



Mark och vatten

Rapport från Future Forests 2009–2012

Hjalmar Laudon (redaktör)

Future Forests Rapport 2013:3

Mark och vatten
Rapport från Future Forests 2009-2012

Hjalmar Laudon (vetenskaplig redaktör)

Författare:
Anges för respektive artikel. Icke namngivna texter är författade av Mats Hannerz/Silvinformation.

Adress:
SLU, Future Forests
Skogsmarksgränd, 901 83 Umeå

juni 2013
SLU, Future Forests

Future Forests Rapport 2013:3
ISBN: 978-91-576-9161-3

Vid citering uppge:
Laudon, H. (red.) (2013). Mark och vatten. Rapport från Future Forests 2009-2012. Future Forests Rapport 2013:3. Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå, 30 sidor.

Rapporten kan laddas ned från
www.slu.se/futureforests

Epost:
hjalmar.laudon@slu.se

Ansvarig utgivare: Annika Nordin, programchef Future Forests

Finansiärer:
Future Forests (med stöd från Mistra, SLU, Umeå universitet, Skogforsk, svenskt skogsbruk)

Grafisk form: Jerker Lokrantz/Azote

Layout och textredigering: Mats Hannerz/Silvinformation.

Framsida: Skogen är full av vatten. Mark- och vattenfrågor tillhör några av skogsbrukets största utmaningar idag. Frågorna är komplexa och kräver att forskningen har ett helhetsperspektiv. Foto Mats Hannerz/Silvinformation.



Annika Nordin. Foto Jenny Svernnäs-Gillner, SLU.

Future Forests första fas har gått i mål. År 2009 startade det som skulle växa till ett unikt program inom svensk skogsforskning. Unikt eftersom det strävar efter att integrera olika synsätt och forskningsdiscipliner för att lösa gemensamma problem och målkonflikter. Unikt också i sin omfattning. Under de fyra åren har ett 70-tal forskare haft hela eller delar av sin forskning inom programmet, förutom de forskare och experter som varit knutna till olika tematiska arbetsgrupper. Till sitt förfogande har de haft en budget på drygt 140 miljoner kronor.

I Future Forests har biologer, samhällsvetare, filosofer, statistiker, produktionsforskare, hydrologer, ingenjörer, kommunikatörer och många fler arbetat sida vid sida.

De mest integrerade delarna har utförts inom ForSA, Centret för analys och syntes av skogliga system. ForSAs synteser bygger i sin tur till stor del på forskningsresultat från de tio delprojekten inom programmet.

Delprojektens forskning har huvudsakligen redovisats i vetenskapligt granskade tidskrifter. Det är ju så forskare arbetar för att garantera att resultaten blir kvalitetssäkrade. I denna serie presenterar vi resultaten i lite mer lättsmält format, delprojekt för delprojekt. Den som vill fördjupa sig kan läsa mer i den imponerande rad av artiklar som citeras. Det går också utmärkt att ta kontakt direkt med forskarna. De ställer gärna upp och berättar mer.

Denna rapport presenterar delprojektet **Mark och vatten**.

Umeå i juni 2013

Annika Nordin, programchef för Future Forests

Programledaren har ordet.....	3
Projektledaren – “Vi fokuserar på helheten”.....	5
Användarna – “Det behövs mera verkstad i skogen”.....	7
Fältforskning – en nödvändig del av vår förståelse.....	8
Skilj på surhet och försurningskänslighet.....	10
Kväve – en resurs och ett problem.....	10
Skogsbränsleuttag påverkar skog och mark.....	14
Vattenfotavtrycket – ett trubbigt instrument.....	16
Värna de viktiga baskatjonerna.....	18
Många frågor olösta om vattendirektivet.....	19
Stor osäkerhet om vittringens hastighet.....	20
Den viktiga bäcknära zonen.....	21
Skogsbrukets effekter på kvicksilverutlakningen.....	22
Publikationer från Mark och vatten.....	23
Medarbetare i Mark och vatten.....	30

"Vi fokuserar på helheten"



Hjalmar Laudon: "Att öka kunskapen om hur framtidens skogsbruk påverkar mark- och vattenresurser har aldrig varit så viktigt som just nu." Foto Tobias Lindborg.

