

Fosfor och kväveretention i två partikelfångande fosfordammar

Bergaholm och Nybble

Barbro Ulén, Pia Geranmayeh och Maria Blomberg

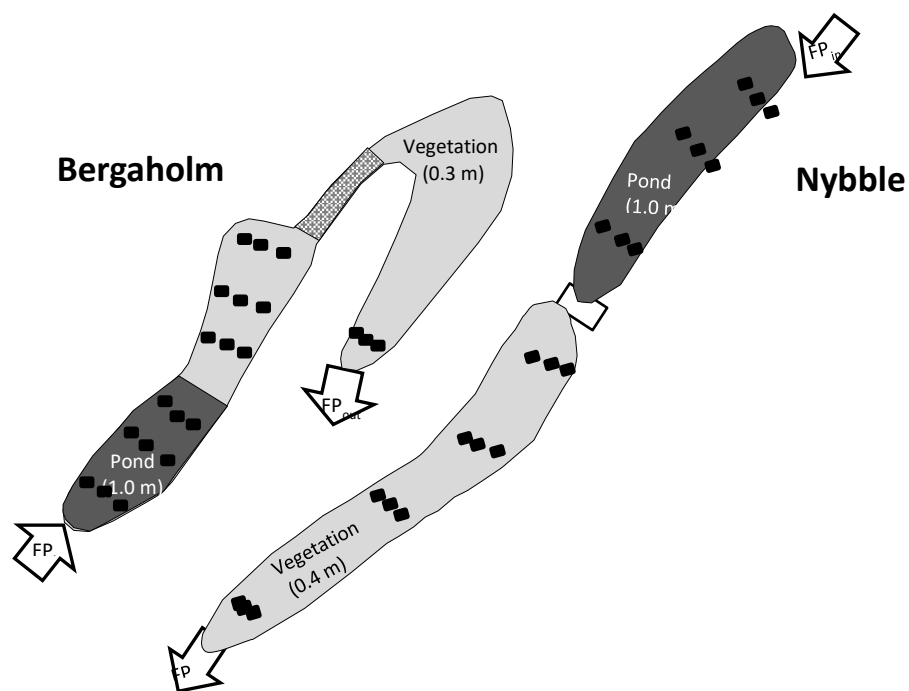
SAMMANFATTNING

Våtmark Bergaholm, en s.k. fosfordamm, har alltsedan den anlagts för 6,5 år sedan haft en tydlig kvarhållning (retention) av suspenderat material (SS), partikelbunden fosfor (PP) och löst reaktiv fosfor DRP. Under hela undersökningsperioden 2010/2016 var den årliga relativa retentionen (skillnad mellan intransport och uttransport relaterat till inflödande mängd); SS 25%, totalfosfor (TP) 23%, PP 27%, DRP 16%, totalt organiskt kol (TOC) 11%, totalkväve (TN) 30% och nitratkväve (NO₃N) 26%. Under de tre sista åren (2013/2016) var den relativa retentionen av NO₃N i genomsnitt 23%. En signifikant minskning av NO₃N och partiklar kunde också verifieras genom timregistrering av nitrat och turbiditet med hjälp av sensorer i inlopp och utlopp. Den absoluta retentionen av TOC och NO₃N ökade signifikant ($p < 0,05$) med ökad belastning. Motsvarande samband mellan SS och totalfosfor (TP) visade samma tendenser ($p < 0,1$). Den relativa retentionen av samtliga näringsämnen var störst under sommaren och lägst under vintern. Betydande erosion, både internt i själva våtmarken och externt efter grävningen av ett vägdike, medförde att Nybble våtmark inte reducerade transporten av fosfor och partiklar förrän 2015/2016, fem år efter anläggningen. En retention av NO₃N har däremot hela tiden skett, i genomsnitt 25% under 2011/2016.

Ansamlat sediment på sedimentationsplattor som vittjats årligen var högst nära inloppet i båda dammarna. I Bergaholm tenderade denna ackumulation att öka under år med hög belastning av partiklar. Mängderna var relaterade till belastningen från inloppet. I Nybble sederade förhållandevis mera material och det mesta sedimentet rörde sig bara inom våtmarken, men en del resuspenderat material transporterades ut. Retentionen blev positiv först det sista året. För att förbättra våtmark Nybbles funktion rensades den från ansamlat sediment i den övre och allra nedersta delen. Detta gjordes under gynnsamma förhållanden (lågflöde och torra förhållanden) sommaren 2016.

INLEDNING

Sedan 2010 har det funnits stödformer för att anlägga s.k. fosfordammar. Studier av sådana specialutformade våtmarker har visat att dessa, om de utformas på ett bra sätt, kan reducera fosfortransporten i lerjordsområden. Den viktigaste processen är sedimentation av partikelbunden fosfor (Kynkäänniemi et al., 2014). Fosfordammarnas partikelfångande funktion varierar stort mellan olika dammar. Inom detta projekt har vi studerat den fortsatta utvecklingen av de två fosfordammarna Nybble och Bergaholm. Utvärderingen de första åren efter anläggningen av dessa har visat att den partikelfångande funktionen kan förändras i takt med tillgången till suspenderbara partiklar (Geranmayeh et al., 2017). Efter en tid ansamlas resuspenderbart sediment i dammarna. Förutom risken att partiklar förs ut ur dammen vid högflöde kan mera sediment också medföra att högväxta arter tar över annan form av vegetation. Avskiljningen av näringsämnen kan komma att minska genom mera kanaliserade flöden. I Nybble har denna vegetationsförändring påskyndats eftersom vattennivån varit onödigt låg i den första dammen och för att det funnits en stor fröbank. Under gynnsamma förhållanden sommaren 2016 (lågflöde och torrt väder) rensades därför Nybble våtmark och den övre dammen, liksom området vid nära utloppet, tömdes på löst sediment.



Figur 1. Bergaholm och Nybble fosfordammar båda med en djupare inloppsdel ("pond") och en efterföljande grundare vegetationsdel. Båda dammarna är försedda med utrustning för flödesproportionell provtagning i inlopp och utlopp, i Nybble också i en munk belägen mellan de båda delarna. Båda fosfordammarna är dessutom försedda med plattor (markerade som svarta fyrkanter) placerade i flera transekter för årlig mätning av ackumulerat material vid botten.

