



Svenska MiljöEmissionsData

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

Stefan Löfgren, SLU

Jakob Nisell, SLU

Jun Yu, SLU

Bo Ranneby, SLU

Avtal: 308 1110

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 sommartid i slumpvis utvalda källvattendrag visar dock att kväve och fosforhalter kan avvika kraftigt från långtidsmedelvärdet, med betydligt högre typhalter. 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 kommer mätningar att koncentreras till vår och höst för att studera dynamiken under dessa årstider. Insamlingen sker med hjälp av länsstyrelserna i 200 slumpmässigt utvalda källvattendrag i Dalälven, Viskan, Ätran, Nissan och Lagan. De kemiska analyserna kommer att utföras på vårproverna, medan proverna från hösten kommer att frysas för senare analys.

Innehåll

FÖRORD	3
INNEHÅLL	4
SAMMANFATTNING	5
SUMMARY	7
BAKGRUND	9
SYFTE	11
MATERIAL OCH METODER	12
Klassning av skogstillstånd baserat på satellitdata och RIS	12
Vattenkemisk provtagning och analys	13
Statistiska modeller och aggregering av klasser	14
Avrinningsområdenas karaktärer	16
RESULTAT	19
Skillnader i kväve- och fosforhalter mellan sommar och vår	19
Samband mellan halter och skogstillstånd	24
Totalkväve, Tot-N ($r^2 = 0,59$; $p < 0,0001$)	25
Organiskt bundet kväve, Org-N ($r^2 = 0,33$; $p < 0,0001$)	26
Tot-P ($r^2 = 0,31$; $p < 0,0001$)	27
DISKUSSION	28
REFERENSER	32

Sammanfattning

Inom ramen för ett tidigare pilotprojekt (SMED rapport nr 52 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 sommartid 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 och de modellberäknade typhalterna, som representerar sommarförhållanden, var betydligt högre än de som användes inom PLC5.

Inom ramen för det nya projektet insamlades och analyserades vattenprover våren 2011 från de ca 200 slumpmässigt utvalda källvattendragen i Dalälven och Västsverige. De uppmätta halterna sommar och vår jämfördes och baserat på samma metodik som i det tidigare pilotprojektet skapades modeller för att skatta typhalterna vårtid för Tot-N och Tot-P i bäckvattnet. Utöver detta insamlades vattenprover i september och november 2011 (pågående), men finansiering saknas för de kemiska analyserna.

Resultaten visar att vid vårundersökningen var halterna Tot-N och Tot-P lägre jämfört med under sommarinventeringarna särskilt i Dalälven. Vid vårprovtagningen var medianvärdena i Dalälven drygt hälften av sommarvärdena. I Västsverige var skillnaderna mellan säsongerna betydligt mindre och baserat på medianvärdena var vårhalterna 14 % och 25 % lägre för Tot-N respektive Tot-P. Jämfört med PLC5-typhalterna var de uppmätta vårvärdena ca 35 % och 45 % lägre för Tot-N respektive Tot-P i Dalälvsområdet medan de på Västkusten var 24-51 % högre för Tot-N respektive 62 % högre för Tot-P. Precis som sommarprovtagningen indikerar vårinventeringen följaktligen att PLC5-typhalterna undervärderar skogsläckaget av både Tot-N och Tot-P i Västsverige, medan resultaten från Dalälven istället indikerar en överskattning. Typhalter framtagna med modeller med data enbart från vår och sommar 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.

Även resultaten från vårinventeringen visar att modellernas förklaringsgrad är betydligt bättre än de som användes inom ramen för PLC5, vilket tyder på att det dels föreligger samband mellan avrinningsområdets egenskaper och N- och P-halterna och dels att probabilistisk klassning är en användbar metod för att skatta dessa egenskaper. Modellernas förklaringsgrad för Tot-N och Tot-P var under både sommar- och vårförhållanden ca 60 % respektive 31 %. Modellerna indikerar dock att under våren styrs närsaltförlusterna främst av mängden biomassa i avrinningsområdet medan tillväxten är styrande sommartid.

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 haltvariationen även under hösten och därmed förbättra skattningarna av typhalterna för N och P. Kemisk analys av de inom projektet insamlade höstproverna bör därför finansieras. Dessutom bör liknande inventeringar utföras i Norrland för att förbättra skattningarna av N- och P-förlusterna från skog, myr och fjäll även i denna del av landet.

Summary

As part of an earlier pilot project (SMED Report No. 52 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 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 and the modelled type concentrations, representing summer conditions, were significantly higher than those used in PLC5.

Within this new project, water samples were collected and analyzed in spring 2011 from the 200 randomly selected headwaters of river Dalälven and in western Sweden. The measured summer and spring concentration levels were compared and, based on the same methodology as in the previous pilot project, models were created to estimate the springtime Tot-N and Tot-P type concentrations in stream water. Additionally, water samples were collected in September and November 2011 (in progress), but funding for the chemical analyses are lacking.

The spring survey showed lower Tot-N and Tot-P concentrations than during the summer inventories, especially in the Dalälven area. At spring, the median values were just over half the summer values. In western Sweden, the differences between seasons were much smaller and based on median values the spring concentrations were 14% and 25% lower for Tot-N and Tot-P, respectively. Compared with the PLC5 type concentrations, the spring values in the Dalälven area were about 35% and 45% lower for Tot-N and Tot-P, respectively, while on the West Coast they were 24-51% higher for Tot-N and 62% higher for Tot-P. Similarly to the summer survey, the spring inventory indicates that the PLC5 type concentrations underestimated forest leaching of both Tot-N and Tot-P in Western Sweden, while the results from the Dalälven area instead indicates an overestimate. Type concentrations produced by models with data only from spring and summer cannot be uncritically used for source apportionment modelling and as a basis for estimating N and P retention from the headwaters to the sea. This requires models based on water chemical data from all seasons.

The spring survey also showed that the explanation power of the models is significantly higher than for those used in PLC5, suggesting that there are relations between catchment characteristics and N and P concentrations and that *Probabilistic classifier* is a useful method for estimating these properties. During both summer and spring, the models explained approximately 60% and 31% of the variation for Tot-N and Tot-P, respectively. The models indicate that the nutrient losses are controlled primarily by the amount of biomass in spring, while growth is ruling during summer.

Given the typically high water discharge in spring and autumn and the resulting impact on the nutrient transport calculations (= concentration x discharge), there are good reasons to take into account the spatial concentration variations during fall in the PLC6 source apportionments by improving the N and P type concentrations estimates. The chemical analysis of the project collected autumn samples should therefore be funded. In addition, similar surveys should be conducted in northern Sweden in order to improve the estimates of N and P losses from forest land, peat land and mountain areas also in this part of the country.

Bakgrund

Inom ramen för ett tidigare pilotprojekt (Löfgren et al. 2011) har data från riksinventeringen av skog (RIS) och satellitscener använts för att med den statistiska metoden Probabilistic Classifier (Yu & Ranneby, 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 ($r^2=0,60$) och Tot-P ($r^2=0,31$, Löfgren et al. 2011) 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.

