



N- och P-halterna i skog, myr och fjäll hösten 2011 i Dalälven, Viskan, Ätran, Nissan och Lagan

- projekt för att förbättra skattningarna av typhalter inför PLC6

Stefan Löfgren, SLU
Mats Fröberg, SLU
Jakob Nisell, SLU
Jun Yu, SLU
Bo Ranneby, SLU

På uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten

Publicering: www.smed.se

Utgivare: Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut

Adress: 601 76 Norrköping

Startår: 2006

ISSN: 1653-8102

SMED utgör en förkortning för Svenska MiljöEmissionsData, som är ett samarbete mellan IVL, SCB, SLU och SMHI. Samarbetet inom SMED inleddes 2001 med syftet att långsiktigt samla och utveckla den svenska kompetensen inom emissionsstatistik kopplat till åtgärdsarbete inom olika områden, bland annat som ett svar på Naturvårdsverkets behov av expertstöd för Sveriges internationella rapportering avseende utsläpp till luft och vatten, avfall samt farliga ämnen. Målsättningen med SMED-samarbetet är främst att utveckla och driva nationella emissionsdatabaser, och att tillhandahålla olika tjänster relaterade till dessa för nationella, regionala och lokala myndigheter, luft- och vattenvårdsförbund, näringsliv m.fl. Mer information finns på SMEDs hemsida www.smed.se.

Förord

Att bättre förstå säsongsdynamiken i kväve- och fosforläckage från skog är viktigt för att kunna modellera kväve- och fosforhalter i skogsnära bäckar. Källfördelningarna för kväve och fosfor samt fastläggningen av näringsämnena i vattensystemen kan då beräknas med hög precision. I tidigare beräkningar (PLC5) används konstanta långtidsmedelvärden på läckaget från skog. Mätningar vår- och sommartid i slumpvis utvalda källvattendrag visar dock att kväve och fosforhalter kan avvika kraftigt från långtidsmedelvärdet, med betydligt högre typhalter främst sommartid. Mätningarna indikerar också att skogstillståndet i bäcknära skog kan ha en väsentligt större påverkan på typhalterna än skog etablerad på längre avstånd från bäcken.

Data från riksinventeringen av skog (RIS) och satellitscener har använts för att klassificera skogstillståndet. Metoden kan användas i hela Sverige, men då krävs tillgång till ytterligare satellitscener och RIS-data. För att skatta typhalterna för kväve och fosfor krävs även nya mätningar i slumpmässigt utvalda skogsbäckar. Baserat på Lantmäteriets nya höjddatabas kan man inom ett par år förbättra beskrivningen av vattendragsnätet och därmed även modellerna för att skatta typhalter.

I den här fasen av projektet har data från två höstprovtagningar 2011 använts för att studera dynamiken under dessa årstider, men jämförelser görs även med vår- och sommarförhållandena. Orsaken till att även de senare årstiderna analyserats ytterligare en gång är dels att de tidigare modellerna baserats på ett felaktigt, för litet antal bäckar och dels att en ny statistisk metod använts för att skapa modellerna (se Material och metoder). Insamlingen av proverna har skett med hjälp av länsstyrelserna i 200 slumpmässigt utvalda källvattendrag i Dalälven, Viskan, Ätran, Nissan och Lagan. De kemiska analyserna har utförts med ackrediterade metoder vid institutionen för vatten och miljö, SLU.

Denna rapport är primärt riktad mot de experter som hanterar källfördelningsproblematiken inom ramen för SMED inklusive berörda forskare och myndigheter. Det förutsätts därför att läsarna av rapporten har viss kunskap om svensk rapportering till bl.a. HELCOM och tidigare arbeten inom området.

Stefan Löfgren
Projektledare
21 november 2012

Innehåll

FÖRORD	4
INNEHÅLL	5
SAMMANFATTNING	6
SUMMARY	7
BAKGRUND	7
SYFTE	10
MATERIAL OCH METODER	11
Klassning av skogstillstånd baserat på satellitdata och RIS	11
Vattenkemisk provtagning och analys	12
Statistiska modeller och aggregering av klasser	13
Avrinningsområdenas karaktärer	15
RESULTAT	18
Skillnader i kväve- och fosforhalter mellan säsonger	18
Sambanden mellan halter och skogstillstånd	21
Totalkväve, Tot-N	25
Oorganiskt kväve, TIN	26
Totalfosfor, Tot-P	27
Fosfatfosfor, PO ₄ -P	28
DISKUSSION	29
REFERENSER	31

Sammanfattning

Inom ramen för två tidigare pilotprojekt (SMED rapport nr 52:2011 och SMED rapport nr 100:2011) har data från riksinventeringen av skog (RIS) och satellitscener använts för att med den statistiska metoden *Probabilistic Classifier* klassificera skogstillståndet på skogs- och myrmark inklusive fjäll.

Vattendragsnära skog har definierats utgående från ett virtuellt nätverksbildat vattendragsnät (VIVAN). Baserat på ca 200 slumpmässigt utvalda källvattendrag i Dalälven, Viskan, Ätran, Nissan och Lagan har därefter modeller skapats för att skatta typhalterna vår och sommar för N och P i bäckvattnet utgående från skogstillståndet i bäcknära och mer avlägsen skog. Modellernas förklaringsgrad för Tot-N och Tot-P var betydligt bättre än de som användes inom ramen för PLC5 både vår och sommar.

Inom ramen för detta projekt analyserades vattenprover insamlade i november 2011 från de ca 200 slumpmässigt utvalda källvattendragen i Dalälven och Västsverige. De uppmätta halterna jämfördes med sommar- och vårhalterna och baserat på ny metodik (Bayesian Model Averages) skapades nya modeller för att skatta typhalterna vår, sommar, höst och sen höst för Tot-N och Tot-P i bäckvattnet.

Resultaten visar att de framtagna modellernas förklaringsgrad är betydligt bättre samtliga säsonger för Tot-N och Tot-P ($R^2_{\text{Tot-N}}=0,46-0,66$ respektive $R^2_{\text{Tot-P}}=0,27-0,40$) än de som användes i norra Sverige inom ramen för PLC5 ($R^2_{\text{Tot-N}}=0,25$ respektive $R^2_{\text{Tot-P}}=0,11$). Studien indikerar att PLC5-typhalterna kraftigt undervärderar skogsläckaget av både Tot-N (25-140%) och Tot-P (63-175%) på Västkusten, medan resultaten från Dalälven indikerar en överskattning av skogsläckaget vår och senhöst (23-36%) och underskattning sommar och höst (19-22%) med avseende på Tot-N. Modellerna indikerar att skogstillväxten, andelen hyggen och våtmarker är de mest styrande variablerna för typhalterna. Typhalterna framtagna inom ramen för PLC5 kan inte okritiskt användas för t.ex. källfördelningsmodellering och som underlag för att beräkna N- och P-retention från källa till hav. För det krävs typhalter skapade med modeller som ger bättre precision t.ex. de här redovisade.

Med tanke på den vanligtvis höga vattenföringen vår och höst och den därmed kraftiga inverkan på transportberäkningarna (= halt x vattenföring) finns det goda skäl att inför källfördelningsarbetet i PLC6 beakta den rumsliga och säsongsmässiga haltvariationen genom att förbättra skattningarna av typhalterna för N och P. Liknande inventeringar och utvärderingar bör därför utföras i sydöstra Sverige och Norrland för att förbättra skattningarna av N- och P-förlusterna från skog, myr och fjäll även i dessa delar av landet.

Summary

As part of earlier pilot projects (SMED Report No. 52:2011 and SMED report 100:2011) and based on data from the national forest survey (RIS) and satellite scenes, the statistical method *Probabilistic classifier* was used for classifying the forest status of forest land, peat land and mountain areas. Riparian forests were defined based on the virtual streamwater network (VIVAN). Based on data from 200 randomly selected headwaters of the rivers Dalälven, Viskan, Ätran, Nissan and Lagan and the forest status in riparian and more remote forests, models were created to estimate spring and summer type concentrations of N and P in stream water. The explanation power of the Tot-N and Tot-P models was significantly higher than those used in connection with PLC5 both spring and summer.

Within this project, water samples collected in November 2011 from the 200 randomly selected headwaters of river Dalälven and in southwestern Sweden were analyzed. The measured concentrations were compared with the summer and spring concentrations and based on new methodology (Bayesian Model Averages) new models were created to estimate the Tot-N and Tot-P type concentrations in stream water in spring, summer and in early and late autumn.

The results show that the explanation power by the models is tangibly higher all seasons for Tot-N and Tot-P ($R^2_{\text{Tot-N}}=0.46-0.66$ respective $R^2_{\text{Tot-P}}=0.27-0.40$) compared with those used in northern Sweden in PLC5 ($R^2_{\text{Tot-N}}=0.25$ respective $R^2_{\text{Tot-P}}=0.11$). The study indicates that the PLC5 type concentrations strongly underestimate the leaching from forests of both Tot-N (25-140%) and Tot-P (63-175%) at the Swedish West Coast, while the results from the Dalälven area indicate an overestimation spring and late autumn (23-36%) and underestimation summer and autumn (19-22%) as regards Tot-N. The models indicate that forest growth, the share of clearfellings and wetlands within the catchments are the most important factors for the type concentrations. The type concentrations used in PLC5 cannot uncritically be used for e.g. source apportionments or as basis for N and P retention estimates from the headwaters to the sea. For such assessments, type concentrations based on models with higher precision, e.g. those presented here, must be used.