MATERIAL OCH METODER

Två s.k. fosfordammar har anlagts i mellansvenska lerjordsområden, den ena sommaren 2009 i Bornsjöområdet strax söder om Stockholm och den andra hösten 2010 i Kiladalen i sydöstra Södermanland. De består av en djupare sedimentationsdel och ett grundare vegetationsfilter (Figur 1). Nybbledammen är något större och har också ett större uppströmsområde än Berga-

Tabell 1. Arean för fosfordammarna Bergaholm och Nybble och deras tillrinningsområde, kvoten dem emellan (A_w/A_c), medelvärdet för de årliga förlusterna från området och belastningen på fosfordammarna (2010-2016 resp. 2011-2016) av suspenderat material (SS), totalfosfor och fosforfraktioner. Understa raden visar fosforhalten (PP/SS) i partiklarna som belastar dammarna

	Bergaholm	Nybble
Area fosfordamm (A_w)(m ²)	806	1014
Tillrinningsområde (A_c) (ha)	25,8	44
Kvoten A_w/A_c (%)	0,31	0,23
Läckage från tillrinningsområdet (kg ha⁻¹ år⁻¹)		
Suspenderat material (SS)	262	378
Totalfosfor (TP)	0,66	0,70
Partikulär fosfor (PP)	0,40	0,47
Löst reaktiv fosfor (DRP)	0,23	0,19
Belastning på fosfordammen (kg ha⁻¹ år⁻¹)		
Suspenderat material (SS)	89000	134000
Totalfosfor (TP)	250	270
Partikulär fosfor (PP)	140	180
Löst reaktiv fosfor (DRP)	83	390
Fosfor PP/SS (%)	0,16	0,13

Tabell 2. Gröda, datum för jordbearbetning och fosforgödning av fältet vid Bergaholm under de sex agrohydrologiska åren (2010-2016). Det tillfördes ingen handelsgödsel till fältet eller andra delar av Bergaholmsområdet

År	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016
Gröda sommar	Korn	Havre	Höstvete	Korn	Vall	Vall
Eventuell gröda vinter	-	Höstvete	-	Insådd vall	Vall	Vall
Datum bearbetning I	2010-10-27 ^a	2011-09-02 ^a	2012-09-10 ^a	2013-10-11 ^b	-	-
Datum bearbetning II	-	-	-	2013-10-11 ^b	-	-
Stallgödsel P (kg ha ⁻¹)	12 ^d	12 ^d	12 ^d	-	-	-
Datum för tillförelse	2010-10-26	2011-09-01	2012-09-09	-	-	-

^a Konventionell plöjning

^b Enbart två omgångar med kultivator, hösten 2013 i samband med strukturkalkning

^c Komposterad hästgödsel med en sammansättning typisk för regionen och omsorgsfull inkorporerad i jorden.

holmsdammen, men båda har ungefär samma förhållande mellan fosfordammens yta och tillrinningsområdet (Tabell 1). Båda uppströmsområdena har också haft ungefär samma fosforläckage per areal (0,7 kg TP per hektar och år) och båda fosfordammarna har tagit emot partiklar med likartad fosforhalt (PP/SS 0,13 - 0,16%) (Tabell 1). Fosfordammarna har utvärderats då de varit nyanlagda (Kynkäenniemi et al., 2014) och i det här projektet har de följts år 4-7 (Bergaholm) och år 3-5 (Nybble).

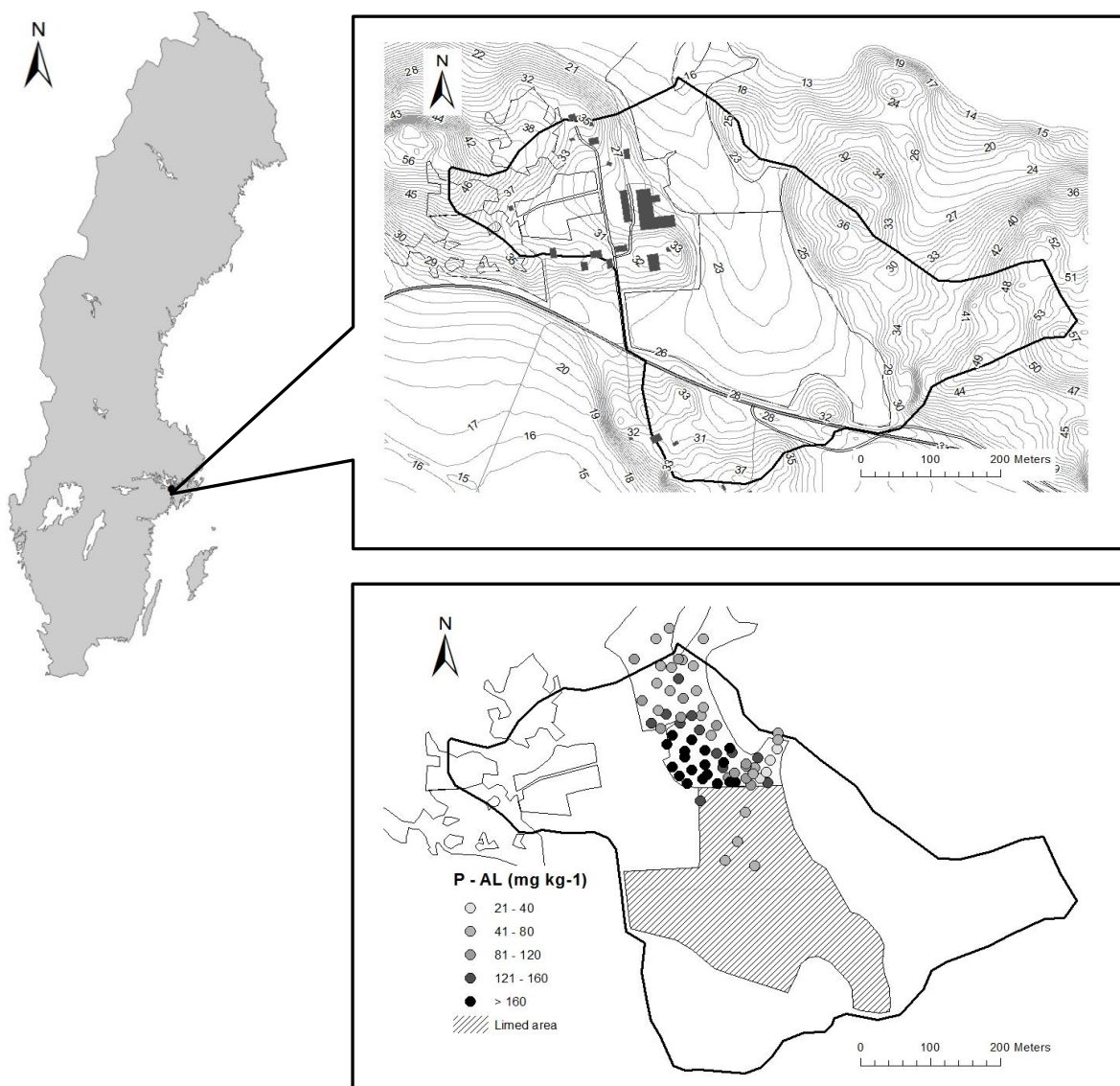
Området uppströms fosfordammarna Bergaholm och Nybble