En huvuduppgift för delprojektet Mark och Vatten har varit att identifiera, kvantifiera och komma med lösningar på skogsbrukets miljöproblem. Denna typ av forskning har traditionellt dominerats av inomvetenskapliga frågeställningar med fokus på väl avgränsade ekosystem. Det synsättet har också varit mycket framgångsrikt för att förstå enskilda processer. Vi har dock breddat angreppssättet. Det är nödvändigt för att få en djupare förståelse för hur framtidens skogsbruk kommer att påverka den långsiktiga hållbarheten för våra mark- och vattenresurser.

I delprojektet har vi tagit avstamp från inomvetenskapliga problemställningar och fokusering på enskilda ekosystem, men lyft problemområdet ett steg vidare till att fokusera på helheten. Vi har också strävat efter att samarbeta med forskare från helt andra discipliner för att skapa tvärvetenskapliga mötesplatser. Kunskapen om mark och vatten i framtidens skogsbruk är ju inte

bara en naturvetenskaplig fråga, den inkluderar också människor och deras behov och beteenden.

De frågor vi har belyst har varit att:

1. identifiera och kvantifiera de miljöproblem som skogsbruket står inför, idag och i framtiden.
2. lokalisera och karaktärisera generella landskapskaraktärer som gör områden känsliga/okänsliga för olika typer av skogsbruksaktiviteter
3. fokusera på att hitta lösningar på miljöproblemen som skogsbruket skapar, inte bara på problemen i sig.

De forskare som varit direkt delaktiga i delprojektet Mark och Vatten har visserligen haft sin hemvist på SLU och Skogforsk men samarbetet har i princip nått alla svenska och en rad utländska universitet. Även om

vi varit lyckosamma och rekryterat flera unga framtående vattenforskare från såväl USA och Kanada som från Umeå, så har många av de stora framstegen varit i samarbetet mellan olika discipliner, forskningsprogram och institutioner. Vi har alltså inte bara grävt djupare inom våra redan etablerade forskningsfält utan också breddat kunskapen genom att inkludera statsvetare, statistiker, idehistoriker, jurister och många fler. Detta har lett till en resa på både djupet och på tvären där inrotade föreställningar om hur världen är beskaffad i många fall byts ut mot fördjupad förståelse för hur den faktiskt fungerar.

Det har aldrig varit så viktigt som nu med ökad kunskap om hur framtidens skogsbruk påverkar våra mark- och vattenresurser. Det finns nu åtskilliga tecken på att vi är på väg mot ett varmare klimat. Det kommer sannolikt att leda till att växtsäsongen blir längre, med en potentiellt ökad biomassaproduktion som följd. Samtidigt kommer stora delar av landet att få ökad nederbörd, medan andra delar kan komma att bli torrare på grund av minskad nederbörd och/eller ökad avdunstning. En annan viktig förändring är förkortade eller helt uteblivna tjalperioder.

Dessa förändringar kan komma att förändra själva grundförutsättningarna för produktionen i våra skogar och brukandet av dem. Att därför studera effekterna av framtidens skogsbruk på våra mark- och vattenresurser, utan att också beakta klimatförändringsproblematiken, vore att förbise en av de viktigaste faktorerna för vad som kommer att styra skogsbrukets långsiktiga hållbarhet.

I den här rapporten presenterar våra medarbetare ett axplock av den forskning som bedrivits inom Future Forests Mark och Vatten. Den som vill veta mer är välkommen att kontakta forskarna direkt eller läsa mer bland projektets publikationer, som presenteras samlat i slutet av rapporten.

Professor Hjalmar Laudon

Koordinator för Future Forests Mark och Vatten

Vatten- och markfrågorna måste studeras i ett helhetsperspektiv. Här illustreras det av mätmasten i Svartberget, som bland annat mäter hur mycket vatten som försvinner tillbaks till atmosfären via avdunstning och transpiration. Foto Peder Blomkvist.