Bearing in mind the generally high high water discharge during spring and autumn and its large influence on the transport calculations (= water discharge x concentration) there are good reasons to take into account the spatial and seasonal concentration variations in the source apportionments by improving the type concentrations of N and P. Similar surveys and assessments as in this study should therefore be performed in southeast and northern Sweden in order to improve the estimates of the N and P leaching from forests, wetlands and alpine areas also in those regions.

Bakgrund

Inom ramen för två tidigare pilotprojekt (Löfgren et al. 2011a, b) har data från riksinventeringen av skog (RIS) och satellitscener använts för att med den statistiska metoden Probabilistic Classifier (Yu & Ranney, 2007a, b) klassificera skogstillståndet på skogs- och myrmark inklusive fjäll. Vattendragsnära skog har definierats utgående från ett virtuellt nätverksbildat vattendragsnät (VIVAN, Nisell et al. 2007). Baserat på ca 200 slumpmässigt utvalda källvattendrag i Dalälven, Viskan, Ätran, Nissan och Lagan har därefter modeller skapats för att skatta typhalterna sommartid för N och P i bäckvattnet utgående från skogstillståndet i bäcknära och mer avlägsen skog.

Modellernas förklaringsgrad för Tot-N ($r^2 \approx 0,60$) och Tot-P ($r^2 \approx 0,31$, Löfgren et al. 2011a, b) var betydligt bättre än de som användes i norra Sverige inom ramen för PLC5 ($r^2 = 0,25$ respektive $r^2 = 0,11$, Brandt et al. 2008), vilket tyder på att i) det föreligger samband mellan avrinningsområdets egenskaper och N- och P-halterna och ii) att probabilistisk klassning är en användbar metod för att skatta dessa egenskaper. Ytterligare en förbättring jämfört med PLC5 är att Tot-N och Tot-P i södra Sverige samt oorganiskt kväve och fosfat inte längre behöver hanteras som konstanter. Modellerna för de oorganiska fraktionerna är dock osäkra.

De modellberäknade typhalterna, som representerar sommarförhållanden, var betydligt högre än de som användes inom PLC5 (Löfgren et al. 2011). Orsaken till detta är att närsalthalterna i skogs- och myrbäckar var betydligt högre sommartid än medel- och medianvärden från längre tidsperioder, som även innehåller säsong- och mellanårlig variation. Även under våren var de uppmätta halterna högre i sydvästra Sverige, medan det omvända gällde i Dalälvsområdet. Typhalterna baserade på vår- och sommarförhållanden kan därför inte okritiskt användas för t.ex. källfördelningsmodellering och som underlag för att beräkna N- och P-retention från källa till hav. För det krävs modeller baserade på vattenkemisk information även från andra årstider. Källfördelningar och retentionsberäkningar påverkas påtagligt av nivåerna för de olika markslagets typhalter. Man har i norra Östersjöns vattendistrikt konstaterat att bakgrundsbelastningen av N och P till kustvattnen är för låg, vilket leder till orimliga åtgärdskrav för att nå acceptabla växtnäringshalter i kustvattenförekomsterna (Martin Larsson, <http://www.slu.se/sv/om-slu/fristaende-sidor/aktuellt/alla-nyheter/2011/8/skogens-naringslackage-underskattat/>). Den låga bakgrundsbelastningen kan vara en konsekvens av för låga typhalter från skog och myr, vilket leder till allt för höga åtgärdskrav på jordbruk, enskilda avlopp, reningsverk etc.

Hösten 2011 insamlades i september och november vattenprover från de ca 200 slumpmässigt utvalda källvattendragen i Dalälven, Viskan, Ätran, Nissan och Lagan och vattenkemin analyserades. Baserat på det klassificerade (Probabilistic Classifier metoden) skogstillståndet på skogs- och myrmark inklusive fjäll har

därefter modeller skapats för att skatta typhalterna för N och P i bäckvattnet utgående från en ny metodik (Bayesian Model Averages). Resultaten från hösten 2011 utgör grunden för denna utvärdering, men nya modeller har även tagits fram baserat på vår- och sommardata

Syfte

Syftet med detta projekt är att kemiskt analysera vattenproverna insamlade i november 2011 från de drygt 200 slumpmässigt utvalda vattendragen i Dalälven och på Västkusten och att utvärdera säsongsvariationen med avseende på N och P haltens variation. Proverna från september 2011 har analyserats med finansiering från Energimyndigheten. Data från september och november 2011 skall även användas för att ta fram nya modeller mellan skogstillstånd och N och P halter för att förbättra skattningen av det årliga N och P läckaget från skog, myr och fjäll.



Figur 1. Huvudavrinningsområden som provtagits inom ramen för pilotprojektet.

Material och metoder

Klassning av skogstillstånd baserat på satellitdata och RIS

Klassningen med *Probabilistic Classifier* metoden (Yu & Ranneby, 2007a, b) av de skogliga variablerna baserades på satellitdata, skoglig information från Rikskogstaxeringens provvytor (trädslagsblandning, trädålder, virkesvolym, medeltillväxt, grundyta etc.) och polygoner från METRIA miljöanalys över områden som avverkats. De 28 klasser som definierats under skogs- och myrmask framgår av Tabell 1. Dessutom tillkommer en klass för hygge upptagna under de senaste 10 åren. Det "virtuella" vattendragsnätet VIVAN (Nisell et al. 2007) har använts för att ta fram de fyra pixlar (2 st 10*10 m på vardera sidan) som ligger närmast respektive vattendrag inom Viskan, Ätran, Nissan och Lagan. För att få så jämförbara värden som möjligt har bara en pixel (25*25 m) använts på vardera sidan av vattendragen i Dalälven, definierade enligt VIVAN. Denna vattendragsnära skog (buffertzoner) har definierats med egna klasser baserat på klasserna i Tabell 1 och för hygge. För varje skogsklass finns således en vattendragsnära respektive en mer avlägsen skogsklass, dvs. totalt 56 skogs- och myrklasser. För en mer utförlig genomgång av klassningen av skogstillståndet hänvisas till Löfgren et al. (2011a).

Tabell 1a. Skogsklasser (1-19) under skogsmask.

Lövskog		Trädålder		
		[10, 40)	[40, 70)	≥ 70
< 20 %	Tall ≥ 70 %	1	7	13
	Gran ≥ 70 %	2	8	14
	Annat	3	9	15
[20 %, 50 %)		4	10	16
≥ 50 %		5	11	17
≥ 70 %		6	12	18
Låg grundyta*		19		

* Grundyta = arean av ett tvärsnitt genom stammen i brösthöjd (130 cm) för samtliga stammar på en viss area (m²/ha)

Tabell 1b. Skogs- och våtmarksklasser (20-21 respektive 22-26) under myrmask.

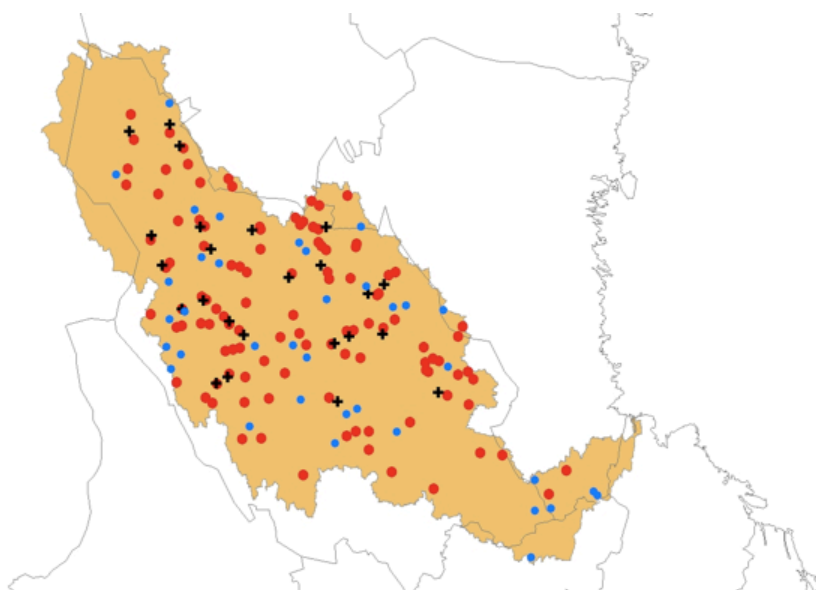
Grundyta*	= 0		(0, 3)		≥ 3	
			Tall ≥ 70 %	Annat		
Skog i myrmask			20	21		
Myr i myrmask	22	23	24	25		
Myr i skogsmask	27**		28**	26		