Området uppströms Bergaholmsdammen med siltig lerjord har ett stort antal rastfällor för hästar. Marken har ett ganska måttligt fosfortal (P-AL) på i medeltal 14 (mg 100 g jord⁻¹), men många av rastfällorna är utpräglade 'hotspots' med betydligt högre fosforkoncentration i marken (Figur 2). En central samlingskulvert samlar dräneringsvattnet från fältet och rasthagarna tillsammans med några dräneringsledningar som troligen är mer än 50 år gamla. Vattnet från gården leds inte till dräneringssystemet. Jordbruksfältet i området har under den aktuella perioden inte fått någon mineralgödsel utan endast stallgödsel i form av komposterad hästgödsel (Tabell 2). Hösten 2013 strukturkalkades fältet med släckt kalk [Ca(OH)₂], som aktiv komponent, med en giva som motsvarade 1 ton CaO ha⁻¹. Kalken spreds jämnt och bearbetades in i övre matjorden i september 2013. Under 2014 och framåt har fältet legat under vall och har inte plöjts.

Området uppströms Nybbledammen utgörs av konventionellt och ekologiskt brukad jordbruksmark, betesmark och skog. Året efter konstruktionen grävdes och rensades ett närliggande öppet vägdike och fosfordammen fick ta emot extra mycket partiklar (Geranmayeh, 2017).

Vatten och sedimentprovtagning

Minskningen (retentionen) av näringsämnen i fosfordammarna har följts genom flödesproportionell provtagning med samlingsprov tömda var 14:e dag och analys av dessa. In- och utflödande vatten till Bergaholmsdammen har också studerats med optiska sensorer som mätt turbiditet och nitrat och lagrat värdena varje timme. Sensorn i utloppet gick söder vintern 2015. Accumuleringen av sediment i båda fosfordammarna har mätts årligen med hjälp av sedimentplattor placerade i transekter på olika avstånd från inloppet (Figur 1). De har vittjats på material omkring månadsskiftet augusti/september varje år. Partikelbunden fosfor har beräknats som differensen mellan totalfosfor (TP) och löst reaktiv fosfor (DRP). Organiskt N har uppskattats som en differens mellan total-kväve (TN) och nitratkväve (TN), och organiskt P som (TP- (PP+DRP)). Totalt ackumulerat sediment har uppskattats genom linjär interpolation av medelvärdena för transekterna.