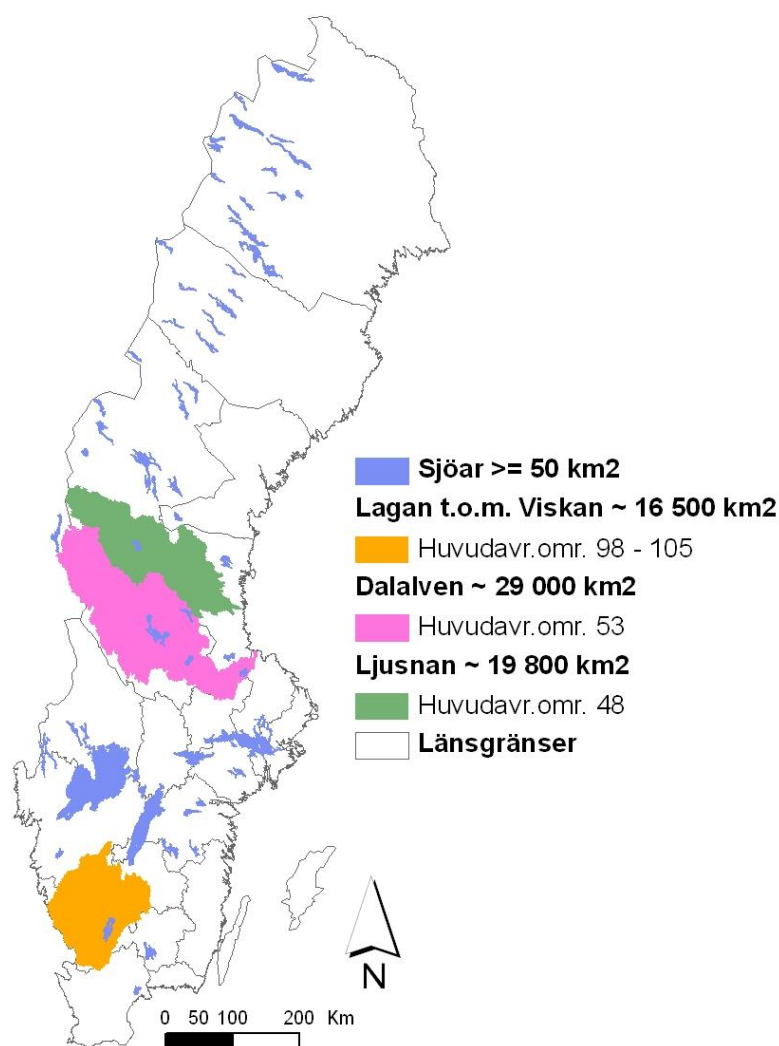
De modellberäknade typhalterna, som representerar sommarförhållanden, var betydligt högre än de som användes inom PLC5 (Löfgren et al. 2011). Orsaken till detta är att närsalthalterna i skogs- och myrbäckar var betydligt högre sommartid än medel- och medianvärden från längre tidsperioder, som även innehåller säsongs- och mellanårlig variation. Typhalterna baserade på 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 markslagens 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/allanyheter/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.

Våren 2011 insamlades 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 samma metodik som beskrivs i Löfgren et al. (2011). Resultaten från vårinventeringen 2011 utgör grunden för denna utvärdering.

Utöver vårstudien har Naturvårdsverket finansierat insamlandet av vattenprover vid två tillfällen hösten 2011 från de ca 200 slumpmässigt utvalda skogsvattendragen. Den första provtagningen skedde i september 2011, medan den andra utförs i november 2011. Provtagningen har som syfte att komplettera tidigare sommar- och vårprovtagningar för att bättre täcka in den säsongsmässiga variationen i skogs-, myr- och fjällvatten. Finansiering av de vattenkemiska analyserna saknas ännu (ansökan ligger hos SMED som för samtal med Naturvårdsverket och Havs- och vattenmyndigheten) och endast provtagningen ingår i detta projekt.

Syfte

Syftet med detta projekt är att i Fas I komplettera befintliga sommarprovtagningar från Dalälven, Viskan, Ätran, Nissan och Lagan med provtagning och kemisk analys av bäckvatten insamlade under våren 2011 och att utveckla modeller för att skatta typhalter för N och P som täcker in vårförhållandena i dessa områden. Syftet med Fas II är att komplettera vår- och sommarstudierna med provtagning tidig höst och sen höst, vilket säkerställer att säsongsdynamiken i dessa områden kan belysas. Kostnadstäckning för kemiska analyser av dessa prover söks från olika potentiella finansiärer.



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 provytor (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 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 vattendraget i 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 vattendraget i Dalälven. 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. (2011).

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.

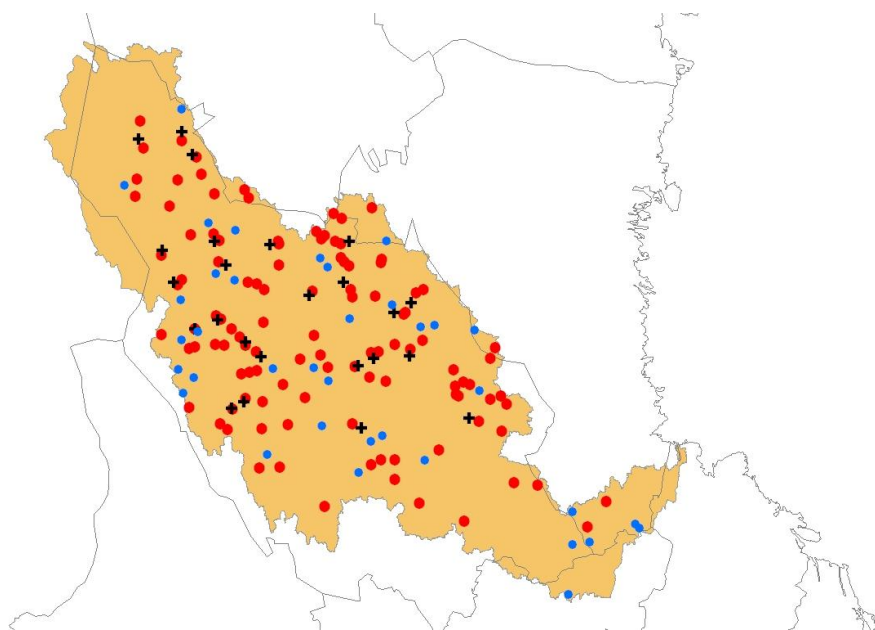
Grundyta*	= 0		(0, 3)		≥ 3	
			Tall ≥ 70 %	Annat		
Skog i myrmask			20	21		
Myr i myrmask	22	23	24	25		
Myr i skogsmask	27**		28**	26		