** Grundyta = arean av ett tvärsnitt genom stammen i brösthöjd (130 cm) för samtliga stammar på en viss area (m²/ha)

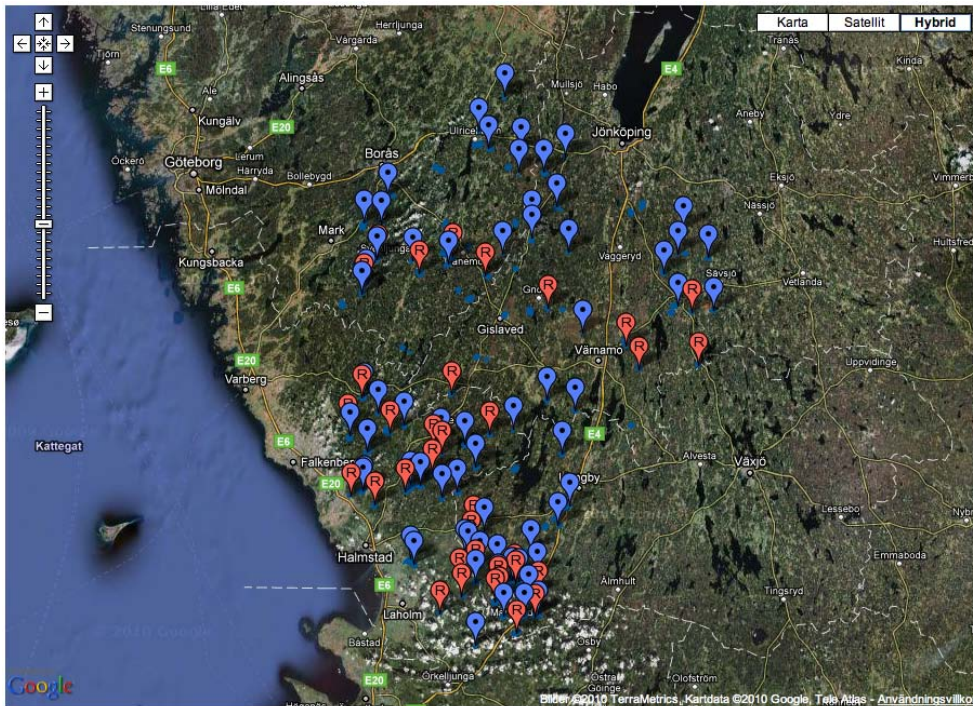
**Endast i Dalälven

Vattenkemisk provtagning och analys

De tidiga höstproverna från de ca 200 slumpmässigt utvalda vattendragen (Löfgren et al. 2011a) insamlades mellan den 12 och 15 september 2011 i Dalälven, Viskan, Ätran, Nissan och Lagan medan den sena höstprovtagningen utfördes mellan den 7 och 10 november 2011 i Dalälven och mellan den 28 november och den 1 december 2011 i Västsverige. Provtagningen i Dalälven (Figur 2a) utfördes av personal från länsstyrelsen i Dalarnas län och den i Viskan-Lagan (Figur 2b) av personal från länsstyrelserna i Västra Götaland, Jönköping och Hallands län. Den metodik som använts för att välja vattendrag framgår av Löfgren et al. (2011a). Vattenproverna skickades till laboratoriet samma dag som de insamlades. I likhet med vår- och sommarprovtagningarna har samtliga prover analyserats med avseende på totalkväve (N-tot), ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$), nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), totalfosfor (P-tot) och fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) samt övrig baskemi inklusive flera metaller. För kväve har även de oorganiska halterna summerats till en variabel ($\text{TIN} = \text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$). Organiskt bundet kväve (N-org) och residualfosfor (P-res) beräknades som skillnaden mellan totalhalt och oorganisk halt i enlighet med gängse metodik. Samtliga analyser har utförts med miljöövervakningens standardmetoder vid det SWEDAC-ackrediterade laboratoriet på institutionen för vatten och miljö, SLU.



Figur 2a. Provtagningsstationer i Dalälvens avrinningsområde. Röda = ingår i urvalet, Svarta kors = potentiella reservpunkter inom 5 km från utvalda punkter, Blå punkter = potentiella ytterligare punkter.



Figur 2b. Internet-baserad (<http://infogis.vatten.slu.se/map/headwater/>) karta med möjlighet till zoomning. Del av länsstyrelsernas underlag för att identifiera provtagningsstationer i Viskan, Ätran, Nissan och Lagan (Jakob Nisell, institutionen för vatten och miljö, SLU). Blå droppe = primärt urval, Röd droppe = reserv.

Statistiska modeller och aggregering av klasser

Baserat på biomassa, medeltillväxt, hyggesareal samt skogs- och myrklasserna (Tabell 1) inom varje delavrinningsområde till de slumpmässigt utvalda bäckarna skapades modeller för att skatta typhalterna för Tot-N och Tot-P under samtliga fyra säsonger. Modellerna skapades utgående från logaritmerade (10 som bas) halter med Bayesian Model Averaging (BMA, Zeugner 2011). Till skillnad från stegvis linjär regression, som tidigare använts, där man använder en enda modell (den som ger bäst korrelation enligt minsta kvadratmetoden) för att beräkna effekter av olika förklarande variabler, beräknar man med BMA istället medelvärden för koefficienterna i samtliga de modeller som man låtit köra, viktade efter hur bra modellerna förklarar uppmätta data. Man kan även få fram mått på hur betydelsefulla de förklarande variablerna är i modelleringen.

BMA-analysen har genomförts med R 2.14 och paketet "BMS". Modellerna är baserade på 14 klasser aggregerade från de 56 skogs- och myrklasserna (28*2 klasser) enligt Tabell 2. Löfgren et al. (2011a) visade att 14 klasser gav bättre förklaringsgrad än då de ursprungliga 56 klasserna användes. Totalt sett användes följaktligen 20 variabler då även biomassa, tillväxt och hyggen i både avrinningsområde och buffertzonen inkluderades. För varje responsvariabel (Tot-N, TIN, Tot-P respektive PO₄-P) utvärderades samtliga möjliga modeller (>500 000 simulering-

ar/responsvariabel, d.v.s. alla kombinationer av förklarande variabler) och likformig *a priori* fördelning användes.

BMA-modellerna är i likhet med tidigare arbeten (Löfgren et al. 2011a, b) konstruerade enligt formeln:

$$y = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \dots + \beta_i \cdot x_i + \varepsilon$$

y responsvariabel

x förklarande variabel

β_0 intercept

β_1 riktningskoefficient för den första förklarande variabeln

β_2 riktningskoefficient för den andra förklarande variabeln

β_i riktningskoefficient för den i :te förklarande variabeln, och

ε återstående brus (felterm)

För att erhålla så många observationer och så stor haltvariation som möjligt har skogsbäckarna från Dalälven och Västsverige slagits ihop till en gemensam databas. Kravet har varit att >70 % av avrinningsområdets yta ska vara klassificerat. I databasen ingår 179 av de ursprungliga 209 skogsbäckarna med 95 från Dalälven och 84 från Västsverige. Vid vår- och sommarinventeringarna användes endast 148 respektive 146 vattendrag (Löfgren et al. 2011a, b) eftersom ett flertal objekt på felaktiga grunder sorterats bort. Orsaken var att andelen sjöyta (%) hanterats som heltal istället för hundradelar, vilket för många objekt gav allt för stor andel klassificerad areal. Detta har nu rättats till, vilket innebär att de modeller som nu redovisas är baserade på 35 fler vattendrag i Dalälven och 2 färre vattendrag i Västsverige, vilket ger säkrare resultat.

Tabell 2. Definition av parametrar som använts för att skapa modellerna. Klasserna under kolumnen "Definition" beskrivs i Tabell 1.

