkerna på Lilla Böslid och vid Bölarp under 2006 och analyserna av data kommer att fördjupas.

## Resultat

### *Experimentvåtmarksanläggning*

Figur 2 visar hur vegetationen i våtmarkerna utvecklats i september 2004.

Diskriminansanalys baserad på artsammansättningen i våtmarkerna visade entydigt att en gemensam karakteristisk artsammansättning förelåg för de 6 våtmarkerna av respektive typ. I våtmarker med undervattensmakrofyter kunde även noteras en kraftig tillväxt av trådalger (*Spirogyra* och *Mougeotia*).



Fig. 2. De tre våtmarkstyperna i experimentvåtmarksanläggningen i början av september 2004 exemplifierade med en kontroll, en våtmark som planterats med övervattensväxter, samt en våtmark som planterats med undervattensväxter.

Experimentvåtmarkerna utmärks av ett konstant vattenflöde samt av att samtliga våtmarker erhåller exakt samma vatten med samma kvävekoncentration (som dessutom är i stort sett konstant under året). Detta är avsiktligt med syftet att underlätta tolkningen av erhållna resultat. Däremot skiljer sig kvävebelastningen mellan våtmarker med högt flöde och våtmarker med lågt flöde. Våtmarker med högt flöde tillförs ju mera vatten och får därmed en högre kvävebelastning.

Resultaten visar att retentionen av kväve per tidsenhet blir betydligt högre på sommarhalvåret än på vintern (Fig. 3). Retentionsförmågan har också tydligt ökat med tiden (efterhand som ekosystemen i våtmarkerna har utvecklats). Detta framträder tydligt både vid en jämförelse mellan sommaren 2003 och sommaren 2004 såväl som vid en jämförelse mellan de två vinterperioderna (Fig. 3).