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

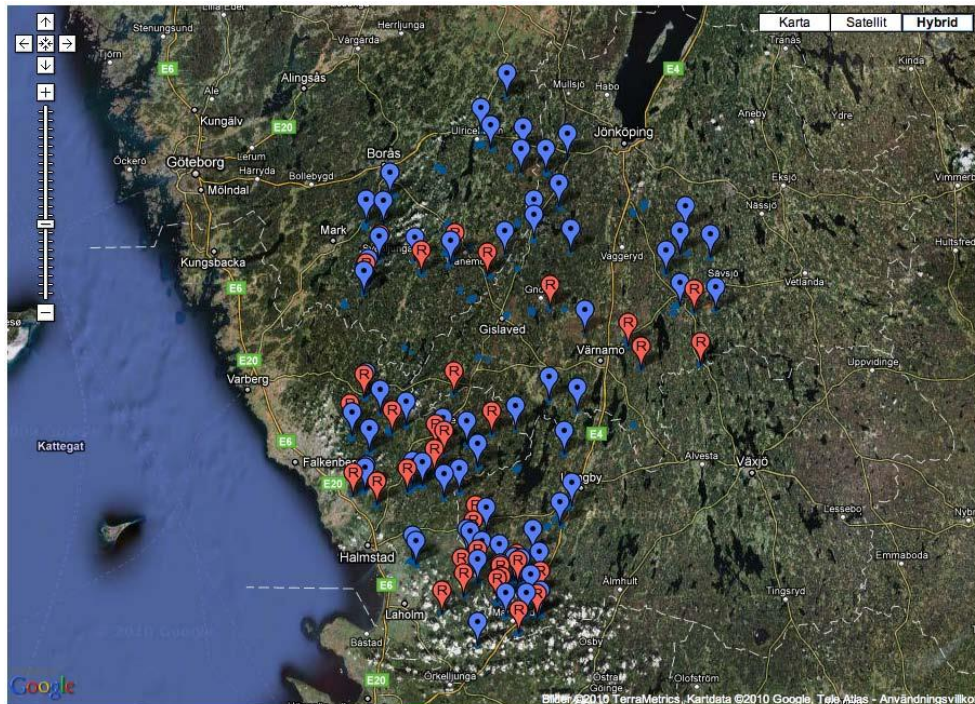
**Endast i Dalälven

Vattenkemisk provtagning och analys

Vårproverna från de ca 200 slumpmässigt utvalda vattendragen (Löfgren et al. 2011) insamlades mellan den 4 och 7 april 2011 i Viskan, Ätran, Nissan och Lagan och mellan den 2 och 5 maj 2011 i Dalälven. 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. (2011). Vattenproverna skickades till laboratoriet samma dag som de insamlades. I likhet med 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. 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. Modellerna skapades utgående från logaritmerade (10 som bas) halter med stegvis linjär regression (JMP 9.0.0). Endast statistiskt signifikanta ($p < 0,05$) parametrar har tillåtits ingå i modellerna. Inga modeller skapades för de oorganiska N- och P-fraktionerna dels p.g.a. av att dessa variabler uppvisat egenskaper som strider mot modellantagandena (Löfgren et al. 2011), dels p.g.a. mycket stora likheter mellan sommar- och vårprovtagningarna (se Resultat).

För att uppnå jämförbarhet med modellerna baserade på sommarvärden (Löfgren et al. 2011) är de 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 oberoende 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)

I likhet med data från sommarinventeringen är modellerna baserade på 14 klasser aggregerade från de 56 skogs- och myrklasserna (28*2 klasser) enligt Tabell 2. Löfgren et al. (2011) visade att 14 klasser gav bättre förklaringsgrad än då de ursprungliga 56 klasserna användes. 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 148 av de ursprungliga 209 skogsbäckarna med 61 från Dalälven och 87 från Västsverige. Vid sommarinventeringen användes 146 vattendrag eftersom två extremt avvikande värden (outliers) togs bort, ett från varje område.

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 grundyta <3_aro	=(kl 19+22+23+27_aro)/aroarea	%
%Hög grundyta ≥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 grundyta <3_buff	=(kl 19+22+23+27_buff)/area buffertzonen	%
%Hög grundyta ≥3_buff	=(kl 20+21+24+25+26+28_buff)/area buffertzonen	%
%hygge_buff	=hygge/area buffertzonen	%

*Löfgren et al (2010) 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 Västkustbäckarna. Skillnaderna i biomassa och tillväxt är påtaglig mellan Dalälven och Västsverige, med i medeltal ca tre gånger så hög biomassa och 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.

Parameter		Dalälven n=60	Västsverige n=86
Aroarea (ha)	Min	106	24
	Median	203	108
	Max	620	315
	Mean	216	118
	CV	37	45
Höjd över havet (m)	Min	66	53
	Median	342	163
	Max	667	326
	Mean	356	175
	CV	37	34
biomassa_aro (ton/ha)	Min	885	19868
	Median	32480	96323
	Max	54929	150316
	Mean	32451	94710
	CV	34	24
tillvaxt_aro (m3sk/ha)	Min	0,8	0,7
	Median	2,5	4,3
	Max	4,1	7,0
	Mean	2,5	4,2
	CV	31	27
%Tall≥70%_aro	Min	11 %	2 %
	Median	26 %	11 %
	Max	66 %	30 %
	Mean	28 %	11 %
	CV	45	48
%Gran≥70%_aro	Min	1 %	1 %
	Median	10 %	22 %
	Max	28 %	63 %
	Mean	11 %	23 %
	CV	62	49
%Övr_aro	Min	2 %	2 %
	Median	9 %	8 %
	Max	18 %	25 %
	Mean	9 %	9 %
	CV	43	48
%Löv 20-50%_aro	Min	6 %	2 %
	Median	14 %	12 %
	Max	32 %	26 %
	Mean	15 %	13 %
	CV	34	35
%Löv>50%_aro	Min	2 %	0 %
	Median	5 %	4 %
	Max	12 %	28 %
	Mean	5 %	6 %
	CV	42	89
%Låg grundyta <3 m ² /ha_aro	Min	1 %	1 %
	Median	8 %	5 %
	Max	20 %	77 %
	Mean	9 %	9 %
	CV	52	136
%Hög grundyta ≥3 m ² /ha_aro	Min	4 %	2 %
	Median	11 %	14 %
	Max	41 %	36 %
	Mean	13 %	15 %
	CV	56	41
%hygge_aro	Min	0 %	0 %
	Median	8 %	11 %
	Max	43 %	46 %
	Mean	9 %	13 %
	CV	90	76

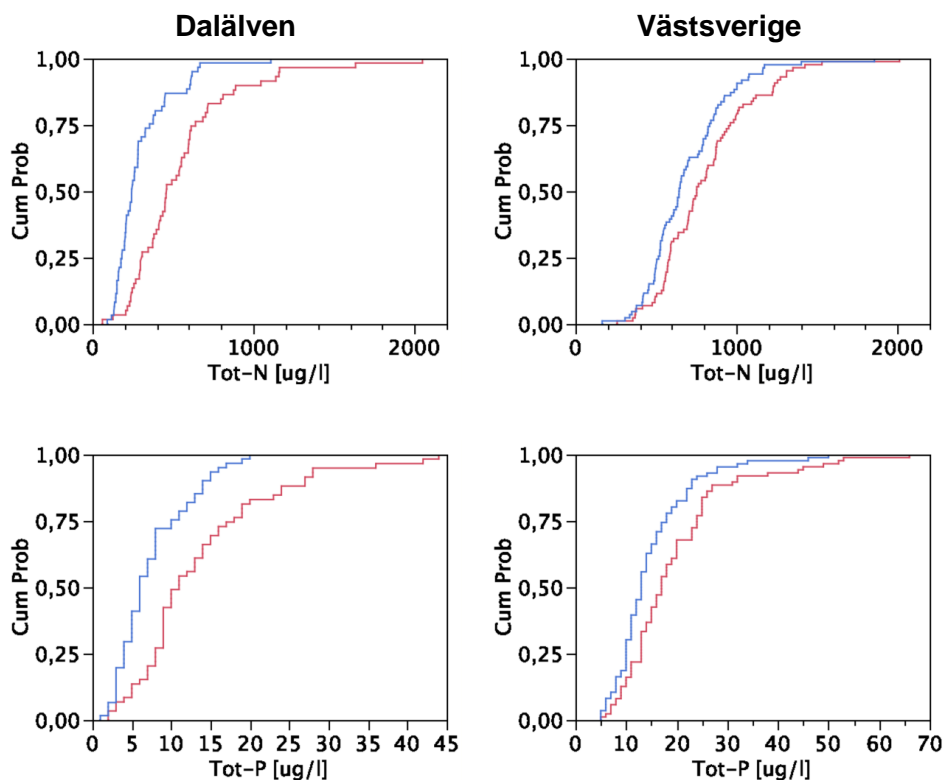
Tabell 4. Egenskaper i buffertzonerna till skogsbäckarna i Dalälven respektive Viskan, Ätran, Nissan och Lagan (Västsverige) för de parametrar som använts för att skapa modellerna.