Parametrar	Definition	Enhet
biomassa_aro_(ton/ha)*	=total biomassa i aro/aroarea	ton/ha
tillvaxt_aro	=medeltillväxt i aro	m ³ sk/ha
%Tall≥70%_aro	=(kl 1+7+13_aro)/aroarea	%
%Gran≥70%_aro	=(kl 2+8+14_aro)/aroarea	%
%Övr_aro	=(kl 3+9+15_aro)/aroarea	%
%Löv 20-50%_aro	=(kl 4+10+16_aro)/aroarea	%
%Löv>50%_aro	=(kl 5+6+11+12+17+18_aro)/aroarea	%
%Låg grunddyta <3_aro	=(kl 19+22+23+27_aro)/aroarea	%
%Hög grunddyta ≥3_aro	=(kl 20+21+24+25+26+28_aro)/aroarea	%
%hygge_aro	=hygge/aroarea	%
biomassa_buff_(ton/ha)*	= total biomassa i buffertzonen/area buffertzonen	ton/ha
tillvaxt_buff	= medeltillväxt i buffertzonen	m ³ sk/ha
%Tall≥70%_buff	=(kl 1+7+13_buff)/area buffertzonen	%
%Gran≥70%_buff	=(kl 2+8+14_buff)/area buffertzonen	%
%Övr_buff	=(kl 3+9+15_buff)/area buffertzonen	%
%Löv 20-50%_buff	=(kl 4+10+16_buff)/area buffertzonen	%
%Löv>50%_buff	=(kl 5+6+11+12+17+18_buff)/area buffertzonen	%
%Låg grunddyta <3_buff	=(kl 19+22+23+27_buff)/area buffertzonen	%
%Hög grunddyta ≥3_buff	=(kl 20+21+24+25+26+28_buff)/area buffertzonen	%
%hygge_buff	=hygge/area buffertzonen	%

*Löfgren et al (2011a) anger felaktigt totalbiomassa (ton) i avrinningsområde respektive buffertzonen

Avrinningsområdenas karaktärer

Avrinningsområdenas och buffertzonenas karaktärer (Tabell 3 och 4) skiljde sig ofta åt mellan Dalälven och Västsverige. Avrinningsområdena var större, höjden över havet och andelen tallskog (%Tall≥70_aro) var högre i Dalälven, medan biomassan (medel/ha) tillväxten, andelen gran (%Gran≥70_aro), löv (%Löv 20-50%_aro, %Löv >50%_aro) och hygge (%hygge_aro) var större i Västkustområdet. Det senare kan delvis förklaras av stormen Gudruns framfart, som orsakat omfattande avverkningar efter januari 2005. För buffertzonen finner man ett likartat mönster (Tabell 4). En av förklaringarna till den större arealen buffertzonen i Dalälven är att zonen bredd är 25 m medan den bara är 20 m till Västkustbackarna. Skillnaderna i biomassa och tillväxt är påtaglig mellan Dalälven och Västsverige, med i medeltal ca tre gånger så hög biomassa och nästan dubbelt så hög tillväxt i sydväst. Tillväxtsiffrorna kan förefalla låga både för avrinningsområdet och buffertzonen, men man ska då beakta att det är medeltillväxten inom området som skattats d.v.s. även myrimpediment och lågproduktiv skog påverkar värdet.

Tabell 3. Egenskaper i avrinningsområdena till skogsbäckarna i Dalälven respektive Viskan, Ätran, Nissan och Lagan (Västsverige) för de parametrar som använts för att skapa modellerna. Den icke-parametriska metoden Wilcoxon test användes för att beräkna om det föreligger skillnader (p-värden) mellan områdena. ns= ej statistiskt signifikant

Parameter		Dalälven n=95	Västsverige n=84
Aroarea (ha) p<0,001	Min	106	24
	Median	203	105
	Max	620	279
	Mean	216	117
	CV	37	45
Höjd över havet (m) p<0,001	Min	67	54
	Median	345	165
	Max	667	326
	Mean	358	178
	CV	37	35
biomassa_aro (ton/ha) p<0,001	Min	1769	22093
	Median	64934	96598
	Max	109858	145977
	Mean	64435	94925
	CV	34	24
tillvaxt_aro (m3sk/ha) p<0,001	Min	0,8	0,8
	Median	2,2	4,3
	Max	4,1	7,0
	Mean	2,3	4,2
	CV	36,2	26,5
%Tall≥70%_aro p<0,001	Min	6%	2%
	Median	22%	11%
	Max	66%	27%
	Mean	23%	11%
	CV	56	46
%Gran≥70%_aro p<0,001	Min	1%	1%
	Median	9%	23%
	Max	56%	63%
	Mean	10%	23%
	CV	73	50
%Övr_aro ns	Min	2%	1%
	Median	8%	9%
	Max	18%	27%
	Mean	8%	9%
	CV	52	47
%Löv 20-50%_aro P<0,001	Min	0%	4%
	Median	13%	12%
	Max	34%	24%
	Mean	14%	12%
	CV	45	34
%Löv>50%_aro p<0,05	Min	0%	0%
	Median	5%	4%
	Max	19%	24%
	Mean	5%	5%
	CV	50	90
%Låg grundyta <3 m ² /ha_aro p<0,001	Min	0%	1%
	Median	9%	5%
	Max	32%	65%
	Mean	10%	9%
	CV	65	121
%Hög grundyta ≥3 m ² /ha_aro ns	Min	0%	4%
	Median	11%	14%
	Max	41%	36%
	Mean	12%	15%
	CV	61	39
%hygge_aro P<0,05	Min	0%	0%
	Median	9%	11%
	Max	56%	56%
	Mean	10%	13%
	CV	95	75

Tabell 4. Egenskaper i buffertzonerna till skogsbäckarna i Dalälven respektive Viskan, Ätran, Nissan och Lagan (Västsverige) för de parametrar som använts för att skapa modellerna. Den icke-parametriska metoden Wilcoxon test användes för att beräkna om det föreligger skillnader (p-värden) mellan områdena.

Parameter		Dalälven n=95	Västsverige n=84
Buffertarea (ha) p<0,001	Min	7,6	0,0
	Median	9,8	1,5
	Max	22,1	10,0
	Mean	10,6	1,8
	CV	25	83
biomassa_buff (ton/ha) p<0,001	Min	21562	18373
	Median	73724	102927
	Max	119760	171706
	Mean	71160	103274
	CV	34	35
tillvaxt_buff (m3sk/ha) p<0,001	Min	0,9	0,6
	Median	2,5	4,5
	Max	4,3	8,2
	Mean	2,5	4,6
	CV	31	38
%Tall≥70%_buff p<0,001	Min	0%	0%
	Median	14%	9%
	Max	49%	28%
	Mean	16%	10%
	CV	64	74
%Gran≥70%_buff p<0,01	Min	0%	0%
	Median	9%	15%
	Max	41%	80%
	Mean	11%	19%
	CV	74	89
%Övr_buff ns	Min	0%	0%
	Median	7%	7%
	Max	20%	63%
	Mean	7%	9%
	CV	60	104
%Löv 20-50%_buff ns	Min	0%	0%
	Median	18%	17%
	Max	56%	74%
	Mean	19%	10%
	CV	43	73
%Löv>50%_buff p<0,01	Min	0%	0%
	Median	8%	5%
	Max	29%	75%
	Mean	9%	10%
	CV	65	148
%Låg grundyta <3 m ² /ha_buff p<0,001	Min	0%	0%
	Median	8%	2%
	Max	42%	76%
	Mean	11%	6%
	CV	82	184
%Hög grundyta ≥3 m ² /ha_buff ns	Min	0%	0%
	Median	15%	14%
	Max	53%	82%
	Mean	18%	18%
	CV	63	82
%hygge_buff ns	Min	0%	0%
	Median	4%	1%
	Max	62%	79%
	Mean	8%	10%
	CV	131	164

Resultat

Skillnader i kväve- och fosforhalter mellan säsonger

Oberoende av säsong var näringsämneshalterna från skog och myr (samt fjäll i Dalälven) vanligtvis betydligt högre i Västsverige jämfört med Dalälvsområdet i hela det uppmätta koncentrationsintervallet (Tabell 5 och Figur 3). Beroende på säsong var medianhalten Tot-N och TIN vanligtvis 300-550 µg/l respektive 30-170 µg/l högre i Västsverige medan motsvarande haltintervall för Tot-P och PO₄-P var 6-11 µg/l respektive 0-2 µg/l.

Figur 3 och Tabell 5 visar halterna för Tot-N, TIN, Tot-P och PO₄-P i Dalälven respektive Västsverige under vår, sommar, höst och senhöst. Båda områdena uppvisade betydande skillnader i halter mellan årstiderna och endast i ett fåtal fall (vanligtvis sommar-höst respektive sommar-senhöst) kunde inga statistiska skillnader påvisas (Tabell 6). I Dalälven uppmättes vanligtvis högst halter Tot-N och Tot-P under sommar och höst samtidigt som halten oorganiskt kväve (TIN) var som lägst. Fosfathalterna varierade förhållandevis lite mellan säsongerna. I Västsverige urskilde hösten sig som årstiden med högst halter Tot-N och Tot-P och lägst TIN (Figur 3). Fosfathalterna var högst sommartid och lägst under våren.