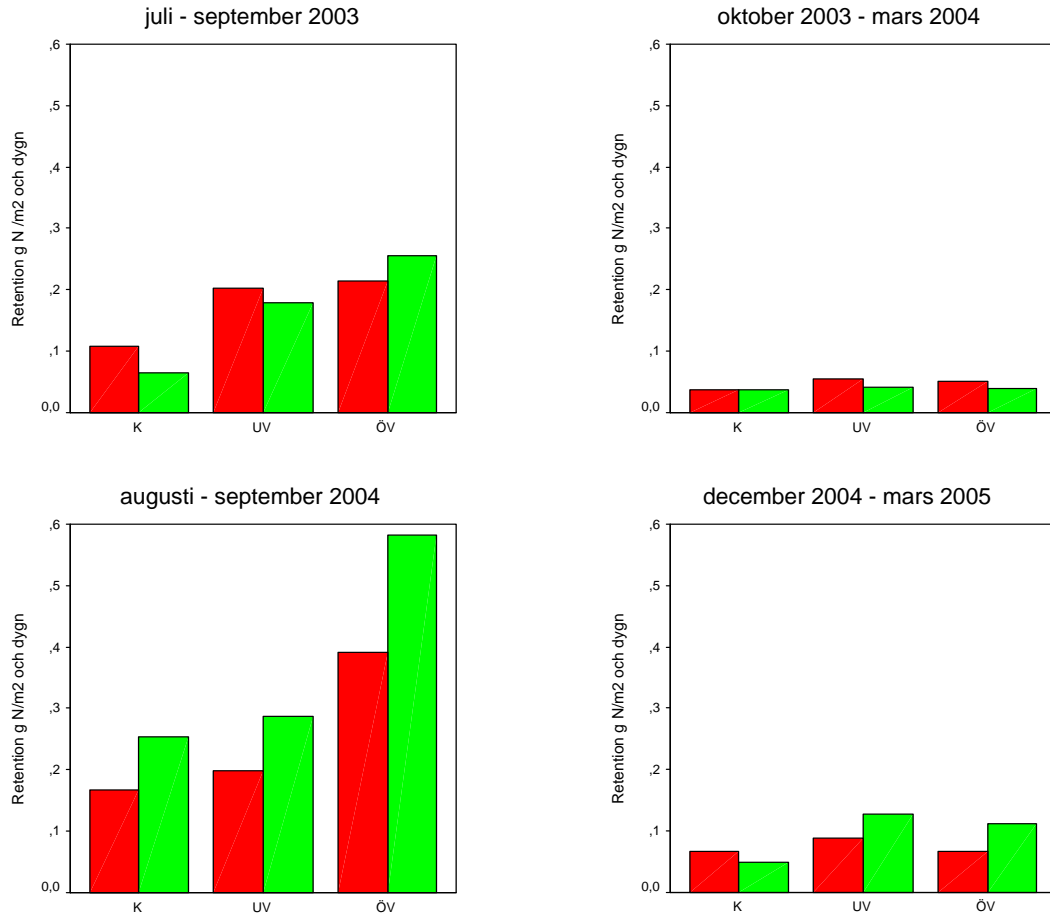


Fig. 3. Kväveretention ( $\text{g N} / \text{m}^2$  våtmarksyta och dygn) i experimentvåtmarkerna vid Plönninge utanför Halmstad under perioden juli 2003 – mars 2005. Röda (mörka) staplar avser våtmarker med lågt vattenflöde motsvarande en teoretisk uppehållstid för vattnet i våtmarkerna på 3 dygn. Gröna (ljusa) staplar avser våtmarker med högt vattenflöde motsvarande en teoretisk uppehållstid för vattnet i våtmarkerna på 1 dygn. K avser våtmarker till vilka vegetation ej inplanterats; UV avser våtmarker med inplanterad undervattensvegetation; ÖV avser våtmarker med inplanterad övervattensvegetation. Värdena baseras på upprepade mätningar under respektive period. Våtmarker med undervattensvegetation och med övervattensvegetation hade en statistiskt signifikant högre retention än oplanterade kontroller under juli – september 2003. Däremot skiljde sig inte våtmarker med undervattensvegetation eller med övervattensvegetation åt under den perioden. Under perioden augusti – september 2004 skiljde sig våtmarker med inplanterad undervattensvegetation ej från kontrollerna. Däremot var retentionen signifikant högre i våtmarker med övervattensvegetation än i de båda andra våtmarkstyperna.

Retentionen skilde sig mellan vegetationstyperna (Fig. 3), vilket var statistiskt signifikant enligt ”replicated measures ANOVA”. Enligt ”post-hoc test” hade både våtmarker med undervattensvegetation och med övervattensvegetation en högre retention än oplanterade kontroller under juli – september 2003. Däremot skiljde sig inte våtmarker med undervattensvegetation eller med övervattensvegetation åt under den perioden. Under perioden augusti – september 2004 var retentionen däremot signifikant högre i våtmarker med övervattensvegetation än i de båda andra våtmarkstyperna, medan våtmarker med inplanterad undervattensvegetation ej skilde sig från kontrollerna. Vintertid erhålls låga värden vilket gör att mätosäkerheten gör det svårt att tyda skillnader mellan de olika typerna.

Den med tiden tilltagande förmågan hos våtmarkerna att ta hand om kväve illustreras även av att våtmarker med 1 dygns och 3 dygns uppehållstid hade samma absoluta retention (dvs mängd kväve som tas om hand per tidsenhet) i början men efter något år så blir den absoluta retentionen högre i våtmarker med högre kvävebelastning (kort uppehållstid) (Fig. 3). Detta kan förklaras som att i början var kväveretentionsförmågan begränsad av t.ex. tillgången på substrat eller kolkälla. Efterhand som våtmarkerna mognat har dessa begränsningar minskat varefter våtmarker som tillförts mycket kväve i ökad utsträckning kunnat ta hand om detta. Mätningar kommer att fortgå i experimentvåtmarksanläggningen eftersom systemen utvecklas efter hand.