Parameter		Dalälven n=60	Västsverige n=86
Buffertarea (ha)	Min	7,6	0,1
	Median	9,8	1,4
	Max	22,1	4,6
	Mean	10,5	1,6
	CV	24	68
biomassa_buff (ton/ha)	Min	0	18373
	Median	36124	103388
	Max	59880	171706
	Mean	34212	102977
	CV	40	36
tillvaxt_buff (m3sk/ha)	Min	0,0	0,6
	Median	2,5	4,6
	Max	4,3	8,2
	Mean	2,4	4,6
	CV	37	38
%Tall≥70%_buff	Min	3 %	0 %
	Median	16 %	8 %
	Max	51 %	28 %
	Mean	18 %	10 %
	CV	54	76
%Gran≥70%_buff	Min	1 %	0 %
	Median	11 %	16 %
	Max	46 %	80 %
	Mean	13 %	20 %
	CV	74	88
%Övr_buff	Min	2 %	0 %
	Median	8 %	7 %
	Max	19 %	63 %
	Mean	9 %	9 %
	CV	54	106
%Löv 20-50%_buff	Min	5 %	0 %
	Median	21 %	16 %
	Max	43 %	74 %
	Mean	22 %	19 %
	CV	33	76
%Löv>50%_buff	Min	2 %	0 %
	Median	8 %	4 %
	Max	36 %	64 %
	Mean	10 %	9 %
	CV	68	150
%Låg grundyta <3 m ² /ha_buff	Min	0 %	0 %
	Median	9 %	2 %
	Max	31 %	76 %
	Mean	11 %	6 %
	CV	80	196
%Hög grundyta ≥3 m ² /ha_buff	Min	2 %	0 %
	Median	16 %	14 %
	Max	53 %	82 %
	Mean	19 %	17 %
	CV	59	85
%hygge_buff	Min	0 %	0 %
	Median	4 %	1 %
	Max	62 %	79 %
	Mean	7 %	10 %
	CV	145	161

Resultat

Skillnader i kväve- och fosforhalter mellan sommar och vår

Baserat på data från båda områdena indikerar inventeringarna att det förelåg statistiskt signifikant (Kolmogorov Smirnov test, $p \leq 0,01$) lägre halter vår jämfört med sommar för samtliga variabler. Figur 3 visar hur halterna Tot-N och Tot-P fördelade sig vid sommar- och vårinventeringarna i Dalälven och Västsverige. Tabell 5 visar halterna sommar och vår i dessa båda områden för övriga närsaltvariabler inklusive pH och TOC.



Figur 3. Kumulativ frekvensfördelning för Tot-N och Tot-P i slumpmässigt utvalda bäckar i Dalälvsområdet och Västsverige vid sommar- (röd linje) respektive vårinventeringarna (blå linje).

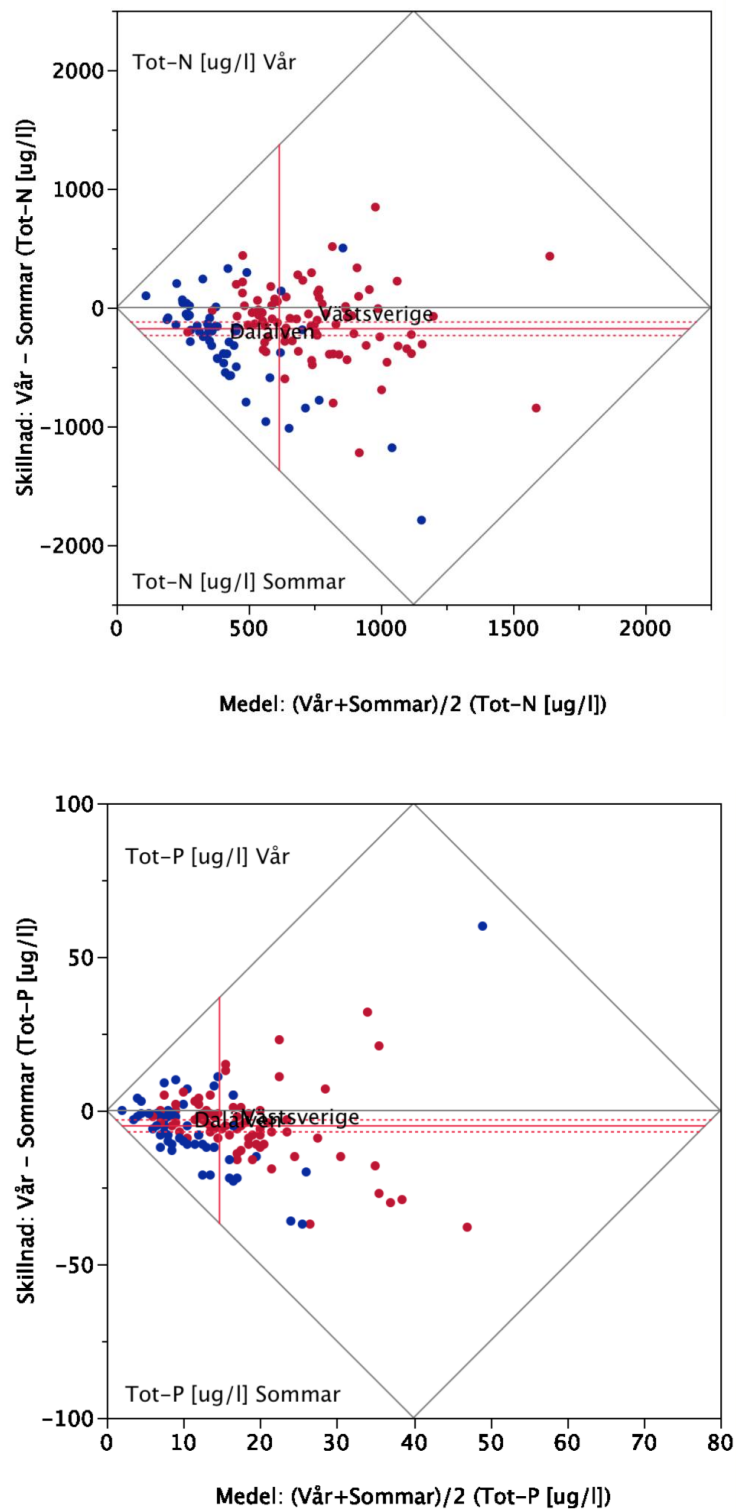
Tabell 5. Vattenkemin i de slumpmässigt utvalda bäckarna i avrinningsområdena till Dalälven, Viskan, Ätran, Nissan och Lagan (Västsverige) vid sommar- och vårinventeringarna.