"Det behövs mera verkstad i skogen"

– Vi har relativt god grundläggande kunskap om skogsbrukets effekter på mark och vatten. Vi vet ungefär vad vi behöver göra, utifrån dagens kunskapsnivå. Nu måste kunskapen omsättas i praktiken, det är dags för mera verkstad!

Det säger Elisabet Andersson, ekolog på Skogsstyrelsen och den som leder myndighetens arbete med mark och vatten.

Mark- och vattenfrågor har stått högt på Skogsstyrelsens agenda de senaste fyra-fem åren. I januari 2012 tydliggjordes krav på hänsyn till mark och vatten i föreskrifterna till skogsvårdslagens hänsynsparagraf (§30). Skogsstyrelsen genomför också en nationell kampanj för att höja kunskapen hos skogsägare. Kampanjen är nu inne på tredje året, och innefattar bland annat utbildningar, skogskvällar, vattendragsvandringar och enskild rådgivning.

Vad är det då man gör för fel i skogsbruket?

– Stora maskiner som kör för nära, eller tvärs över, vattendrag är fortfarande vanligt. Det händer också för ofta att kantzoner avverkas, menar Elisabet Andersson.

En annan viktig fråga är dikesrensning, en fråga som hon inte tycker fått den uppmärksamhet den förtjänar. En nyligen utförd studie från IVL pekade bland annat på att slamtransporten kan vara betydande efter en dikesrensning.

– Vi behöver mer kunskap om effekten av dikningsåtgärder, både vad gäller produktion och miljö, och det är ett område som saknats i Future Forests, säger hon.

Övervakning ger ett kvitto

En annan fråga som Elisabet Andersson lyfter fram är behovet av effektoppföljning och övervakning. Forskningen tar fram viktiga baskunskaper om effekterna, men de är ofta begränsade till en eller ett fåtal platser. Hur en åtgärd påverkar mark och vatten i ett helt avrinningsområde, eller hur de kumulativa effekterna ser ut, måste följas upp med någon form av övervakningsprogram. Diskussioner har inletts med forskare och en länsstyrelse om hur ett sådant skulle kunna utformas.



Elisabet Andersson Foto Mats Andersson.

– Om vi följer upp effekterna i fält får vi ett kvitto på om vi är på rätt väg eller om andra åtgärder behövs, menar hon.

Elisabet Andersson, som själv har en forskarbakgrund från Umeå universitet, följer forskarnas arbete på nära håll. Det gäller såväl den som utförs inom Future Forests som den som sker utanför. Bland Future Forests projekt lyfter hon gärna fram arbetet med att identifiera riskområden för körsador. Ett annat viktigt område är studierna av de processer som sker i bäcknära miljöer.

– Där hoppas jag att Future Forests går vidare och studerar vad som händer med den bäcknära miljön efter olika skogsbruksåtgärder, avslutar hon.