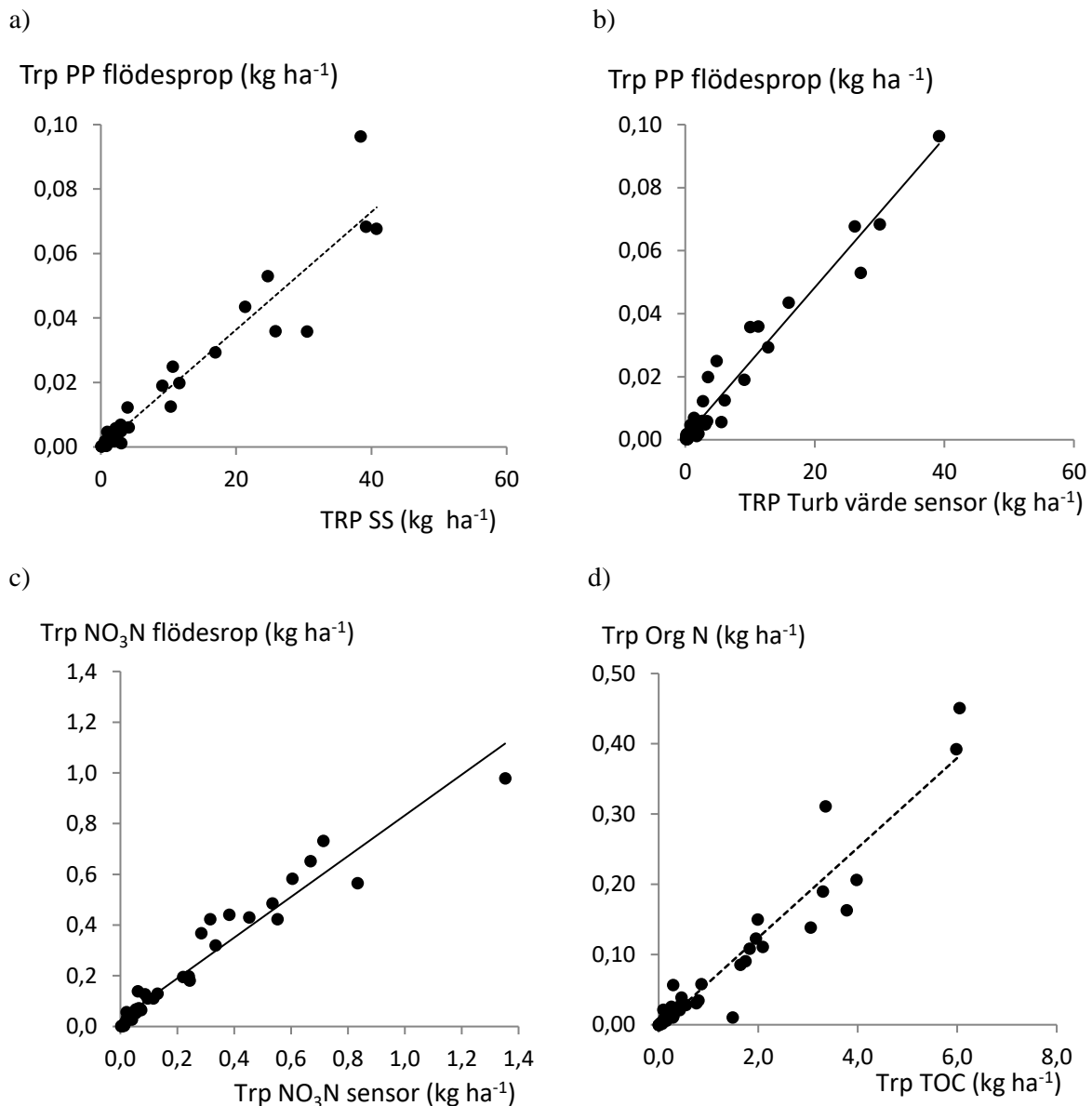


Figur 2. Bergaholm avrinningsområde med fosforhalten i matjorden (P-AL dvs. ammoniumlaktat-extraherad P). Området närmats utloppet till fosfordammen (i norr) används som rasthagar för hästar. Den streckade ytan är jordbruksmark som strukturkalkades hösten 2013.

RESULTAT OCH DISKUSSION

Inkommande vattenkvalité och belastningen med olika metoder

Belastningen av partikelbunden fosfor (PP) till Bergaholmsdammen var tydligt relaterad till transporten suspenderat material (SS) (Figur 3a) och ännu tydligare till mängden uttryckt som turbiditet (Formazin Turbidity Unit - FTU enheter), med inloppets optiska sensor (Figur 3b). Belastningen av nitratkväve (NO_3N) beräknad från timvärden från sensorn vid Bergaholm var något högre än från de flödesproportionella samlingsproverna (Figur 3c). Transporten av organiskt kväve var i allmänhet relaterad till transporten av totalt organiskt kol (TOC). Kväveinnehållet i det organiska materialet (kvoten orgN:TOC) var högre (6%) vid inloppet av Bergaholm jämfört med Nybble (4%). På motsvarande sätt beräknades det organiska materialet vara rikare på organiskt fosfor (kvoten orgP/TOC) vid inflödet till Bergaholm (0,14%) jämfört med Nybble (0,08%). Det näringsrikare organiska materialet från Bergaholms uppströmsområde kan bero på ansamlad gödsel i rastgårdarna.



Figur 3 Inkommande transport (Trp) till Bergaholmsdammen beräknat i kg per ha avrinningsområde från flödesproportionella samlingsprov av partikelbunden fosfor (PP) relaterat till transporten av a) suspenderat material (SS) och b) värdet för turbiditet (Turb värde) med optisk sensor; c) transporten av nitrat (NO₃N) från flödesproportionella samlingsprov jämfört med samma transport med värden från sensorn samt d) transport av organiskt kväve relaterat till totalt organiskt kol (TOC).

Från Nybble var relationen mellan PP och SS liknande den som i Figur 3a. Belastningen av partiklar (SS) och TP både till Bergaholm och Nybble har varit mindre än en tiondel jämfört med belastningen på en motsvarande norsk våtmark för fosfor (Skuterud) som här används för jämförelse. Den norska våtmarken ligger i ett område med utpräglad siltig jord och med omväxlande topografi med relativt branta sluttningar. Fosfordammarna Bergaholm och Nybble däremot är båda belägna i lerjodsområden med visst siltigt inslag i matjorden och med lägre lutning. Skuterudsdammen rensades vid två tillfällen under en 8-årsperiod (Buseth Blackenberg et al. 2013).

Vattenflöden och retention

Hösten 2013 var ovanligt torr liksom våren 2016. Det agrohydrologiska året 2014/2015 var däremot ovanligt blött. I genomsnitt var avrinningen från området Bergaholm 220 mm år⁻¹ mot 270 mm år⁻¹ vid Nybble. Det var betydligt större variation i avrinningen mellan åren från det mindre området Bergaholm (60%) än Nybble (20%) under hela perioden 2011/2016. Det uppmätta vattenflödet i utloppet av Bergaholmsdammen var i genomsnitt 16% lägre än inloppet såväl sommar som vinter. Fosfordammens placering nära Bornsjön bidrar till att vatten kan passera ner och ut till sjön i form av ytligt grundvatten. För att få en bild av hur våtmarken skulle kunna fungera med en annan placering har därför retentionen räknats ut både med faktisk uppmätt utflöde (A) och med samma flödesmängd i utloppet som vid inloppet (B). Nybbledammen är konstruerad i en gammal bäckfåra där det tvärtom sker ett mindre tillskott av grundvatten till fosfordammen. Speciellt under torra år som 2015/2016 var dock detta tillskott litet.

Under hela undersökningsperioden 2010/2016 var den årliga relativa retentionen (skillnad i transport mellan in och utflöde i förhållande till inflödande mängd) för Bergaholm; SS 25%, TP 23%, PP 27%, DRP16%, TOC 11%, TN 30% och NO₃N 26%. Under de sista tre åren 2013/2016 (Tabell 3) var retentionen likartad; SS 29%, TP 26%, PP 30%, DRP18%, TOC 9%, TN 18% och NO₃N 23%. Om hänsyn tas till den minskande vattenvolymen vid utflödet var retentionen av framför allt kvävet ännu större. En god kväveretention kunde verifieras från timregistrering med optisk sensor i in- och utlopp (2012/2014) parallellt med beräkningarna från vattenanalyser av flödesproportionella samlingsprov.

Generellt var den relativa retentionen av samtliga näringsämnen störst under sommaren och lägst under vintern (Figur 4). För SS, TP och PP var mönstret oroligare på grund av resuspension av partiklar. Under några enstaka månader, framför allt under vintern, har retentionen av partiklar och fosfor varit negativ. Under december-mars 2013/2014, efter att strukturkalkning skett av det största fältet i tillrinningsområdet, var retentionen av PP 55% (Figur 4c), men följande två åren var den bara hälften så stor, i medeltal 24% under motsvarande period. Möjligen kan strukturkalkningen ha medfört tillförsel av aggregat som sedimenterade lättare. Det skulle i så fall bara skett den första vintern men inte den efterföljande som var ovanligt blöt eller vintern därefter. Den relativa retentionen av DRP, TN och NO₃N hade däremot samma säsongsvariation under alla tre åren (Figur 4d, 4e och 4f).