Parameter		Dalälven		Västsverige	
		Sommar n=60	Vår n=61	Sommar n=86	Vår n=87
pH	Min	4,31	4,85	4,41	4,22
	Median	5,81	6,16	5,44	4,77
	Max	6,90	6,88	7,54	6,76
	Mean	5,72	6,11	5,63	4,91
	CV	13	8	13	10
TOC [mg/l]	Min	2,6	2,5	8,0	6,3
	Median	23,7	9,4	25,1	17,2
	Max	58,3	27,9	51,7	30,9
	Mean	24,3	10,2	27,1	18,4
	CV	50	50	36	32
Tot-N [ug/l]	Min	62	92	259	166
	Median	461	244	753	645
	Max	2050	1108	2013	1857
	Mean	552	301	810	694
	CV	63	61	37	38
Org-N [ug/l]	Min	56	83	236	149
	Median	440	207	605	462
	Max	1779	593	1729	927
	Mean	509	236	654	466
	CV	61	44	39	31
NO3-N [ug/l]	Min	1	1	2	5
	Median	5	19	52	136
	Max	719	951	616	557
	Mean	30	59	81	162
	CV	332	226	126	70
NH4-N [ug/l]	Min	3	1	2	1
	Median	9	1	23	39
	Max	255	65	569	775
	Mean	14	5	75	65
	CV	231	193	156	143
Tot-P [ug/l]	Min	2	1	5	5
	Median	11	6	17	13
	Max	44	20	66	50
	Mean	14	8	20	15
	CV	67	61	57	54
Res-P [µg/l]	Min	0	-1	3	2
	Median	7	3	10	10
	Max	39	11	44	45
	Mean	9	4	12	11
	CV	81	83	58	61
PO4-P [ug/l]	Min	2	2	2	1
	Median	4	3	6	3
	Max	21	14	32	9
	Mean	5	4	8	4
	CV	64	58	72	48

Vid jämförelsen av fördelningarna sommar och vår (Kolmogorov Smirnov testet) för respektive variabel och område utnyttjar man inte möjligheten att parvis jämföra halterna sommar respektive vår i varje enskilt vattendrag, vilket ger en mycket säkrare statistisk bedömning av eventuella haltskillnader. Figur 4 visar de parvisa haltskillnaderna (vår-sommar) mot medelhalten ($[\text{vår}+\text{sommar}]/2$) i varje vattendrag för Tot-N i Dalälven och Västsverige vid sommar- respektive vårinventeringarna. Analysen visar att majoriteten vattendrag hade lägre halter Tot-N och Tot-P under våren jämfört med på sommaren (värdena på y-axeln <0) men att det i tämligen många bäckar var högre närsalthalter under våren (värdena på y-axeln >0). Man kan också konstatera att skillnaden i halter mellan vår och sommar ökar med ökande medelhalt d.v.s. bäckar med höga halter Tot-N och Tot-P tenderar att uppvisa större skillnader mellan vår och sommar jämfört med vattendrag med låga halter. Denna slutsats förefaller vara oberoende av om halterna minskar eller ökar mellan vår- och sommarinventeringarna (Figur 4). Man kan också konstatera att bäckarna i Dalälven förefaller uppvisa större haltskillnader Tot-N och Tot-P mellan vår och sommar jämfört med i Västsverige, medan medelhalterna generellt förefaller högre i det senare området.

För att undvika subjektiv bedömning har sannolikheten testats för om det föreligger skillnader i halter mellan vår- och sommarprovtagningarna samt om halterna under vårinventeringen varit högre eller lägre än vid sommarprovtagningen. De vattendragsvis, parvisa jämförelserna mellan vår och sommar (Matched pairs, JMP 9.0.0) indikerar att för variablerna med koppling till organiskt material (TOC, Tot-N, Org-N och Tot-P) förelåg skillnader i halter mellan vår och sommarprovtagningarna både i Dalälven och Västsverige och att i huvudsak lägre halter förelåg vid vårprovtagningen (Tabell 6). För de oorganiska N- och P-fraktionerna ($\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ och $\text{PO}_4\text{-P}$) var det endast i undantagsfall ($\text{NO}_3\text{-N}$ och $\text{PO}_4\text{-P}$ i Västsverige) som några statistiska skillnader konstaterades (Tabell 6).

Analysen visar även att med undantag för $\text{NH}_4\text{-N}$ och Tot-P var skillnaderna i halter mellan vår och sommar olika ($p<0.05$) för Dalälven respektive Västsverige samt att medelhalterna vår och sommar var olika för samtliga variabler mellan de båda områdena (Tabell 7). Närsaltfraktionerna (Tot-N, Org-N och Res-P) med koppling till organiskt material (TOC) uppvisade betydligt större skillnader mellan vår och sommar i Dalälven än i Västsverige d.v.s. halterna minskade betydligt mer i Dalälven (Tabell 5 och Figur 4). Minskningen i halten Tot-N mellan sommar och vår var i Dalälven t.ex. 127-274 $\mu\text{g N/l}$ (25-percentil till 75-percentil) medan motsvarande minskning var 71-127 $\mu\text{g N/l}$ i Västsverige. För Tot-P var motsvarande minskning 4-8 $\mu\text{g P/l}$ och 3-6 $\mu\text{g P/l}$ i respektive område.



Figur 4. Parvisa haltskillnader (vår-sommar) mot medelhalten ($[\text{vår}+\text{sommar}]/2$) i varje vattendrag för Tot-N (övre) och Tot-P (nedre) i Dalälven (blå punkter) och Västsverige (röda punkter) vid sommar- respektive vårinventeringarna.

Tabell 6. Sannolikheten (Matched pairs, JMP 9.0.0) för skillnader i halter mellan vår- och sommar i de slumpmässigt utvalda bäckarna i Dalälven, Viskan, Ätran, Nissan och Lagan (Västsverige) samt för om halterna under vårinventeringen varit högre eller lägre än vid sommarprovtagningen. ns = ej signifikant ($p > 0.05$)

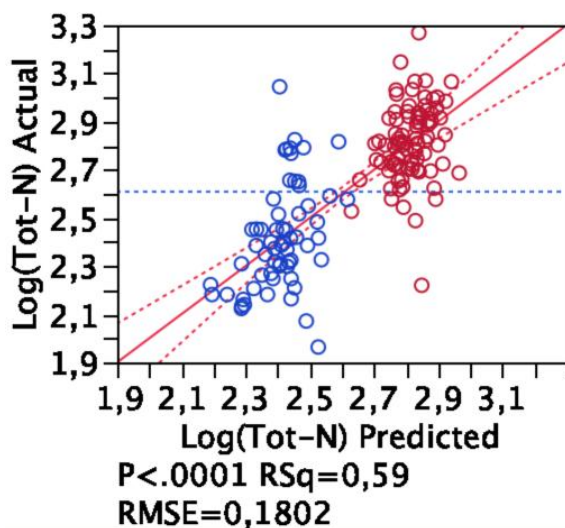
Variabel	Område	Vår skild från sommar ($p > t $)	Vår högre än sommar ($p > t$)	Vår lägre än sommar ($p < t$)
pH	Dalälven	<0.001	<0.001	ns
	Västsverige	<0.001	ns	<0.001
TOC	Dalälven	<0.001	ns	<0.001
	Västsverige	<0.001	ns	<0.001
Tot-N	Dalälven	<0.001	ns	<0.001
	Västsverige	<0.001	ns	<0.001
Org-N	Dalälven	<0.001	ns	<0.001
	Västsverige	<0.001	ns	<0.001
NO ₃ -N	Dalälven	ns	ns	ns
	Västsverige	<0.001	<0.001	ns
NH ₄ -N	Dalälven	ns	ns	ns
	Västsverige	ns	ns	ns
Tot-P	Dalälven	<0.01	ns	<0.01
	Västsverige	<0.001	ns	<0.001
Res-P	Dalälven	<0.01	ns	<0.01
	Västsverige	ns	ns	ns
PO ₄ -P	Dalälven	ns	ns	ns
	Västsverige	<0.001	ns	<0.001