Fältforskning en nödvändig del för vår förståelse

av Hjalmar Laudon

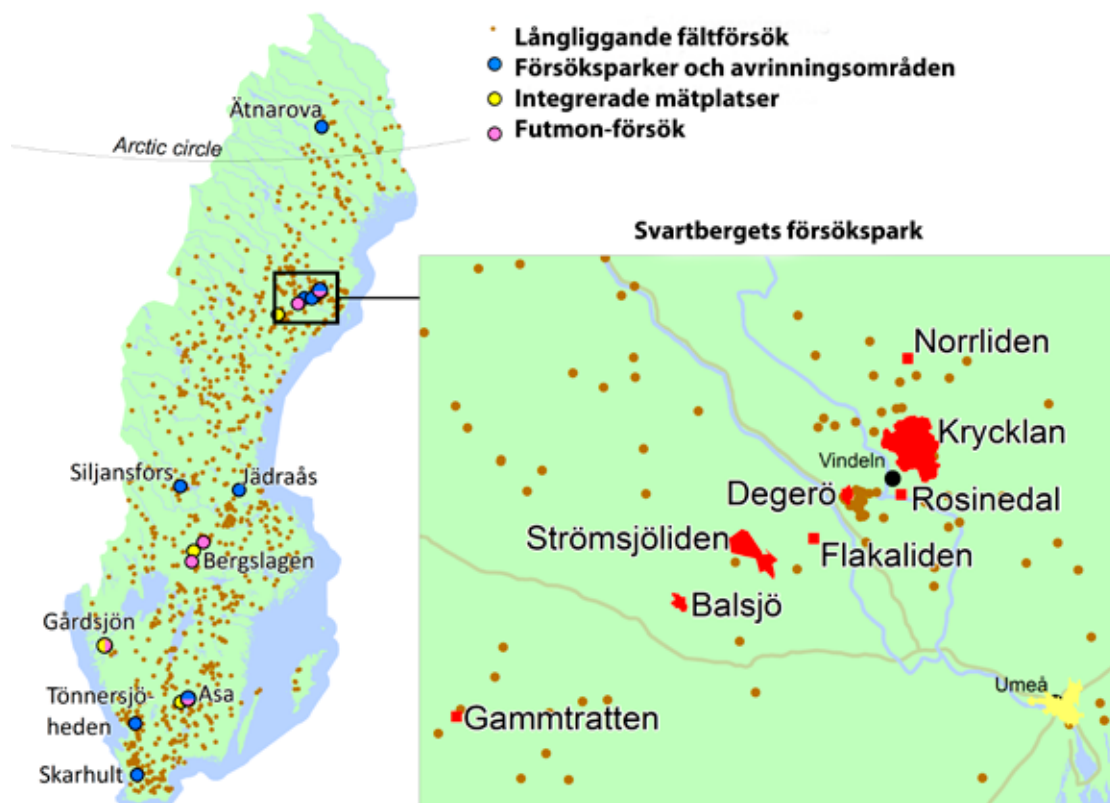
Fältdata från skogen, marken och vattnet är en förutsättning för att vi ska bygga upp vårt kunskande och vår förståelse om hur naturen fungerar. Det är svårt att skapa ny kunskap utan tillgång till empiriska fältdata av hög kvalitet och med tillräckligt bra upplösning i tid och rum. Tillförlitliga fältdata är alltså nödvändiga för att kunna ge svar på skogbrukets mark- och vattenrelaterade frågor och införliva dem i praktisk användning.

Historiskt har just avsaknaden och den bristfälliga kvaliteten av fältdata varit en av de stora begränsningarna för att kunna besvara frågor som integrerar skog, mark och vatten över de rumsliga och tidsmässiga skalor som samhället idag är i behov av. Nya möjligheter har dock nyligen öppnat sig i Sverige. Detta har skett dels genom SLUs fältforskningsenhet med Svartbergets försökspark i spetsen, dels genom nyligen sammanställda

fältdata från hundratals skogs- och markexperiment spridda över hela landet. Flera av dessa långliggande försök etablerades redan under början av 1900-talet, medan andra tillkommit mer nyligen.

Svartberget - ett flaggskepp

Mycket av fältforskningsarbetet i Future Forest utförs inom ramen för Svartbergets fältforskningsinfrastruktur utanför Vindeln i Västerbotten. Fältforskningen i infrastrukturen, vilken sedan i år är en del av Vetenskapsrådets satsning på flaggskeppsinfrastrukturer, påbörjades redan på 1910-talet när den första fältstationen byggdes i området. Sedan dess har Svartberget successivt byggts ut till att nu vara en de mest kända och väletablerade fältforskningsinfrastrukturerna i världen för studier av skog, mark och vatten. Hittills har över 1000 vetenskapliga publikationer och över 100 doktorsavhandlingar utnyttjat Svartbergets försökspark för studier om skogsbruksmetoder, klimatförändringar



Effekterna på mark och vatten varierar över tid och rum. Många och spridda experiment i fält är nödvändigt för att kunna bygga upp förståelse och planeringsinstrument för skogbrukets påverkan. Modifierat från Laudon et al. 2011b.

och långväga transport av luftföroreningar på mark och vattenkvalitet.