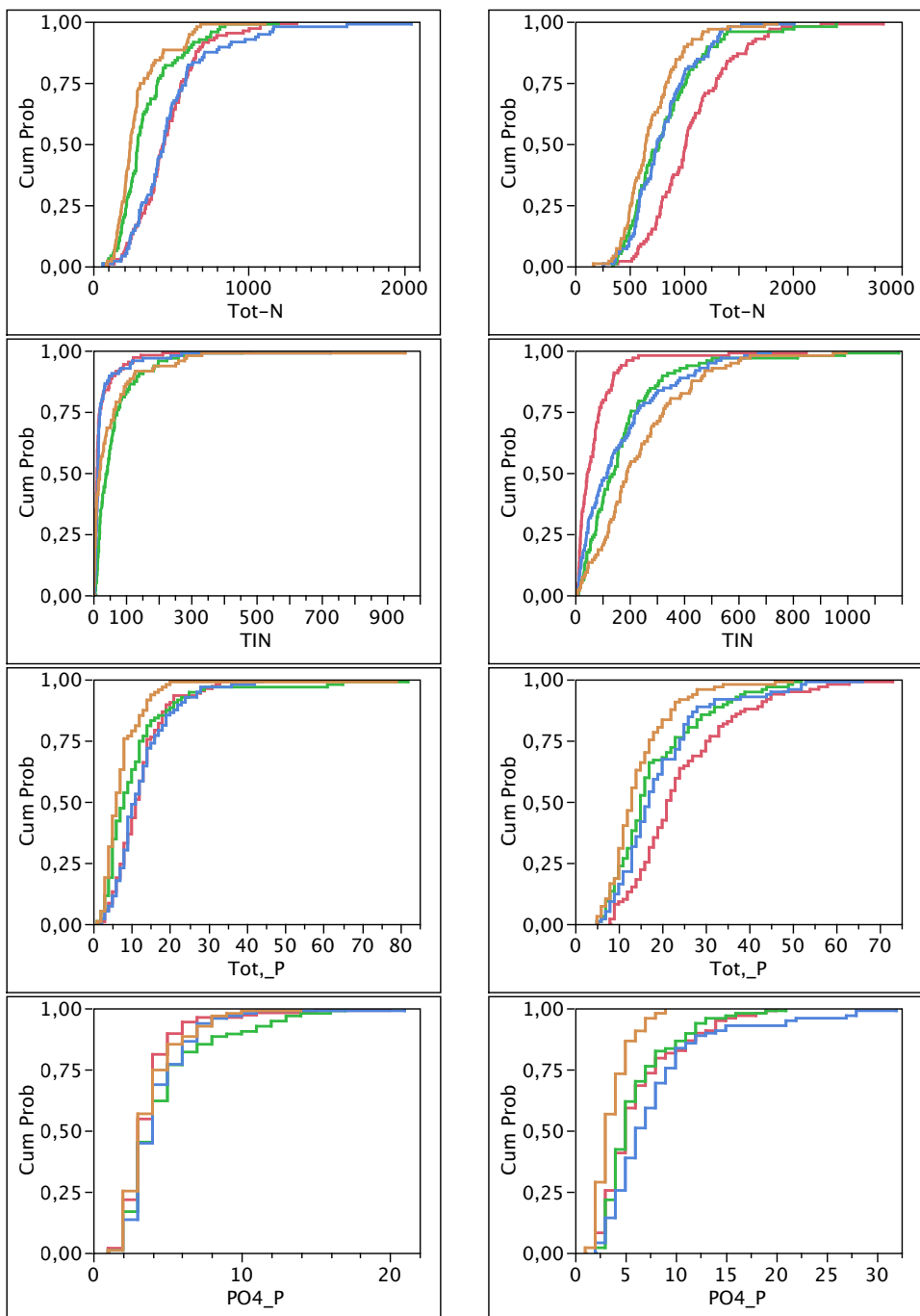
Man kan följaktligen konstatera att det med avseende på näringsämnena kväve och fosfor föreligger stora regionala skillnader både i haltnivåer och säsongsdynamik mellan de båda regionerna.

Tabell 5. Halter ($\mu\text{g/l}$, min, 25-percentil, median, 75-percentil, max och medel) för Tot-N, TIN, Tot-P och $\text{PO}_4\text{-P}$ i Dalälven ($n=95$) respektive Västsverige ($n=84$) under vår, sommar, höst och senhöst.

	Dalälven				Västsverige			
	Vår	Sommar	Höst	Senhöst	Vår	Sommar	Höst	Senhöst
Tot N								
min	85	62	94	64	166	259	393	377
25%	187	313	344	215	511	590	790	566
median	238	453	442	288	645	759	1014	763
75%	304	596	562	413	837	967	1283	970
Max	1108	2050	1078	849	1857	2013	2833	2401
Medel	286	509	472	339	694	815	1064	808
TIN								
min	2	4	2	6	7	9	7	10
25%	7	10	6	20	117	48	20	71
median	20	15	12	41	187	117	44	136
75%	63	21	19	72	319	217	85	199
Max	956	727	213	277	949	718	850	1190
Medel	56	33	24	59	226	160	70	161
Tot P								
min	1	2	2	1	5	5	8	5
25%	4	8	7	5	10	13	16	11
median	6	11	11	8	13	17	21	15
75%	8	16	14	12	18	24	30	23
Max	79	44	37	82	50	66	73	52
Medel	8	13	12	11	15	19	24	18
PO4-P								
min	1	1	1	1	1	2	2	2
25%	2	3	3	3	2	5	3	4
median	3	4	3	4	3	6	5	5
75%	4	5	4	5	5	9	7	7
Max	14	21	20	17	9	32	20	21
Medel	4	4	4	5	4	8	6	6

Dalälven

Västsverige



Figur 3. Kumulativ frekvensfördelning (CumProb) för Tot-N och Tot-P i slumpmässigt utvalda bäckar i Dalälvsområdet och Västsverige vid vår- (orange), sommar- (blå), höst- (röd) respektive senhöst- (grön) inventeringarna.

Tabell 6. Säsonger som *inte* uppvisade statistiskt signifikanta skillnader ($p > 0,05$, Wilcoxon test) i halter för Tot-N, TIN, Tot-P respektive PO₄-P i Dalälven respektive Västsverige.

	Dalälven	Västsverige
Tot-N	sommar-höst	sommar-senhöst
TIN	vår-sommar	sommar-senhöst
Tot-P	sommar-höst	sommar-senhöst
PO₄-P	vår-höst, vår-sommar, sommar-senhöst	senhöst-höst

Sambanden mellan halter och skogstillstånd

I allmänhet var de förklarande variablerna baserade på klassningen av avrinningsområdet betydligt bättre än egenskaperna i buffertzonen för att förklara kväve- och fosforhalterna. Att buffertzonen inte hade särskilt stor inverkan på modellresultaten behöver dock inte bero på att denna inte är viktig för vattenkemin, utan kan istället bero på att antalet pixlar är litet och att man därmed får en sämre bestämning av skogsegenskaperna. För att skatta typhalterna för N och P är det dock tydligt att det är bättre att i första hand använda satellitdata från hela avrinningsområdet.

Modellernas förklaringsgrad (R^2 i Tabell 7) varierade mellan närsaltfraktion och säsong. Modellerna för $\log(\text{Tot-N})$ uppvisade högst förklaringsgrad under vår, höst och senhöst (R^2 i intervallet 0,61-0,66) medan modellen för att skatta halterna sommartid var sämre ($R^2=0,46$). Även halterna $\log(\text{TIN})$ kan skattas med tämligen hög precision under vår och sommar ($R^2=0,64$ respektive 0,50) medan modellerna för höst och senhöst inte uppvisar samma precision ($R^2=0,37$ respektive 0,41). Modellerna för $\log(\text{Tot-P})$ skattar halterna med ungefär samma precision (R^2 i intervallet 0,29-0,40) som modellerna för $\log(\text{TIN})$ höst och senhöst. Modellerna för $\log(\text{PO}_4\text{-P})$ är osäkra (R^2 i intervallet 0,04-0,25) och kommenteras därför inte ytterligare i detta resultatkapitel. Sambanden mellan observerad och simulerade halter för $\log(\text{Tot-N})$, $\log(\text{TIN})$, $\log(\text{Tot-P})$ och $\log(\text{PO}_4\text{-P})$ framgår av Figur 5-8.

Den viktigaste variabeln för att förklara N- och P-koncentrationerna var skogstillväxten (Tabell 7). Medelkoefficienterna för $\log(\text{Tot-N})$, $\log(\text{TIN})$ och $\log(\text{Tot-P})$ var 0,17, 0,35 och 0,10. Vid en ökning i tillväxt med $1 \text{ m}^3 \text{sk ha}^{-1}$ motsvarar det ca 50% högre Tot-N, 120% högre TIN, och ca 30% högre Tot-P. Observera att tillväxten uttrycks per hektar avrinningsområde och inte per hektar skogsmark. Andelen myr påverkar därför tillväxtens nivå.

Tall, gran och löv var negativa faktorer i modellerna, medan andel våtmark i avrinningsområdet hade samband med högre koncentration av Tot-N och Tot-P (Tabell 7).

Hyggen var en positiv faktor i en mindre andel av de bästa modellerna. Medelkoefficient för $\log(\text{TIN})$ var 0,71, vilket motsvarar fem gånger högre koncentration vid

100% hygge i avrinningsområdet. För 10% hygge, d.v.s. medel för avrinningsområdena och Sverige, motsvarar detta ca 18% ökade halter av oorganiskt kväve. För Tot-N och Tot-P var medelkoefficienterna 0,34 och 0,08, vilket motsvarar ca 8 respektive 2% ökad koncentration vid 10% hygge i avrinningsområdet.