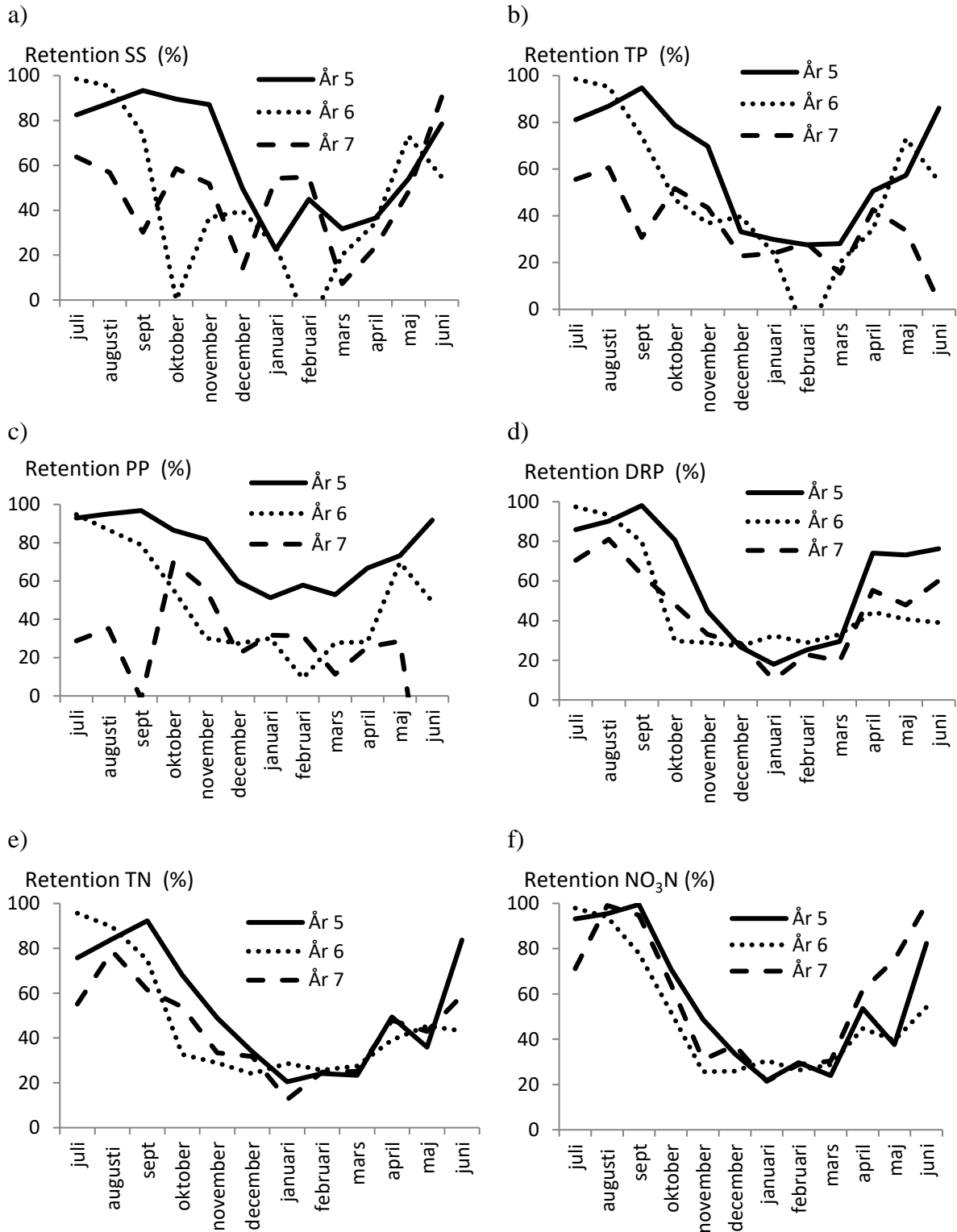
Retentionen av nitratkväve var i genomsnitt 25% i Nybble under 2011/2016. Betydande erosion, internt i själva våtmarken och efter kraftig extern tillförsel vid grävningen av ett vägdike, medförde att Nybbledammen inte reducerade transporten av partiklar och fosfor. Mönstret från sedimentplattorna visade dock att dammen samlade partiklar från dikesrensningen som annars skulle passerat förbi våtmarken (Geranmayeh 2017). Under gynnsamma förhållanden (lågflöde och torra förhållanden) rensades dammen sommaren 2016.

I absoluta tal (kg ha⁻¹) förbättrades retentionen av TOC och NO₃N i Bergaholm under år med ökad belastning (Figur 5a och 5b). Det fanns en tendens till motsvarande samband mellan retention och belastning för SS och TP som dock var mindre tydligt och ej klart signifikant (0,05 < p < 0,1) (Figur 6a och 6b).

Tabell 3. Medelvärde för årlig (**agrohydrologiskt år juli-juni**) hydraulisk belastning (HL), transport vid inlopp och utlopp per våtmarksyta samt relativ retention (%) av suspenderat material (SS), totalfosfor (TP), partikulär fosfor (PP), löst reaktiv fosfor (DRP), total organiskt kol (TOC), totalkväve (TN) och nitratkväve (NO₃N) för Bergaholm och Nybble. För Bergaholm har transporten ut från fosfordammen beräknats både med faktiskt uppmätt flöde i utloppet (Bergaholm A) och med antagande att utflödet var lika stort som inflödet (Bergaholm B). Streck representerar större utflöde än inflöde (negativ retention)