I delprojektet Mark och Vatten har den del av infrastrukturen som kallas Krycklan (www.slu.se/Krycklan) framförallt använts. Det 6 780 ha stora försöksområdet utgörs av Krycklans avrinningsområde, och är ett av de mest instrumenterade och ambitiösa fältforskningsprogrammen för att studera mark- och vattenrelaterade frågeställningar. Här har Future Forests forskare bland

annat studerat grundläggande frågor om betydelsen av den bäcknära zonen för att skydda och kontrollera vattenkemin (Winterdahl *et al.* 2011a, Lyon *et al.* 2012), frågor om skogsbruk och klimatet för vattenkvaliten (Klaminder *et al.* 2011b, Ågren *et al.* 2010) men också hur eventuella uppströms effekter på vattenkemin leder till nedströms påverkan (Temnerud *et al.* 2010; Laudon *et al.* 2011a).

Lysimetermätningar i Krycklan. Foto Peder Blomkvist.



Skilj på surhet och försurningskänslighet

av Anneli Ågren

Skogsbruket har förändrats. Förr skördades stamveden medan grenar och toppar (grot) lämnades kvar att förmultna på hygget. Idag ökar användningen av grot som biobränsle. När träden växer tar de upp baskatjoner (kalcium, magnesium, kalium och natrium) från marken. Vid skörd av grot förs mer baskatjoner bort från avrinningsområdet än vid stamvedsuttag, ämnen som annars skulle ha återgått till marken när grenarna förmultnat.

Livsbedingungen för de akvatiska organismerna styrs till stor del av pH, som i sin tur bestäms av balansen mellan de sura anjonerna och de basiska katjonerna. Om baskatjoner förs bort från marken finns farhågor om att det på lång sikt leder till försurning av ytvatten.

Försurningskänsliga landskapstyper

Utifrån det motivet har vi undersökt vilka landskapstyper som är försurningskänsliga, och som kan behöva skydd mot en eventuell ytterligare försurning. Arbetet har utgått från vattenkemin i bäckar.

Först och främst så är det skillnad på surhet, försurning (Erlandsson *et al.* 2011) och försurningskänslighet. I ett basiskt vattendrag är vattnet välbuffrat av kolsyrasystemet och pH är högt ($>6,2$) och stabilt. I ett surt vattendrag ligger pH lågt (<5) men buffras av aluminium och organiska syror så att pH är stabilt.

I det intermediära pH-intervallet (pH 5–6,2) är pH i bäcken känsligt för förändring. Ett litet tillskott av syra eller minskande buffringsförmåga kan då förändra pH en hel enhet. Det är alltså på marker som genererar vattendrag med ett pH mellan 5 och 6,2 som biobränsleuttag skulle kunna vara försurande. Ur ett försurningsperspektiv är det här man bör vara försiktig med alltför stora grotskördar eller att askåterföra efter biobränsleuttag.

Se upp på skogbeväxt moränmark

Studierna, som finansierats av Energimyndigheten och Future Forests, bygger på mätningar i 300 vattendrag i Västerbotten, Bergslagen, Småländska höglandet och



Anneli Ågren. Foto Desiree Berglund.

på Västkusten. Försurningskänsligheten har klassats och sedan har vi identifierat vilka landskapstyper som ger upphov till försurningskänsliga bäckar. De statistiska beräkningarna visar att de mest försurningskänsliga bäckarna avvattnar områden där jordarten domineras av morän och där skogsinventeringen visar att det växte mycket skog.

Där pH är lågt (myrmark) eller högt (jordbruksmark) är pH stabilt och inte känsligt för förändring. En skogsbeklädd moränmark kan vi däremot betrakta som ett mellanläge vad gäller pH. Försurningskänsligheten blir därmed hög i vattendrag som dränerar dessa marker.