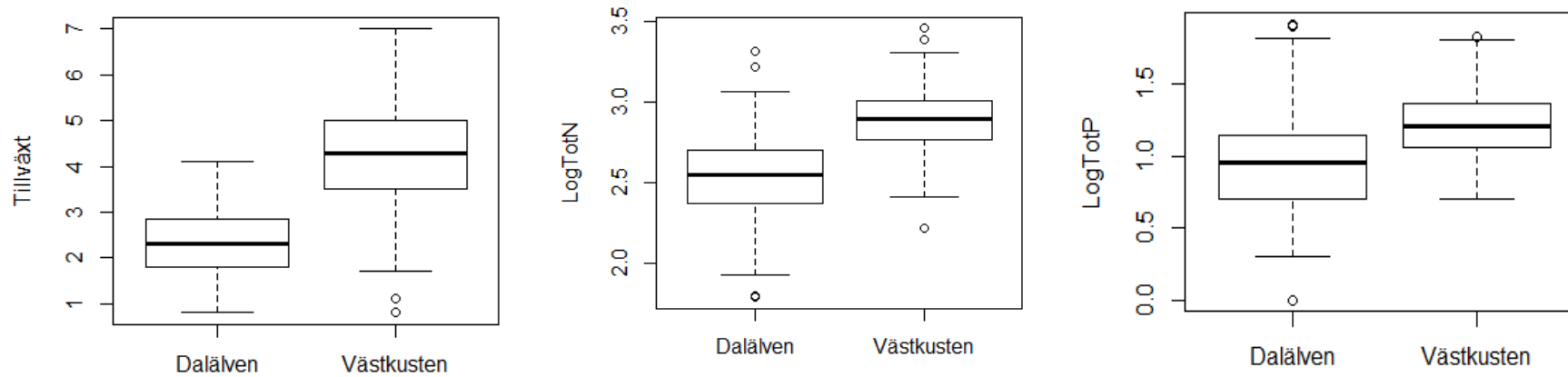
Den områdesvisa modelleringen gav betydligt sämre förklaringsgrad än den kombinerade modelleringen. Det positiva sambandet med tillväxt försvann i Västsverige, medan det fortfarande fanns kvar i Dalälvens avrinningsområde, trots betydande överlapp vad avser tillväxt- och haltintervallen i de båda områdena (Figur 4). Huvuddelen av observationerna (jämför t.ex. 25-75 percentilerna) både vad gäller tillväxt och halter för N och P är dock tydligt skilda från varandra i de båda områdena. Det innebär att modellerna framtagna på data från båda områdena baseras på betydligt större gradienter än då bara data från det ena området används. Linjära modeller, som BMA, kräver tydliga gradienter för att uppnå hög förklaringsgrad (R^2).

Anledningen till att Dalälven uppvisar samband mellan närsalthalter och tillväxt medan Västerhavet inte gör det kan bero på de något bredare haltintervallen för både N och P i det förra området (jämför både 25-75 percentilerna och 10-90 percentilerna i Figur 4). En kompletterande förklaring kan vara att man i Västsverige inte har en lika utpräglad klimatgradient som i Dalälvens avrinningsområde, utan skillnaderna i tillväxt inom detta område i hög grad kan bero på andra orsaker som t.ex. kvävedepositions storlek och markbördigheten i form av t.ex. C/N-kvoten i humusskiktet. Det skulle kunna innebära att det inte är tillväxten i sig som är den faktor som orsakar skillnaderna i N- och P koncentrationer. Det är dock väl klarlagt att både skogens tillväxt och skogsbäckarnas kemi påverkas av klimatet.

När områdena modellerades var för sig försvann även den negativa effekten av tall, gran och lövskog. Att denna effekt finns i modellen för båda regionerna tillsammans kan förklaras av en samspelseffekt mellan tillväxt och trädslagsvariablerna. Exempelvis var tillväxt starkt relaterat till gran i Västsverige, medan något sådant samband inte finns i Dalälvenområdet. Dessutom är tall vanligare i Dalälven och gran vanligare i Västsverige (Tabell 3). En tendens till negativ effekt av blandskogsklasserna (20-50% löv och >70% övrigt) fanns dock kvar för TIN när områdena modellerades var för sig.

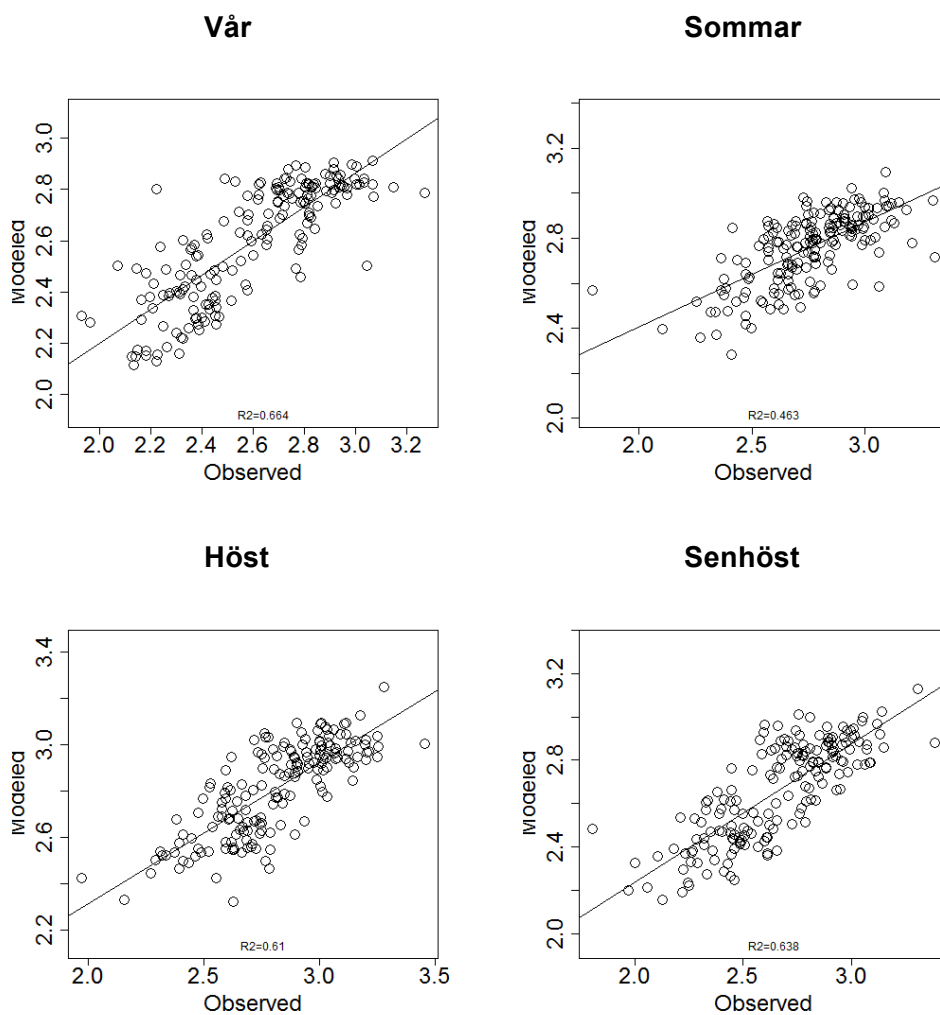
Tabell 7. De bästa modellerna (R^2 och korsvaliderad [CV] R^2 nederst i tabellen) för att skatta typhalterna för Tot-N, TIN, Tot-P och PO₄-P för de fyra säsongerna. (1=vår, 2=sommar, 3=höst, 4= sen höst).

		Log (Tot-N)				Log (TIN)				Log (Tot-P)				Log (PO ₄ -P)			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Intercept	2.81	2.06	2.64	1.67	0.46	-0.19	1.43	1.30	1.21	1.31	0.53	0.44	0.50	0.42	0.36	0.43
Avrinningsområde	Tillväxt_aro (m ³ sk/ha)	0.19	0.15	0.17	0.17	0.53	0.31	0.29	0.29	0.13	0.12	0.09	0.10				0.11
	% hög grunddyta ≥3 m ² /ha_aro		1.20	0.81	2.01		1.77					1.48	2.11		0.75		0.64
	%Låg grunddyta <3 m ² /ha_aro		0.92		1.01	1.60	3.80										
	%hygge_aro		0.60		1.03	1.26	2.14		0.71				0.58				
	%Gran>70%_aro	-1.63	-0.64	-1.36		-2.68		-2.55	-2.24	-1.22	-1.34						-0.83
	%Tall>70%_aro	-1.33		-1.01		-2.07		-1.64	-1.43	-1.03	-0.69						
	%Löv>50%_aro	-1.02		-1.34												-1.57	
	%Löv20-50%_aro	-1.11						-1.77		-2.05	-1.61						
%Övr_aro	-1.18				-2.42												
Buffertzonen	Tillväxt_buff (m ³ sk/ha)																0.06
	%hög grunddyta ≥3 m ² /ha_buff				-0.28								-0.46				
	%Låg grunddyta <3 m ² /ha_buff						-1.11										
	%hygge_buff					0.67						0.57		0.31	0.53	0.37	0.51
	%Gran>70%_buff											0.48					0.61
	%Tall>70%_buff					1.94			0.92								
	R^2	0.66	0.46	0.61	0.64	0.64	0.50	0.37	0.41	0.37	0.29	0.40	0.27	0.04	0.25	0.19	0.16
	CV R^2	0.60	0.36	0.56	0.59	0.56	0.42	0.31	0.31	0.25	0.20	0.33	0.19	0.02	0.16	0.10	0.04