Tabell 7. Sannolikheten (Matched pairs, JMP 9.0.0) för att skillnaderna i halter mellan sommar- och vårinventeringarna i de slumpmässigt utvalda bäckarna är olika i Dalälven och Västsverige (Viskan, Ätran, Nissan och Lagan) samt för om medelhalten vår och sommar är olika mellan bäckarna i de båda områdena. ns = ej signifikant ($p > 0.05$)

Variabel	Haltskillnaderna mellan vår och sommar olika för Dalälven och Västsverige ($p > F$)	Medelhalten vår och sommar olika för Dalälven och Västsverige ($p > F$)
pH	<0.001	<0.001
TOC	<0.001	<0.001
Tot-N	<0.01	<0.001
Org-N	<0.05	<0.001
NO ₃ -N	<0.05	<0.001
NH ₄ -N	ns	<0.001
Tot-P	ns	<0.001
Res-P	<0.05	<0.001
PO ₄ -P	<0.001	<0.01

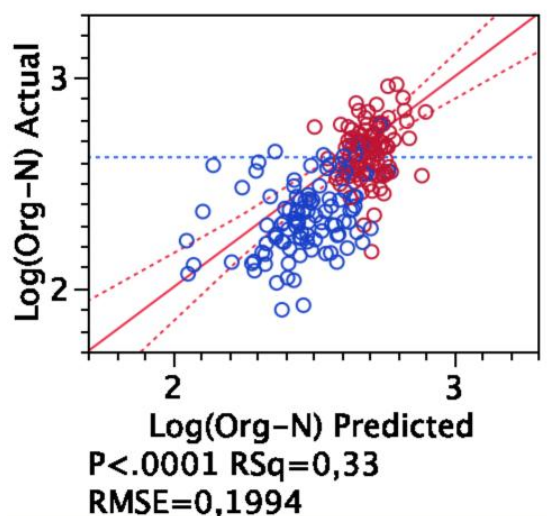
Samband mellan halter och skogstillstånd

För Tot-N, Org-N och Tot-P, dvs de variabler som uppvisat signifikanta skillnader mellan vår- och sommarvärden både i Dalälven och Västsverige (Tabell 6), har modeller skapats baserat på mätdata från vårinventeringen. Modellen för varje variabel beskrivs och tolkas på en sida med onummerade figurer och tabeller. För varje variabel visas en graf över sambandet mellan uppmätt och predikterad ämneshalt (log) samt en tabell med de parametervärden som krävs för att konstruera modellen. Halterna (y) i modellen är uttryckta i $\mu\text{g/l}$. Eftersom ämneshalterna är logaritmerade krävs antilogaritmering innan de faktiska halterna erhålls. I graferna har det lagts in en heldragen röd linje, vilket motsvarar 1:1-linjen. Blå cirklar motsvarar resultaten från Dalälven medan bäckarna på Västkusten representeras av röda cirklar.

Totalkväve, Tot-N ($r^2 = 0,59$; $p < 0,0001$) - vårprovtagning**Variabelvärden för $y = \text{Log}(\text{Tot-N})$**

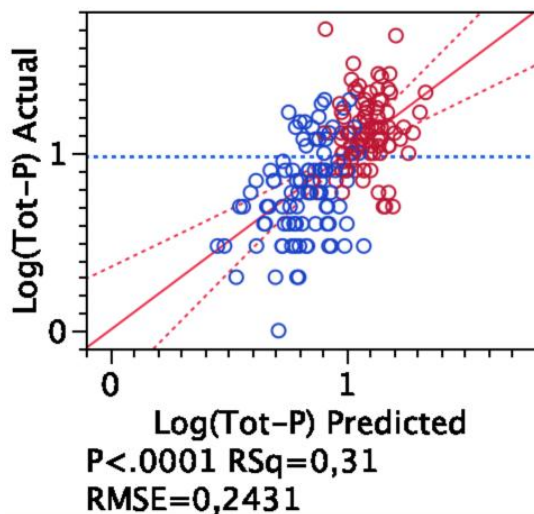
Variabel (x)	β	Prob> t
Intercept	2,3501477	<,0001*
Biomassa_aro (ton/ha)	7,1046e-6	<,0001*
%hygge_10år_aro	0,5013365	0,0013*
%Tall \geq 70% (kl 1+7+13)_aro	-0,308139	0,0257*
%Gran \geq 70% (kl 2+8+14)_aro	-0,598893	0,0056*
%Övr \geq 70% (kl 3+9+15)_aro	-1,112301	0,0054*
%Löv>50% (kl 5+6+11+12+17+18)_aro	-0,81468	0,0218*
%Låg grundyta <3 (kl 19+22+23+27)_aro	0,5138907	0,0029*

Baserad på data från vårinventeringen ger Tot-N modellen ungefär samma förklaringsgrad som modellen från sommarprovtagningarna, 59 % respektive 60 % (Löfgren et al. 2011). De positiva termerna i de båda modellerna är dock olika med biomassa och tillväxt som de kvantitativt mest betydelsefulla variablerna vår respektive sommar. Detta indikerar att kväveförlusterna under våren, innan tillväxten kommit igång ordentligt, styrs av hur stor virkesvolym det finns i avrinningsområdet, medan det på sommaren främst är områdenas bördighet (bonitet) som styr kväveläckaget. Hög virkesvolym indikerar stor andel medelålders och äldre skog medan hög tillväxt indikerar något yngre skog på bördiga marker. Det bör i detta sammanhang påpekas att en betydande del av kväveförlusterna utgörs av Org-N (Tabell 5). Vid vårinventeringen förklarade biomissan ca 44 % av variationen. Hög andel skog (i stort sett alla skogsklasser) utgör negativa termer i modellerna för både vår och sommar, vilket indikerar att andra markslag läcker mer kväve än ren skogsmark. Vid vårinventeringen framgår detta av att både andelen hygge och myr med låg grundyta är positiva termer. Intressant att notera är att skogstillståndet i buffertzonen inte förefaller påverka halterna av Tot-N under våren, vilket skiljer sig från sommarprovtagningen då 7 % av haltvariationen förklarades av sådana variabler (Löfgren et al. 2011).