#### *Flödesproportionell provtagning i anlagda våtmarker*

Våtmarken på Lilla Böslid uppvisar en mycket god retention av kväve som dock avbryts av frisläppande av kväve i samband med höga vattenflöden under vinterhalvåret (Fig. 4). Under 2004 uppgick retentionen till 650 kg kväve. Räknat per våtmarksyta motsvarar detta 1600 kg N per ha våtmarksyta och år. Denna höga retention är till viss del beroende av att stora vattenmängder passerade våtmarken under det extremt regniga juli 2004. Detta medförde hög kvävetillförsel under en varm period med goda förhållanden för denitrifikation. Fosforretentionen låg under samma period på drygt 40 kg P per år (Fig. 4). Räknat per våtmarksyta motsvarar detta 85 kg P per ha våtmarksyta och år. Denna höga retention tycks till stor del beroende av enstaka perioder med hög tillförsel av partikulär fosfor som troligen sedimenterat i våtmarken.

Våtmarken vid Edenberga uppvisar en god och jämn kväveretention (Fig. 5). Retentionen av kväve under 2004 motsvarade 700 kg N per ha våtmarksyta och år. Även fosforretentionen var stabil och motsvarade 14 kg P per ha våtmarksyta under 2004 (Fig. 5). Detta motsvarar drygt 30% av tillförd fosfor. Både kväve och fosfor tillfördes i lägre mängder till denna våtmark jämfört med den vid Lilla Böslid vilket kan förklara de lägre retentionsvärdena.

Våtmarken vid Bölarp uppvisade en stabil och ganska hög kväveretention (Fig. 6) som motsvarade knappt 1000 kg N per ha våtmarksyta och år under det första mätåret. Våtmarken karakteriseras av hög kvävebelastning liksom våtmarken på Lilla Böslid men har en betydligt jämnare vattenföring. Fosforretentionen i våtmarken vid Bölarp var mycket låg och präglades av korta perioder med kraftig retention eller frisläppande av fosfor vid högflöden (Fig. 6). Orsaker bakom den stora variationen i fosforretention

mellan olika våtmarker avser vi att utreda under 2006. Det är givetvis av stor vikt att förstå dessa orsaker om våtmarker ska anläggas för fosforretention i framtiden.