Period	Bergaholm A		Bergaholm B		Nybble	
	2010/2013 ^a	2013/2016 ^b	2010/2013 ^a	2013/2016 ^b	2011/2013 ^c	2013/2016 ^d
HL (m år ⁻¹)	69	65	70	50	128	109
SS _{in} (t ha ⁻¹ år ⁻¹)	111	71	111	71	160	110
SS _{ut} (t ha ⁻¹ år ⁻¹)	71	45	85	50	260	130
Retention SS (%)	35	37	22	29	-	-
TP _{in} (kg ha ⁻¹ år ⁻¹)	265	180	265	180	303	229
TP _{ut} (kg ha ⁻¹ år ⁻¹)	174	115	208	132	397	279
Retention TP (%)	33	36	21	26	-	-
PP _{in} (kg ha ⁻¹ år ⁻¹)	158	116	158	116	209	154
PP _{ut} (kg ha ⁻¹ år ⁻¹)	97	72	119	81	280	51
Retention PP (%)	39	38	25	30	-	-
DRP _{in} (kg ha ⁻¹ år ⁻¹)	92	86	92	86	104	59
DRP _{ut} (kg ha ⁻¹ år ⁻¹)	66	59	78	71	92	51
Retention DRP (%)	28	32	15	18	12	14
TOC _{in} (t ha ⁻¹ år ⁻¹)	6,9	8,3	6,9	8,3	22,3	17,2
TOC _{ut} (t ha ⁻¹ år ⁻¹)	5,0	6,4	6,0	7,5	18,3	15,9
Retention TOC (%)	28	22	14	9	18	-
TN _{in} (kg ha ⁻¹ år ⁻¹)	1700	1710	1770	1710	3050	2260
TN _{ut} (kg ha ⁻¹ år ⁻¹)	835	1200	980	1400	2420	2250
Retention TN (%)	51	30	42	18	21	0,3
NO ₃ N _{in} (kg ha ⁻¹ år ⁻¹)	840	1260	840	1260	2240	1480
NO ₃ N _{ut} (kg ha ⁻¹ år ⁻¹)	554	900	650	995	1570	1290
Retention NO ₃ N (%)	34	23	26	18	30	13

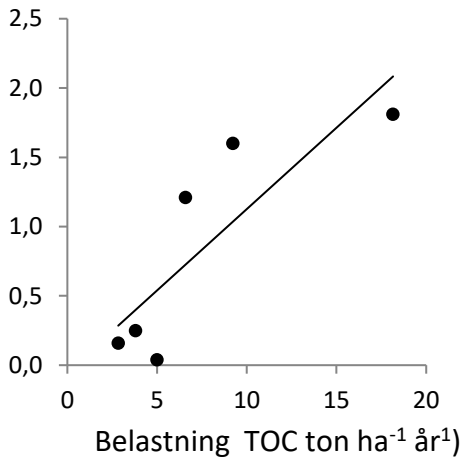
I Nybbledammen ansamlades en sedimenthöj vid inloppet som sedan eroderade och ökade på den interna erosionen. Retentionen av material och fosfor blev negativ och det observerades inga motsvarande samband mellan belastning och retention som i Bergaholm. Endast retentionen av NO₃N ökade i takt med ökad belastning (Figur 5d). Det andra undersökningsåret (2012/2013) med hög avrinning och re-suspension var den partikelfångande förmågan speciellt låg (Figur 6c och 6d) och transporten ökade både i den övre och nedre delen av fosfordammen. Nybbledammen har också haft tekniska problem och vattennivån i den övre delen har varit onödigt grund eftersom munken i mitten inte hållit helt tätt. En viss retention av löst reaktiv fosfor (5-20%) har dock alltid förekommit framför allt i den nedre delen av dammen.



Figur 4. Procentuell retention av a) suspenderat material (SS); b) totalfosfor (TP); c) partikulär fosfor (PP); d) löst reaktiv fosfor (DRP); e) totalkväve (TN) och; f) nitratkväve (NO₃N) i Bergaholmsdammen beräknad på faktiskt uppmätt flöde i utloppet. År 5, 6 och 7 motsvarar de agrohydrologiska åren 2013/2014, 2014/2015 och 2015/2016.

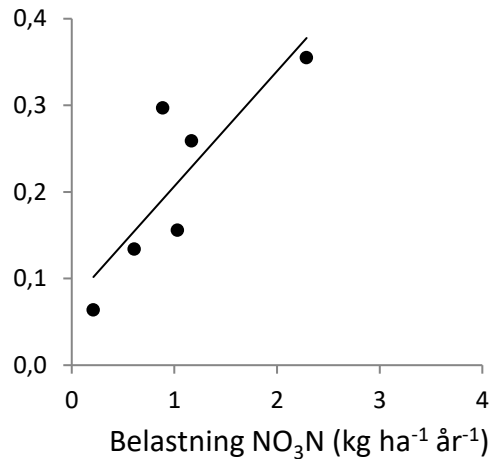
a) **Bergaholm**

Retention TOC (ton ha⁻¹ år⁻¹)



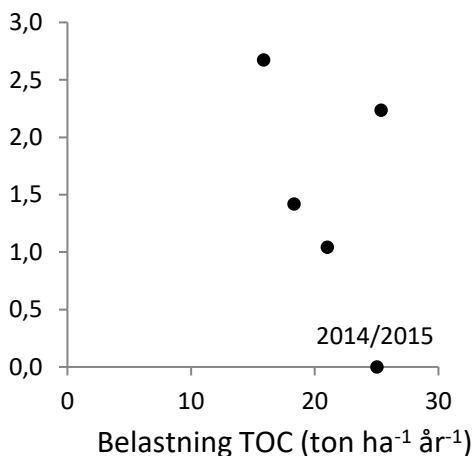
b) **Bergaholm**

Retention NO₃N (kg ha⁻¹ år⁻¹)



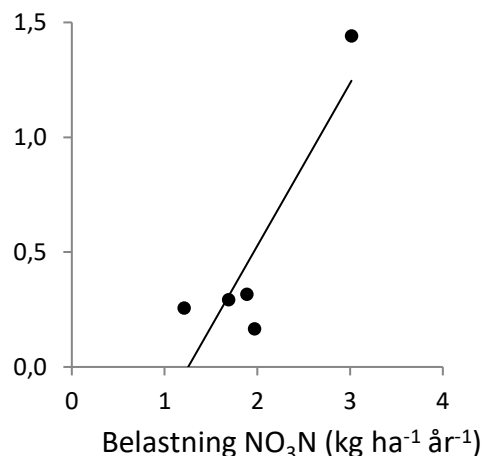
c) **Nybble**

Retention TOC (ton ha⁻¹ år⁻¹)