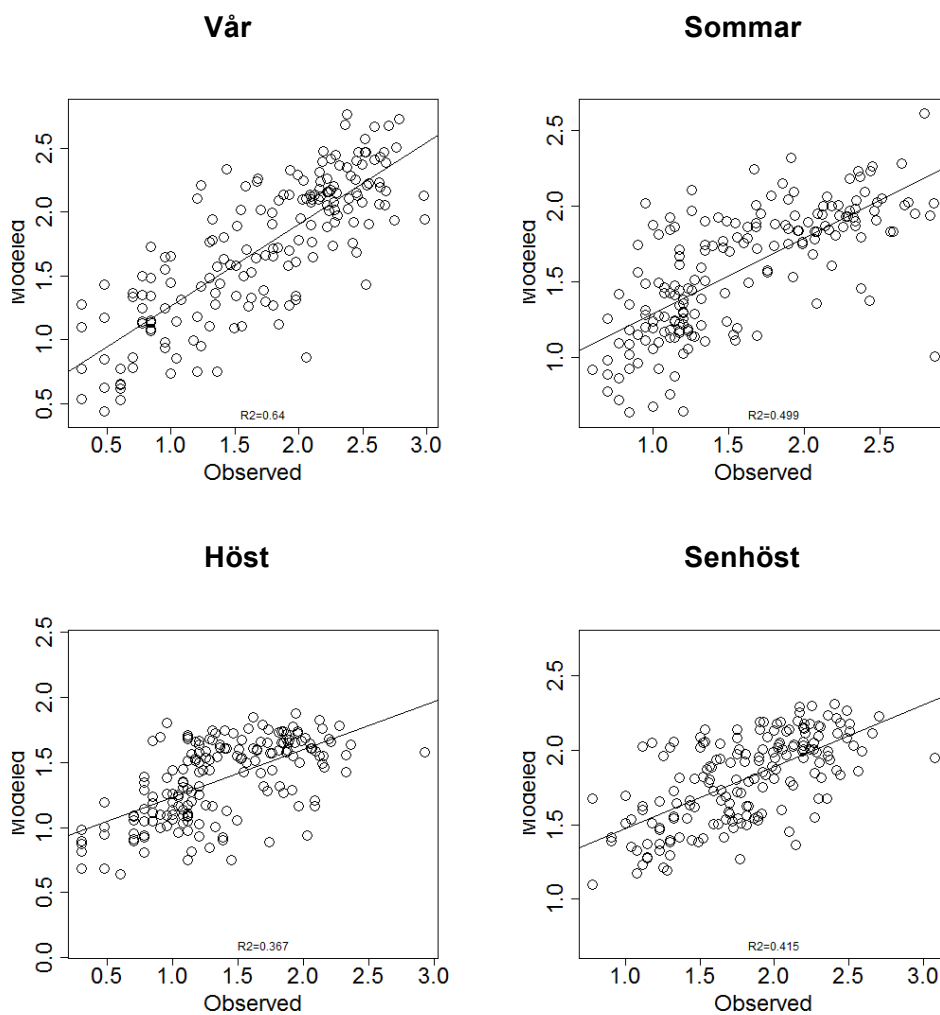
Figur 4. Tillväxt (m³sk/ha, vänster) samt halter för totalkväve (logTN, mitten) och totalfosfor (logTP, höger) i slumpmässigt utvalda bäckar i Dalälvsområdet och Västsverige. Samtliga halter från vår-, sommar-, höst- respektive senhöstinventeringarna ingår i box-diagrammen.

Totalkväve, Tot-N



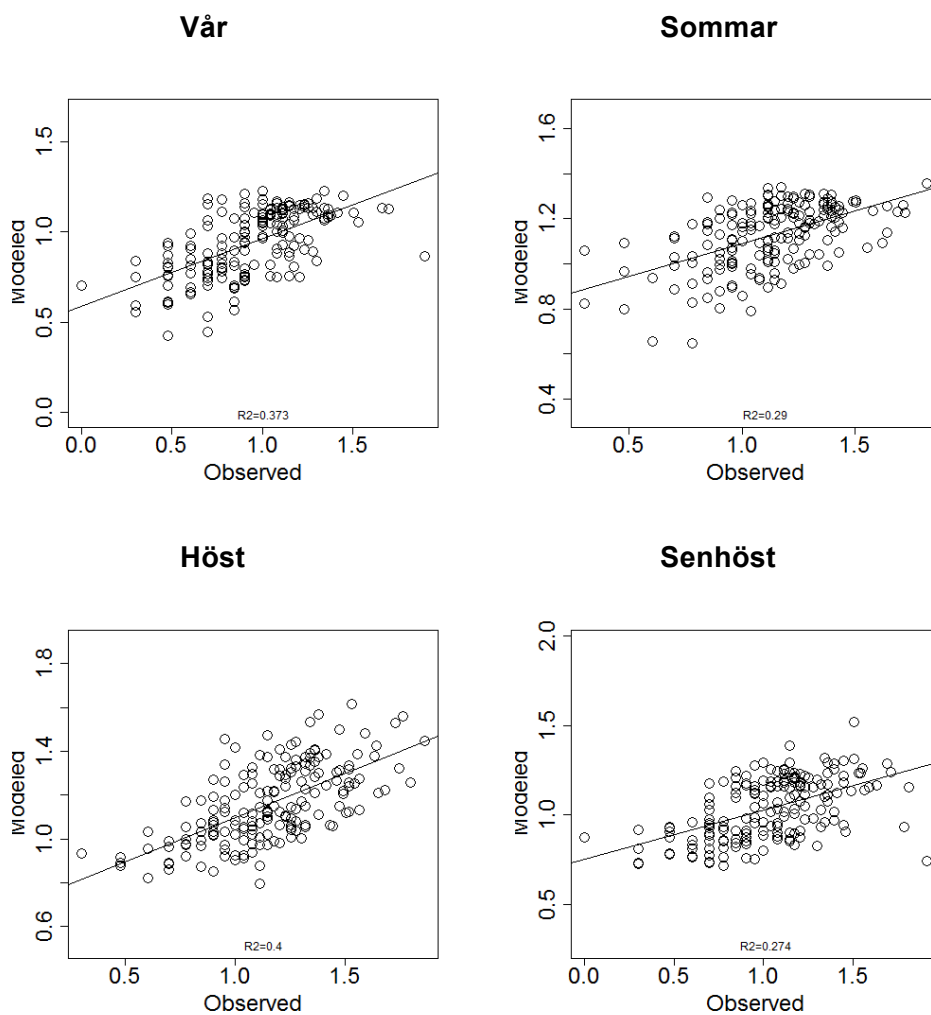
Figur 5. Sambandet mellan observerade och modellerade halter för Tot-N i slumpmässigt utvalda bäckar i Dalälvsområdet och Västsverige vid inventeringarna vår (övre vänstra), sommar (övre högra), höst (nedre vänstra) respektive senhöst (nedre högra).

Oorganiskt kväve, TIN



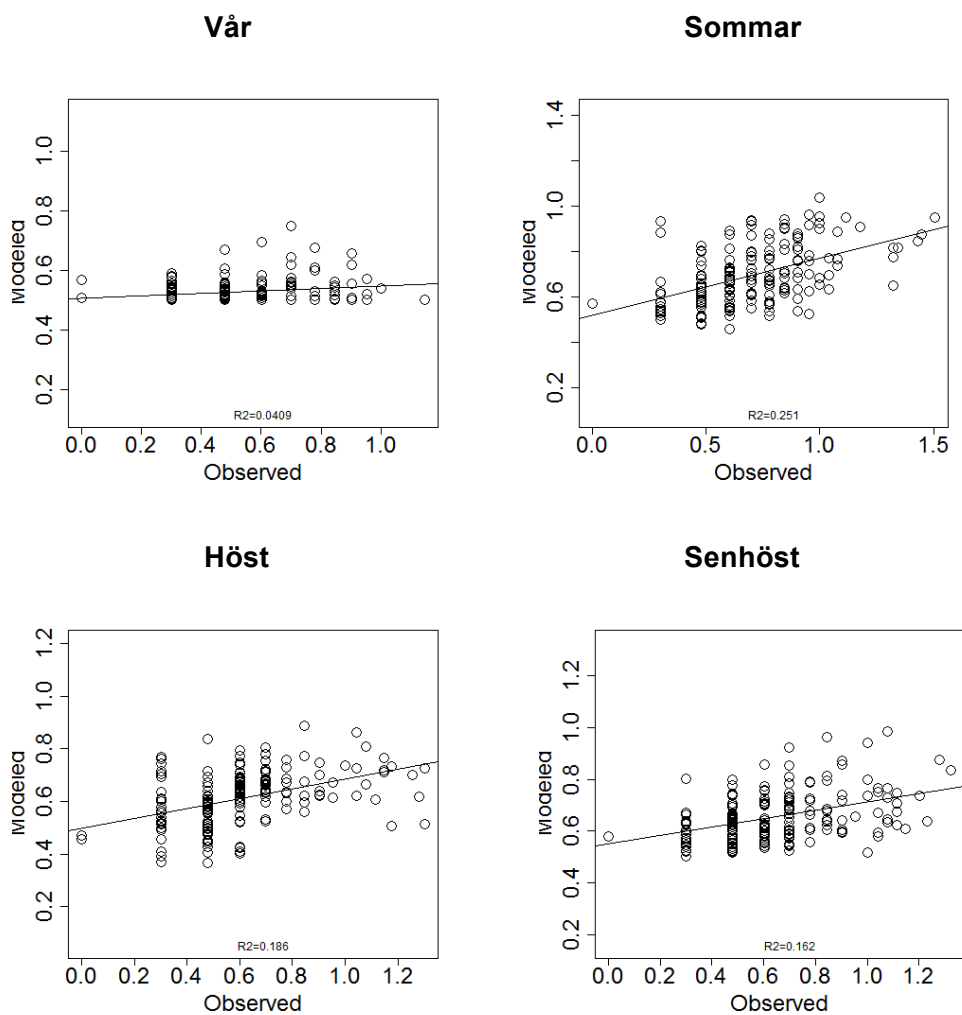
Figur 6. Sambandet mellan observerade och modellerade halter för oorganiskt kväve (TIN) i slumpmässigt utvalda bäckar i Dalälvsområdet och Västsverige vid inventeringarna vår (övre vänstra), sommar (övre högra), höst (nedre vänstra) respektive senhöst (nedre högra).