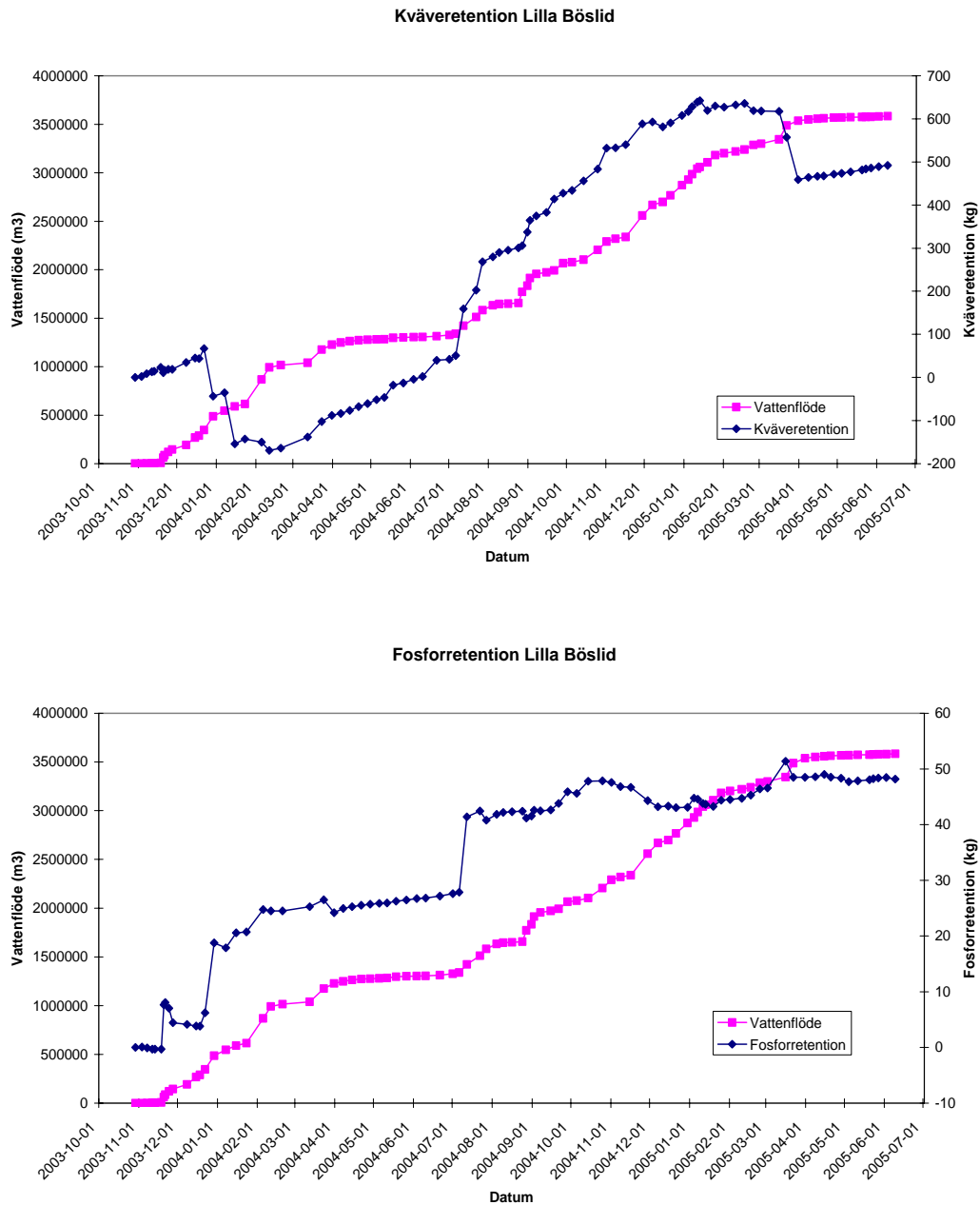


Fig 4. Kumulativ retention (med start i oktober 2003) av kväve och fosfor i våtmarken vid Lilla Böslid (0,41 ha våtmarksyta) enligt automatisk flödesproportionell provtagning. Även kumulativ vattenföring visas i figurerna. Varje punkt representerar ett provinhämtningsdatum, dvs ett datum då provvatten manuellt inhämtats från de behållare till vilka de automatiska provtagarna tillfört provvatten under föregående provtagningsperiod. En analysfelbedömning har gjorts för samtliga provinhämtningsdatum. Då nitrathalter överstigit Tot-N har nitratvärdena använts vid retentionsberäkning. Då den automatiska provtagaren ej fungerat tillfredställande har medelvärdet av stickprov före och efter perioden använts. In- och utvärde har alltid framtagits på samma sätt för samma period.