d) **Nybble**

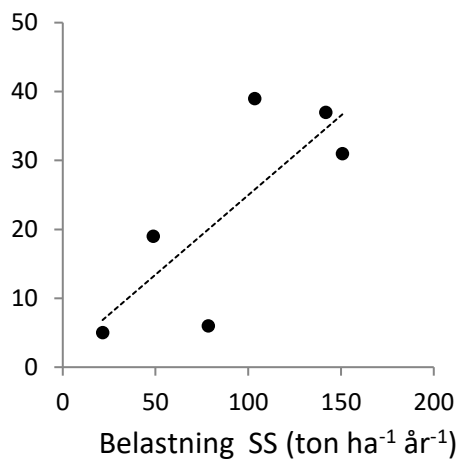
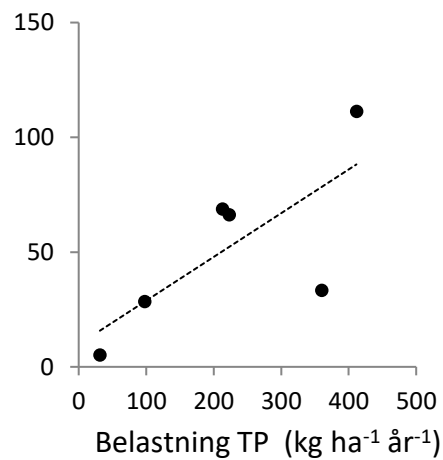
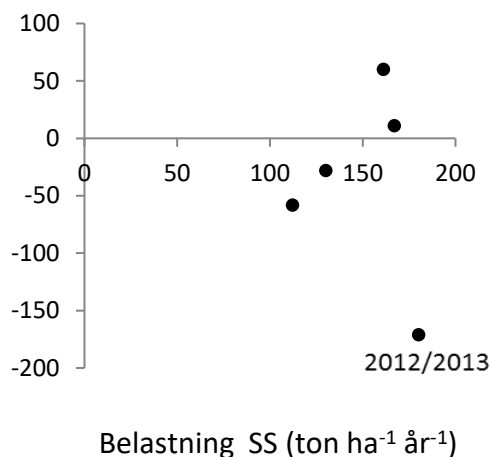
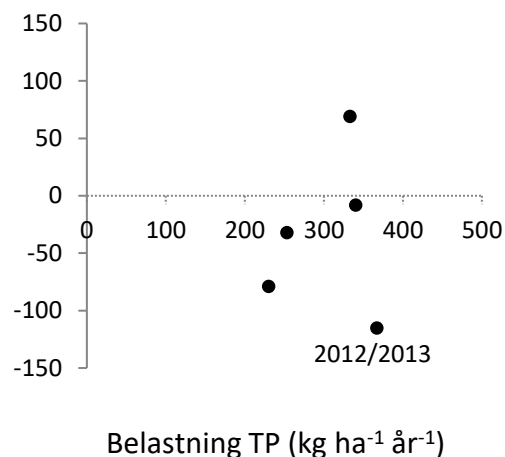
Retention NO₃N (kg ha⁻¹ år⁻¹)



Figur 5. Årlig retention i absoluta tal av a) totalt organiskt kol (TOC) och b) nitratkväve (NO₃N) i relation till belastningen på Bergaholmsdammen. Motsvarande värden för Nybble (c och d). Sambanden var signifikanta ($p < 0,05$) utom för TOC vid Nybble där det inte skedde någon retention år 2014/2015.

Ett positivt samband mellan retention och belastning visar att belastningen på årsbasis inte varit för hög och att fosfordammen fungerat bra. Under ett fåtal enskilda månader har dock belastningen av SS och PP varit hög (Figur 4a och 4c) och då har retention varit låg eller uteblivit.

År 2014/2015 uppmättes ingen retention av TOC i den övre delen av Nybbledammen till skillnad från övriga år (Figur 5c).

a) BergaholmRetention SS (ton ha⁻¹ år⁻¹)**b) Bergaholm**Retention TP (kg ha⁻¹ år⁻¹)**c) Nybble**Retention SS (ton ha⁻¹ år⁻¹)**d) Nybble**Retention TP (kg ha⁻¹ år⁻¹)

Figur 6. Årlig retention i absoluta tal av a) suspenderat material (SS) och b) totalfosfor (TP) i relation till belastningen på Bergaholmsdammen. Motsvarande samband c) SS och d) TP för Nybbledammen som hade negativ retention utom för det sista året. Andra året med mätning (2012/2013) var utflödet speciellt stort och retentionen som mest negativ.

Vid jämförelse med andra våtmarker har den relativa retentionen i Bergaholmsdammen varit av samma storleksordning eller större. Retention var likartad som den för de två finska våtmarkerna Hovi och Tarvaala (Berninger et al. 2012; Koskiaho et al., 2016). Dessa är större än Bergaholmsdammen. Den relativa partikel- och fosforfångande effektiviteten för Bergaholm har varit högre än för den drygt dubbelt så stora norska våtmarken Skuterud där i genomsnitt 18% av totalfosfor fångades under åtta år (Tabell 5). Resultaten från samtliga studier visar behovet att följa våtmarkerna under en lång följd av år eftersom variationerna mellan åren både i belastning och effektivitet ofta varit betydande.

Tabell 5. Medelvärde hydraulisk belastning, (**agrohydrologiskt år juli-juni**), transport in och transport ut per våtmaksyta samt relativ retention (%) av suspenderat material (SS), och totalfosfor (TP), för de två fosfordammarna Bergaholm och Nybble och för den norska våtmarken Skuterud (Blankenberg et al., 2013) beräknade med samma flöden i inlopp och utlopp

Period	Bergaholm		Nybble		Skuterud	
	2010/2013 ^a	2013/2016 ^b	2011/2014 ^c	2014/2016 ^d	2003/2005 ^e	2005/2011 ^f
HL (m år ⁻¹)	70	50	117	114	780	1200
SS _{in} (t ha ⁻¹ år ⁻¹)	111	71	160	110	880	1780
SS _{ut} (t ha ⁻¹ år ⁻¹)	85	50	260	130	440	1130
Retention SS (%)	22	29	-	-	48	36
TP _{in} (kg ha ⁻¹ år ⁻¹)	265	180	300	230	1670	3420
TP _{ut} (kg ha ⁻¹ år ⁻¹)	209	132	400	280	1360	2790
Retention TP (%)	21	26	-	-	19	13

^a Inga ovanliga åtgärder i avrinningsområdet

^b Efter strukturkalkning av det stora fältet i avrinningsområdet år 2013

^c Period med onormal belastning från grävning av ett vägdike nära inloppet och stor erosion i inloppsdammen