Totalfosfor, Tot-P



Figur 7. Sambandet mellan observerade och modellerade halter för Tot-P i slumpmässigt utvalda bäckar i Dalälvsområdet och Västsverige vid inventeringarna vår (övre vänstra), sommar (övre högra), höst (nedre vänstra) respektive senhöst (nedre högra).

Fosfatfosfor, PO₄-P



Figur 8. Sambandet mellan observerade och modellerade halter för PO₄-P i slumpmässigt utvalda bäckar i Dalälvsområdet och Västsverige vid inventeringarna vår (övre vänstra), sommar (övre högra), höst (nedre vänstra) respektive senhöst (nedre högra).

Diskussion

Resultaten från denna studie visar att de framtagna modellernas förklaringsgrad är betydligt bättre samtliga säsonger för Tot-N och Tot-P ($R^2_{\text{Tot-N}}=0,46-0,66$ respektive $R^2_{\text{Tot-P}}=0,27-0,40$) än de som användes i norra Sverige inom ramen för PLC5 ($R^2_{\text{Tot-N}}=0,25$ respektive $R^2_{\text{Tot-P}}=0,11$), vilket tyder på att i) det föreligger samband mellan avrinningsområdets egenskaper och N och P halterna och ii) att probabilistisk klassning är en användbar metod för att skatta dessa egenskaper. Även förklaringsgraden för TIN var acceptabel ($R^2_{\text{TIN}}=0,37-0,64$) och vi föreslår att typhalten för Org-N skattas som skillnaden mellan den simulerade halten för Tot-N och TIN ($\text{Org-N} = \text{Tot-N} - \text{TIN}$). Orsaken till detta förslag är att summan av Org-N och Tot-N bör motsvara Tot-P, vilket annars skapar problem för massbalanserna vid källfördelningsmodellering. Av motsvarande skäl föreslås att Res-P beräknas som skillnad mellan simulerad Tot-P och $\text{PO}_4\text{-P}$ ($\text{Res-P} = \text{Tot-P} - \text{PO}_4\text{-P}$) trots att förklaringsgraden för modellerna för $\text{PO}_4\text{-P}$ är låg ($R^2_{\text{PO}_4\text{-P}}=0,04-0,25$). Detta kompenseras dock av de generellt låga halterna $\text{PO}_4\text{-P}$, vilket ger lågt inflytande på Res-P.

Typhalterna inom PLC5 skattades till 373 $\mu\text{g N/l}$ respektive 11 $\mu\text{g P/l}$ (medianvärden) för Dalälven och till antingen 428 eller 522 $\mu\text{g N/l}$ respektive 8 $\mu\text{g P/l}$ i Västsverige (Löfgren et al. 2011, Brandt et al. 2008). Baserat på medianvärdena för Dalälven (Tabell 7) var de uppmätta halterna Tot-N och Tot-P lägre vår och senhöst (36% respektive 23% för Tot-N och 45% för Tot-P), på samma nivå (Tot-P) eller högre sommar och höst (22% respektive 19% för Tot-N). På Västkusten var skillnaderna mot PLC5 betydligt större och de uppmätta halterna Tot-N och Tot-P överskred påtagligt PLC5-halterna samtliga säsonger. Beroende på årstid och baserat på medianhalterna (Tabell 7) varierade överskridandet med 25-140% för Tot-N och med 63-175% för Tot-P.

Studien indikerar följaktligen att PLC5-typhalterna kraftigt undervärderar skogs-läckaget av både Tot-N och Tot-P på Västkusten, medan resultaten från Dalälven indikerar en överskattning vår och senhöst och underskattning sommar och höst med avseende på Tot-N. Med tanke på den vanligtvis höga vattenföringen under vår och senhöst och den därmed kraftiga inverkan på transportberäkningarna (= halt \times vattenföring) finns det all anledning att inför källfördelningsarbetet i PLC6 beakta halternas säsongsvariation och därmed skapa möjligheter att jämfört med PLC5 förbättra skattningarna av N- och P-typhalterna. Typhalterna framtagna inom ramen för PLC5 kan därför inte okritiskt användas för t.ex. källfördelningsmodellering och som underlag för att beräkna N- och P-retention från källa till hav. För det krävs typhalter skapade med modeller som ger bättre precision t.ex. de här redovisade.

Dessutom bör prover insamlas vår, sommar och höst (tidig och sen) från slumpmässigt utvalda skogs- och myrvattendrag i sydöstra Sverige och Norrland för att

förbättrad skattning av den temporala variationen i typhalterna även i dessa delar av landet. Även N- och P-typhalterna i sydöstra Sverige kan antas vara kraftigt underskattade jämfört med de faktiskt förekommande, medan situationen i Norrland kan antas vara det omvända särskilt under vårfloden. Med avseende på Norrland har författarna till denna rapport en ansökan för behandling hos Rymdstyrelsen. För sydöstra Sverige har SMED föreslagit HaV-myndigheten ett projekt, som tyvärr avslogs.

Blickar vi in i framtiden ser vi stora möjligheter att ytterligare förbättra modellernas både rumsliga och tidsmässiga precision och för att använda metodiken över hela Sverige. De förbättringar som krävs är då främst tillgång till enhetliga satellitdata från ett begränsat tidsfönster för framtagande av differensbilder (används för klassning av löv) och probabilistisk klassificering, en höjddatabas med högre rumslig (x-, y- och z-led) upplösning och förnyad simulering av ett virtuellt vattendragsnät alternativt en förbättrad vattendragskarta. Den teknikutveckling som krävs på satellitscen- och höjddatabassidan bör finnas tillgänglig inom en treårsperiod.

Referenser

Brandt, M., Ejhed, H. & Rapp, L. 2008. Näringsbelastningen på Östersjön och Västerhavet 2006. Sveriges underlag till HELCOMs femte Pollution Load Compilation. Naturvårdsverket rapport 5815.

Löfgren, S. Nisell, J., Yu, J. & Ranneby, B. 2011a. Förbättrade skattningar av N- och P-förlusterna från skog, myr och fjäll inför PLC6 – pilotprojekt. SMED Rapport Nr 52:2011, 35 sidor.

Löfgren, S. Nisell, J., Yu, J. & Ranneby, B. 2011b. N- och P-halterna i skog, myr och fjäll våren 2011 i dalälven, Viskan, Ätran, Nissan och Lagan – projekt för att förbättra skattningarna av typhalter inför PLC6. SMED Rapport Nr 100:2011, 31 sidor.

Nisell J., Lindsjö A. & Temnerud J. 2007. Rikstäckande virtuellt vattendrags nätverk för flödesbaserad modellering VIVAN. Institutionen för miljöanalys, SLU rapport 2007:17

Zeugner, S. 2011. Bayesian Model Averaging with BMS for BMS Version 0.3.0. <http://bms.zeugner.eu/tutorials/bms.pdf> (2012-09-13).

Yu J. & Ranneby B. 2007a. Nonparametric and probabilistic classification of agricultural crops using multitemporal images. *Journal of Remote Sensing*, 11(5):748-755.

Yu J. & Ranneby B. 2007b. Nonparametric classification and probabilistic classifiers with environmental and remote sensing applications. In “Asymptotic Theory in Probability and Statistics with Applications”, T-L. Lai, Q-M Shao & L-F. Qian (eds.), International Press, Cambridge, MA, pp. 388-436.