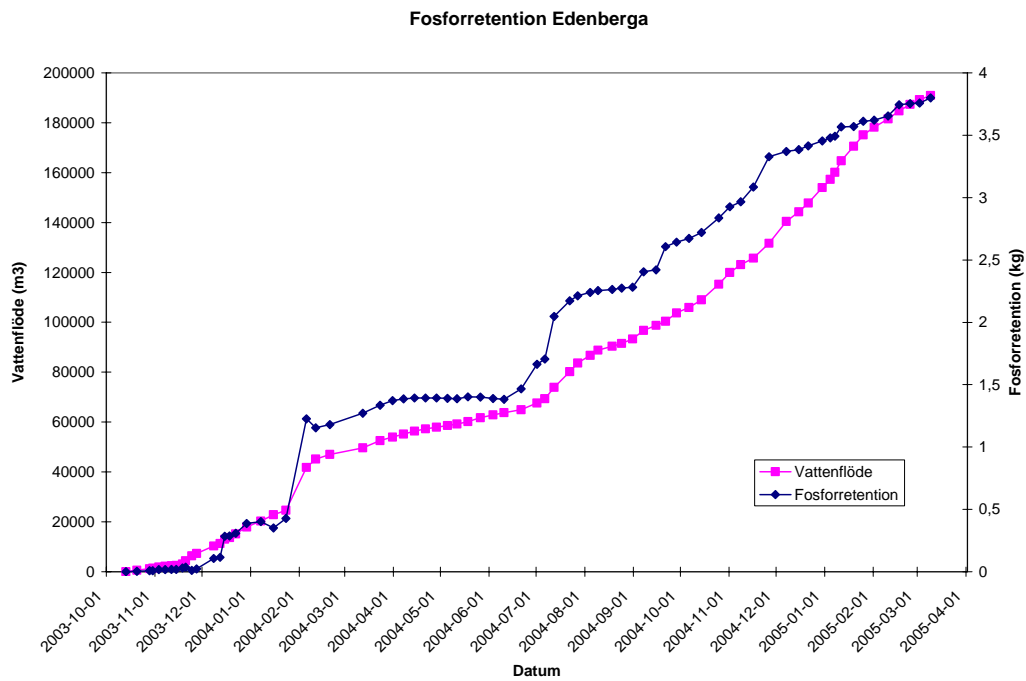
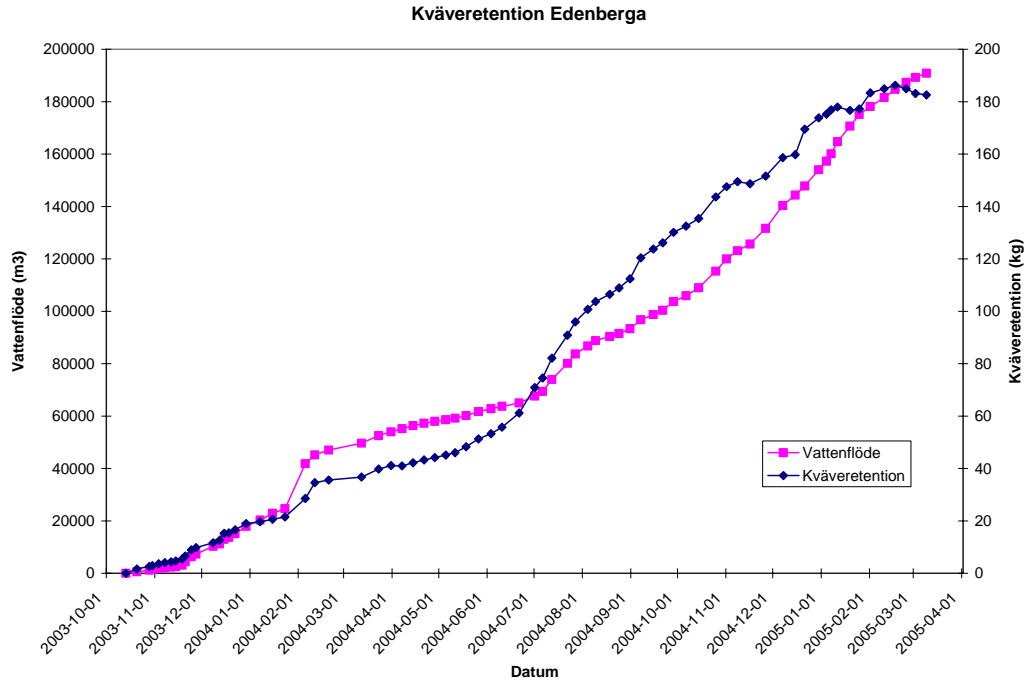


Fig 5. Kumulativ retention (med start i oktober 2003) av kväve och fosfor i våtmarken vid Edenberga (0,22 ha våtmarksyta) enligt automatisk flödesproportionell provtagning. Även kumulativ vattenföring visas i figurerna. Se övrig figurförklaring under Fig. 4.