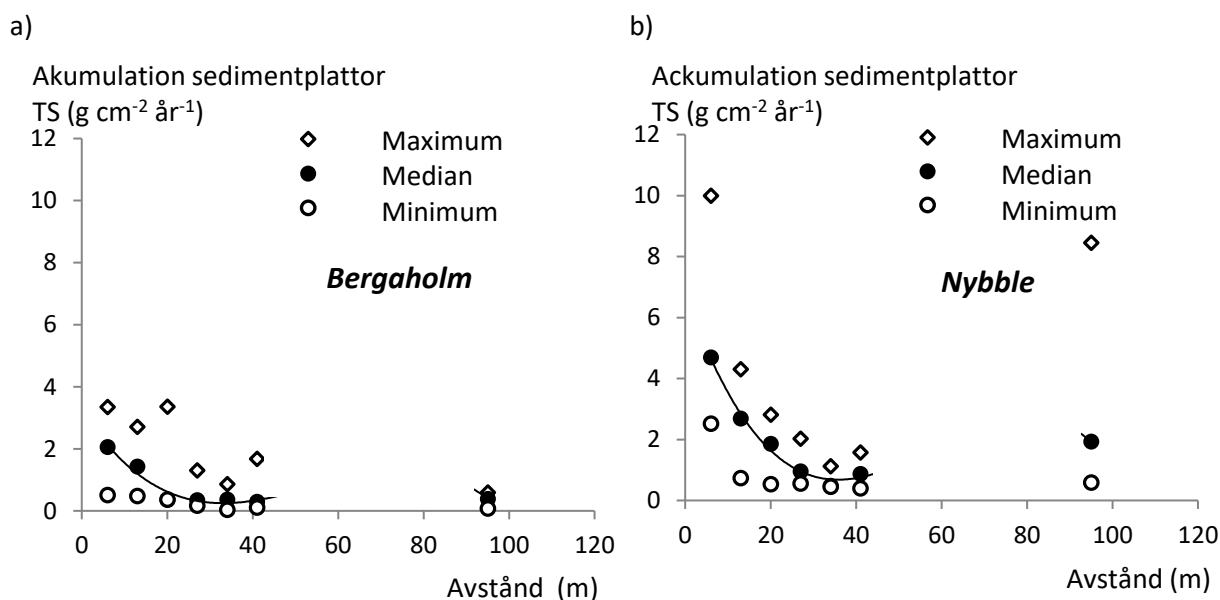
^d Tre år före rensningen av den övre dammen och utloppet av vegetationsfilterdelen (6 år efter konstruktionen)

^e Två år före resning av den övre dammen och till viss del av vegetationsfilterdelen vid utloppet

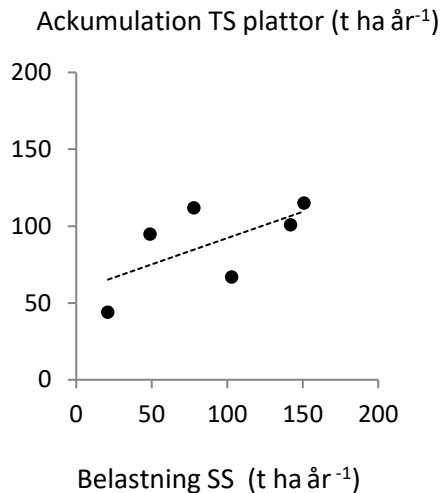
^f Sex år före upprepad rensning av dammen. C:a 130% så mycket material togs bort jämfört med 6 år tidigare.

Sedimentation och ackumulation på plattor

De största mängderna har sedimenterat närmast inloppet i båda dammarna (Figur 7). Ackumulationen av årligt sediment tenderade att öka vid ökad belastning (Figur 8) utan någon tendens att effektiviteten skulle minska med åren för Bergaholmsdammen. Mängd material som fångats upp på sedimentplattor placerade i transekter längs med dammen varierade storligen mellan åren i likhet med transportererna baserade på vattenanalyserna.



Figur 7. Ackumulation av sediment på sedimentationsplattor i transekter på olika avstånd från inloppet i Bergaholm (2010/2016) och Nybble (2011/2016) fosfordamm.



Figur 8. Årlig mängd sediment som torrsubstans (TS) på sedimentationsplattor i Bergaholm fosfordamm i relation till inkommande belastning beräknad från mängden suspenderat materia (SS) i vattenprover och vattenflöde.

Mängderna på plattorna var högre än den beräknade nettosedimentationen från vattenanalyserna under **hydrologiska år** (september-augusti) 2010/2016. Från uppmätt fosforhalt i sedimentet (Kynkäänniemi 2014) var ackumulationen av fosfor i paritet med skillnaden i fosfortransport mellan inflödet och utflödet. Belastningen på fosfordammen varierade mycket mellan olika år och detta har haft betydelse också på mängden uppsamlat sediment. Även resultaten från sedimentationsplattorna pekar på behovet av att följa fosfordammarna under lång tid för att kunna bedöma deras effektivitet.

Referenser

- Bergniger, K., Koskiaho, J., and Tattari, S. 2012. Constructed wetlands in Finnish agricultural environments: Balancing between effective water protection, multi-functionality and socio-economy. *Journal of Water and Land Development* 17, 19-29.
- Buseth Blankenberg, A-G., Delstra, J., Øgaard, A. F. and Pedersen, R. 2013. Phosphorus and sediment retention in a constructed wetland. In Bechmann, M. & Deelstra, J (eds). *Agriculture and Environment - Long Term Monitoring in Norway*. Academic Publishing NO-7005 Trondheim, Norway ISBN 978-82-321-0014-9, pp 299-314.
- Geranmayeh, P., Johansson, K., Ulén, B. and Tronderski K, S 2017. Particle deposition, resuspension and accumulation in different designed wetlands. Under review *Ambio*.
- Koskiaho, J., Siimekdelä, T., Puustinen, K. 2016. Suspended solids and nutrient retention in rural constructed wetlands in cold climate. *Geophysical Research Abstract Vol 18 EGU 2016-14219*, 2016.
- Kynkäänniemi (Geranmayeh), P. 2014. Small wetlands designed for phosphorus retention in Swedish agricultural areas – efficiency variations during the first years after construction. Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Acta Universitatis Agriculturae Sueciae No 2014:70.