Organiskt bundet kväve, Org-N ($r^2 = 0,33$; $p < 0,0001$) - vårprovtagning**Variabelvärden för $y = \text{Log}(\text{Org-N})$**

Variabel (x)	β	Prob> t
Intercept	1,9251775	<,0001*
tillvaxt_aro (m3sk/ha)	0,0976205	<,0001*
%hygge_10år_aro	0,7398557	<,0001*
%Låg grundyta <3 (kl 19+22+23+27)_aro	0,8800674	<,0001*
%Hög grundyta ≥ 3 (kl 20+21+24+25+26+28)_aro	1,3818367	<,0001*

Baserad på data från vårinventeringen ger Org-N modellen något sämre förklaringsgrad än vad modellen från sommarprovtagningarna gav, 33 % respektive 40 % (Löfgren et al. 2011). Jämfört med Tot-N (59 %) är förklaringsgraden betydligt lägre, vilket visar att oorganiskt N (summan $\text{NH}_4\text{-N}$ och $\text{NO}_3\text{-N}$) har betydelse för halten Tot-N. Till skillnad från Tot-N visar modellen för Org-N att tillväxten är en positiv term, vilket indikerar att Org-N är kopplad till nedbrytningen av tämligen nyproducerat organiskt material. Även hyggen och myrmark (oberoende av grundyta) utgör andra positiva termer i Org-N modellen. Det är väl känt att hyggen och myrmark läcker organiskt material och Org-N. Modellen förefaller överskatta halten Org-N vid uppmätta halter under ca $500 \mu\text{g N/l}$ d.v.s. i många av Dalälvens bäckar, som uppvisar de lägsta koncentrationerna.

Tot-P ($r^2 = 0,31$; $p < 0,0001$) - vårprovtagning**Variabelvärden för $y = \text{Log}(\text{Tot-P})$**

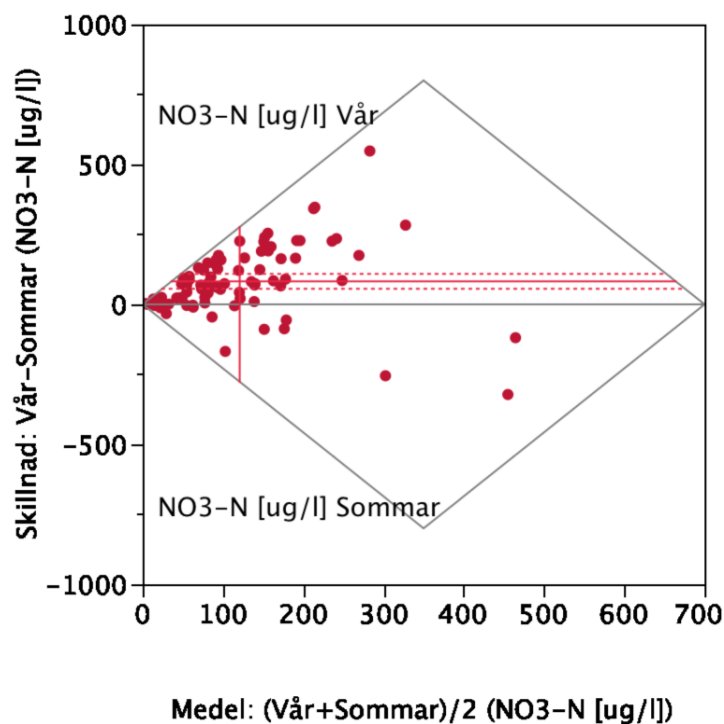
Variabel (x)	β	Prob> t
Intercept	1,177072	<,0001*
Biomassa_aro (ton/ha)	2,6068e-6	0,0001*
%Tall \geq 70% (kl 1+7+13)_buff	-0,644575	0,0091*
%Löv 20-50% (kl 4+10+16)_aro	-2,166064	<,0001*

Baserad på data från vårinventeringen ger Tot-P modellen samma förklaringsgrad 31 % som modellen från sommarprovtagningarna (Löfgren et al. 2011). De positiva termerna i de båda modellerna är dock i likhet med för Tot-N i hög grad olika med biomassa och tillväxt som de kvantitativt mest betydelsefulla variablerna vår respektive sommar. Vid vårinventeringen förklarade biomassa ca 12 % av variationen för Tot-P. Avrinningsområden med tämligen stort inslag av löv (20-50 %) indikerande tämligen ung, ogallrad skog och buffertzoner dominerade av tall förefaller ge upphov till något lägre fosforläckage.

Diskussion

Resultaten från vårundersökningen indikerar precis som de tidigare sommarinventeringarna att modellernas förklaringsgrad är betydligt bättre än de som användes i norra Sverige inom ramen för PLC5 ($r^2=0,25$ respektive ($r^2=0,11$), 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.

Modellernas förklaringsgrad för Tot-N ($r^2=0,59$) och Tot-P ($r^2=0,31$) vid vårinventeringen är likvärda med de som modellerna från sommarprovtagningen gav ($r^2_{\text{Tot-N}}=0,60$ och $r^2_{\text{Tot-P}}=0,31$). Modellerna indikerar dock att närsaltförlusterna främst styrs av mängden biomassa i avrinningsområdet under våren medan tillväxten är styrande sommartid. Detta är logiskt med tanke på att tillväxten ännu inte kommit igång ordentligt under tidig vår och att skillnaden i växternas närsaltupptag mellan bördiga och fattiga marker inte bör vara så stor. De högre halterna $\text{NO}_3\text{-N}$ under våren än på sommaren i Västsverige (Figur 5) indikerar t.ex. att tillförseln av nitrat (nitrifiering och N-deposition) var högre än upptaget under våren. Hög biomassa, oberoende av markens bördighet, ger potential till förluster av både organiska och oorganiska närsaltfraktioner från skogsekosystemet även utanför den egentliga växtsäsongen. Förnafallet torde t.ex. vara mer eller mindre proportionellt mot virkesvolymen och en betydande del deponeras höst och vinter, vilket potentiellt tillgängliggör närsalter för utlakning i samband med vårflödena.



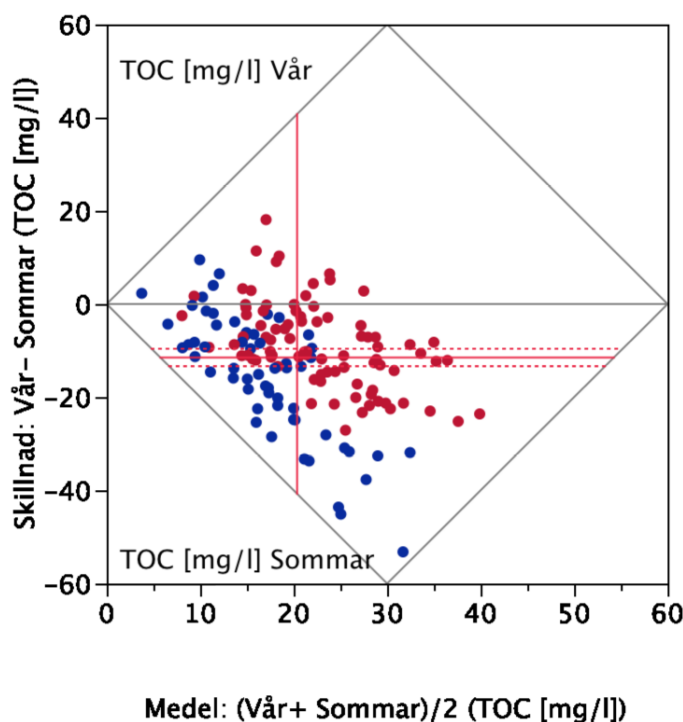
Figur 5. Parvisa haltskillnader (vår-sommar) mot medelhalten ($[\text{vår}+\text{sommar}]/2$) i varje vattendrag för $\text{NO}_3\text{-N}$ i Västsverige vid sommar- respektive vårinventeringarna.