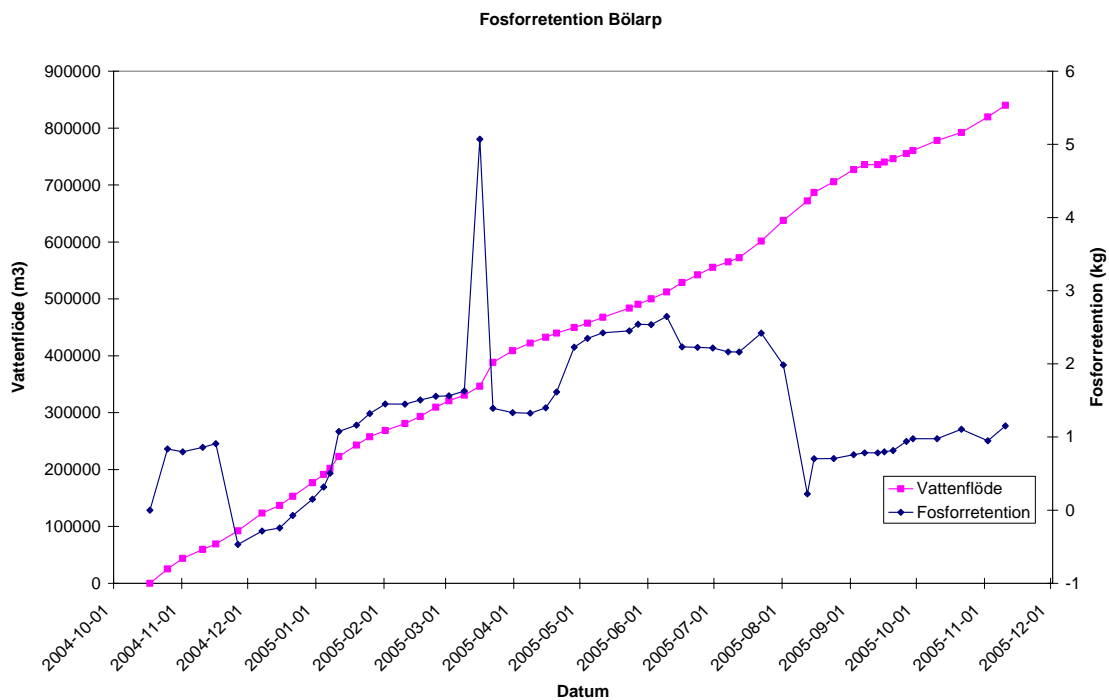
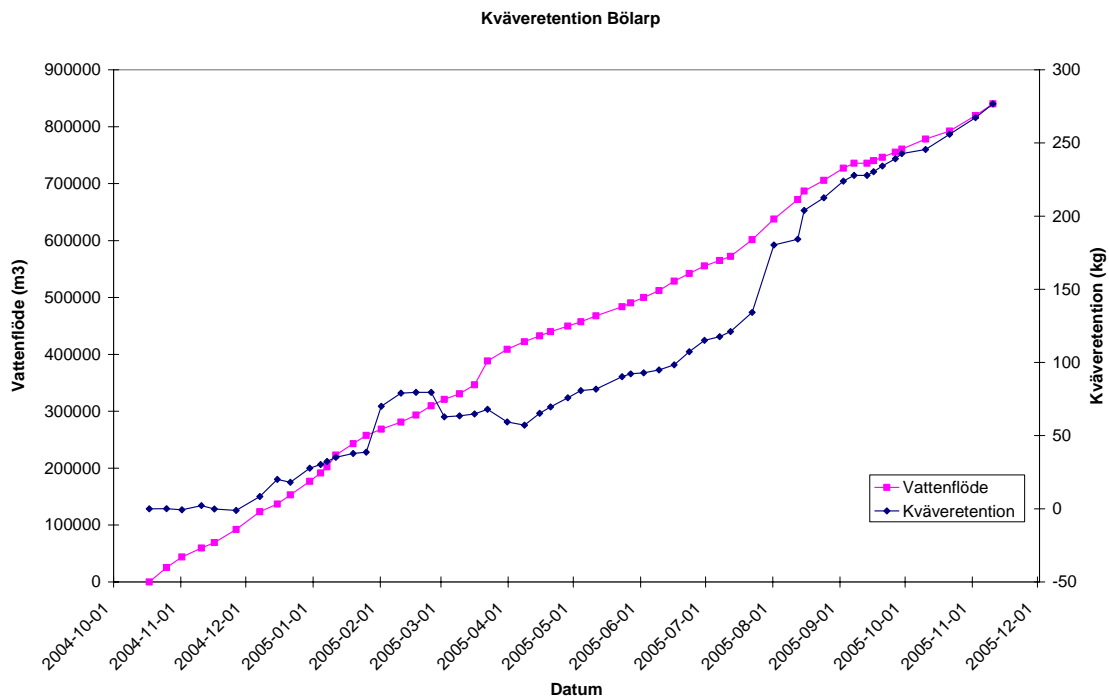


Fig 6. Kumulativ retention (med start i oktober 2004) av kväve och fosfor i våtmarken vid Bölarp (0,28 ha våtmarksyta) enligt automatisk flödesproportionell provtagning. Även kumulativ vattenföring visas i figurerna. Se övrig figurförklaring under Fig. 4.

## Diskussion

De fortsatta mätningarna och fördjupad analys under 2006 kommer att leda till mera utvecklade slutsatser som kommer att ligga till grund för en omfattande vetenskaplig publicering liksom förmedling av riktlinjer och rekommendationer till jordbruksnäringen. Redan nu kan dock följande sägas:

- Övervattensvegetation i våtmarker är gynnsamt för kväveretentionen.
- Kväverentionsförmågan ökar markant med tiden i nyanlagda våtmarker.
- Möjligheten att erhålla en hög absolut retention av fosfor och kväve är högre i våtmarker med hög belastning av dessa ämnen.
- Kväverentionspotentialen kan vara mycket hög i våtmarker under sommaren.
- Perioder med höga flöden kan ha en betydande effekt på den sammantagna retentionen under året av såväl fosfor som kväve.
- I en riktigt anlagd våtmark i jordbrukslandskapet kan man erhålla en kväveretention motsvarande minst 1000 kg N per ha våtmarksyta och år. Fosforretentionen kan uppgå till upp mot 100 kg per ha våtmarksyta och år men kan också vara mycket låg beroende på våtmarkens placering och utformning.

De erhållna resultaten leder till följande preliminära rekommendationer avseende våtmarker i jordbrukslandskapet för fosfor- och kväveretention:

- Gynna vegetationsetablering i nyanlagda våtmarker t.ex. genom inplantering av växter och lämpliga vattendjup.
- Anlägg våtmarker så att en relativt hög belastning av fosfor och/eller kväve erhålls. Dock måste kraftiga flödestoppar undvikas.
- För att erhålla en hög årlig kväveretention bör våtmarken utformas så att en hög belastning erhålls under sommaren.
- Eftersom kraftiga säsongsskillnader i närsaltsretention kan erhållas bör det vara klarlagt om det är mera viktigt att erhålla en god retention under vissa tider på året.

## Publikationer och resultatförmedling

- Tonderski K, Weisner S, Landin J & Oscarsson H (eds). 2002. Våtmarksboken: Skapande och nyttjande av värdefulla våtmarker. VASTRA Rapport 3. 270pp.
- Tonderski KS, Svensson JM, Ekstam B, Eriksson P, Fleischer S, Herrman J, Sahlén G & Weisner SEB. 2003. Våtmarker - näringsfällor och/eller myllrande mångfald? Vatten 59: 259-270.
- Svensson JM, Strand J, Sahlén G & Weisner S. 2004. Rikare mångfald och mindre kväve. Utvärdering av våtmarker skapade med stöd av lokala investeringsprogram och landsbygdsutvecklingsstöd. Naturvårdsverket Rapport 5362.
- Weisner S, Svensson J, Strand J, Svengren H. 2005. Combating eutrophication in Sweden: importance of constructed wetlands in agricultural landscapes. In: Is living water possible in agricultural areas? Proceedings from NJF seminar no. 374, pp 66-69
- Weisner S, Svensson J, Thiere G, Strand J, Edhe PM. 2005. Influence of vegetation on nitrogen removal in experimental wetlands. In: Is living water possible in agricultural areas? Proceedings from NJF seminar no. 374, pp 90-91.

Resultat har under projektets gång förmedlats till avnämare och uppdragsgivare vid flera olika seminarier som arrangerats av Våtmarkscentrum i samverkan med andra aktörer.