Intressant att notera är att till skillnad från sommartid förbättras modellerna inte av parametrar som beskriver egenskaperna i de vattendragsnära områdena (buffertzoner). Det senare kan eventuellt förklaras av att de bäcknära zonerna vanligtvis är vattenmättade under perioder med höga grundvattenstånd och att stora grundvattenflöden då passerar dessa utströmningsområden. Detta ger vanligtvis upphov till förhöjda halter av t.ex. organiskt material i samband med att vattenföringen stiger medan halterna sjunker p.g.a. utarmade förråd av vattenlösliga ämnen i marken och utspädning senare under flödestoppen. Både Dalälvsområdet och Västsverige hade utpräglade vinterförhållanden med snötäckt mark under flera månader vintern 2010-11. Av framkomlighetsskäl utfördes därför vårinventeringen efter vårfloden, d.v.s. troligen efter att de högsta halterna i de flesta fall passerat. Det är dock möjligt att en del bäckar med högre halter vår än sommar (Figur 4) fortfarande var i en fas med grundvattennivåer och vattenflöden som gav upphov till förhöjda halter.

Halterna för Tot-N och Tot-P var betydligt lägre vid vårundersökningen jämfört med under sommarinventeringarna särskilt i Dalälven (Tabell 6 och 7). Vid vårprovtagningen var medianvärdena i Dalälven drygt hälften av sommarvärdena (Tabell 5); 244 respektive 461 µg N/l och 6 respektive 11 µg P/l. På Västkusten var skillnaderna mellan säsongerna betydligt mindre och baserat på medianvärdena var vårhalterna 14 % och 25 % lägre för Tot-N (645 respektive 753 µg N/l) respektive Tot-P (13 respektive 17 µg P/l). Detta kan jämföras med typhalterna inom PLC5 som i Dalälven skattades till 373 µg N/l respektive 11 µg P/l (medianvärden) och på Västkusten till antingen 428 eller 522 µg N/l respektive 8 µg P/l (Löfgren et al. 2011, Brandt et al. 2008). De uppmätta vårvärdena var följaktligen ca 35 % och 45 % lägre för Tot-N respektive Tot-P i Dalälvsområdet jämfört med PLC5-typhalterna medan de på Västkusten var 24-51 % högre för Tot-N respektive 62 % högre för Tot-P.

Org-N uppvisade lägre halter under våren i både Dalälvsområdet och Västsverige medan Res-P endast uppvisade ett sådant mönster i Dalälvsområdet (Tabell 6). Orsaken är troligtvis att Res-P även påverkas av minerogena fosforfraktioner och därmed är mindre kopplat till det organiska materialet än Org-N. Med den analysmetod som används för fosfat frigörs inte all fosfat som finns bunden till mineraler i partikulärt material utan en del återfinns i Res-P fraktionen. Den stora minskningen mellan vår och sommar i TOC i Dalälvsområdet (median minskning: 14,3 mg TOC/l, Tabell 5, 6, Figur 6) var dock troligtvis tillräcklig för att skapa signifikanta skillnader i Res-P medan detta inte var fallet i Västsverige (median minskning: 7,9 mg TOC/l, Tabell 5, 6, Figur 6). Vad gäller de oorganiska närsaltfraktionerna var det bara Västsverige som uppvisade signifikanta skillnader mellan säsongerna (Tabell 6). Medianhalten NO₃-N ökade från 52 till 136 µg N/l vår och sommar medan PO₄-P minskade från 6 till 3 µg P/l (Tabell 5). Orsaken till de ökade halterna nitrat har redan kommenterats (se ovan) medan det är oklart varför PO₄-P minskar. Sannolikt är det kopplat till den tidigare beskrivna avrinningsdynamiken under vårflödet med minskade förråd av vattenlösliga fraktioner i marken i kombination med utspädning. Halterna PO₄-P är lägre i Dalälvsområdet (Tabell 5) och skillnader mellan säsonger är därför svårare att statistiskt belägga.

På grund av att de oorganiska N- och P-fraktionerna uppvisade stora likheter mellan sommar och vår samt att variablerna uppvisat egenskaper som strider mot modellantagandena (Löfgren et al. 2011) har vi valt att inte skapa några nya modeller för dessa fraktioner baserade på resultaten från vårinventeringen. Vår förhoppning är att när vi även har tillgång till data från de två höstprovtagningarna skall det vara möjligt att skapa modeller även för de oorganiska N- och P-fraktionerna, som kan



användas för att skatta typhalter på årsbas alternativt kompletterat med en säsongsterm i modellerna.

Figur 6. Parvisa haltskillnader (vår-sommar) mot medelhalten ($[\text{vår}+\text{sommar}]/2$) i varje vattendrag för TOC i Dalälven (blå punkter) och Västsverige (röda punkter) vid sommar- respektive vårinventeringarna.

Precis som sommarprovtagningen indikerar vårinventeringen följaktligen att PLC5-typhalterna undervärderar skogsläckaget av både Tot-N och Tot-P på Västkusten, medan resultaten från Dalälven istället indikerar en överskattning. De presenterade modellerna från vår och sommar kan därför inte okritiskt användas för att ta fram typhalter för N och P i samband med t.ex. källfördelningsmodellering. För det krävs modeller baserade på vattenkemisk information även från övriga årstider. Naturvårdsverket har inom ramen för SMED avsatt medel för två höstprovtagningar 2011 (september och november), men finansiering saknas tyvärr för de vattenkemiska analyserna. Med tanke på den vanligtvis höga vattenföringen under vår och höst och den därmed kraftiga inverkan på transportberäkningarna (= halt x vattenföring) finns det all anledning att inför källfördelningsarbetet i PLC6 beakta halterna båda dessa årstider och därmed skapa möjligheter att jämfört med PLC5 förbättra skattningarna av N- och P-typhalterna. Kemisk analys av de insamlade

höstproverna bör därför finansieras. Dessutom bör prover insamlas vår, sommar och höst (tidig och sen) från slumpmässigt utvalda skogs- och myrvattendrag i Norrland för att förbättra skattning av den temporala variationen i typhalterna även i denna del av landet.

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 vattendrag nät alternativt en förbättrad vattendrag skarta. Den teknikutveckling som krävs på satellitscen- och höjddatabassidan bör finnas tillgänglig inom en treårsperiod.

Referenser

- Brandt, M., Ejhed, H. Och 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. Och Ranney, B. 2011. Förbättrade skattningar av N- och P-förlusterna från skog, myr och fjäll inför PLC6 – pilotprojekt. SMED Rapport Nr 52.
- Nisell J., Lindsjö A., Temnerud J. 2007. Rikstäckande virtuellt vattendrags nätverk för flödesbaserad modellering VIVAN. Institutionen för miljöanalys, SLU rapport 2007:17
- Yu J. och Ranney B. 2007a. Nonparametric and probabilistic classification of agricultural crops using multitemporal images. *Journal of Remote Sensing*, 11(5):748-755.
- Yu J. och Ranney 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.