Vi kan också konstatera att försurningskänsligheten och processerna som kontrollerar känsligheten varierar över landet och styrs av bl.a. vilka jordarter som finns och var de är placerade i landskapet (Ågren och Löfgren 2012). Tidigare försurningshistorik spelar också

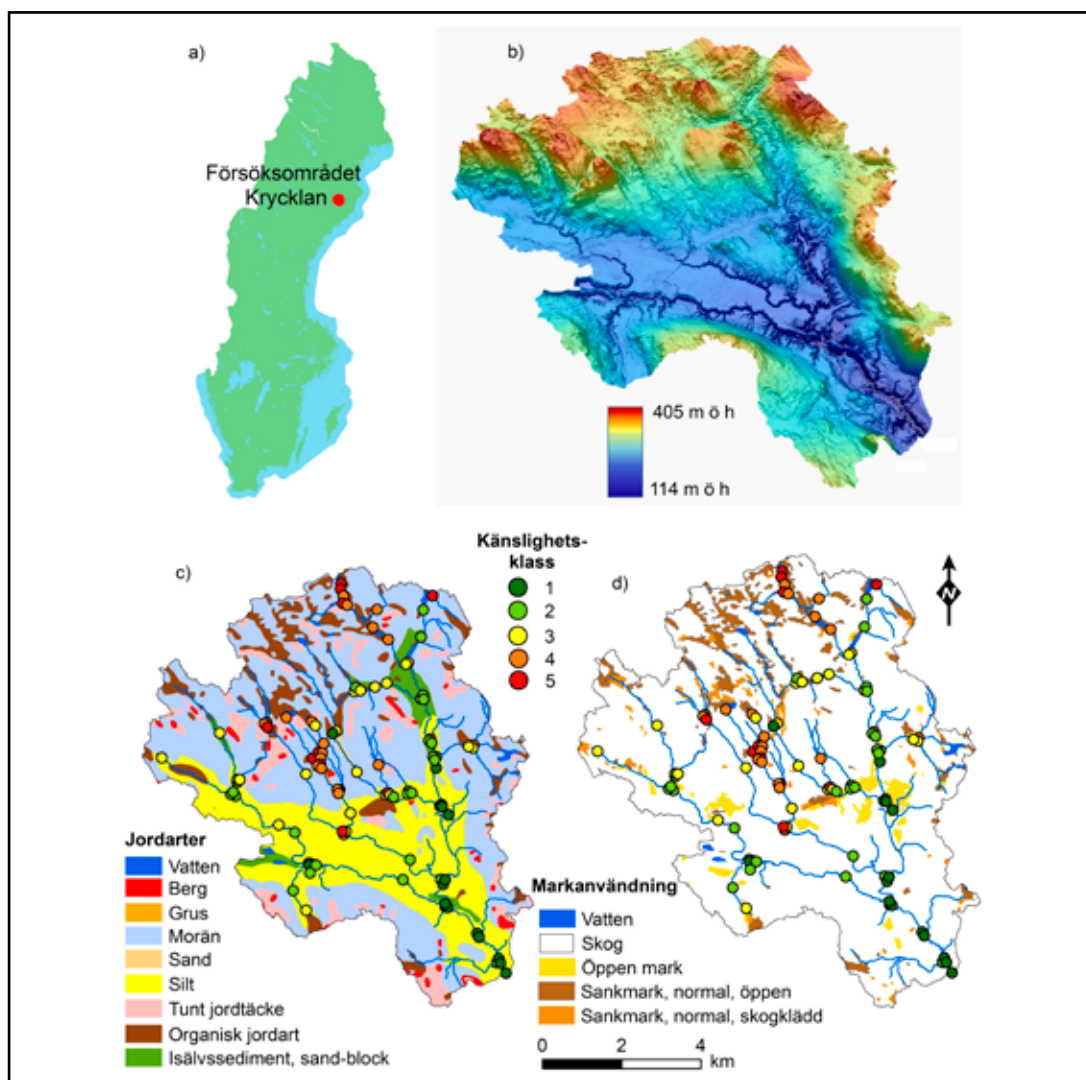
in, så vad som är de mest försurningskänsliga markerna varierar i olika delar av landet.

Försiktighetsprincipen

Våra studier visar att vissa bäckar är mer känsliga för förändringar i baskatjonhalter än andra (Ågren *et al.* 2010). Det krävs dock mer forskning om de långsiktiga effekterna av grotuttag för att bestämma om ett förändrat skogsbruk medför ett reellt hot mot

vattendragen på lång sikt. Nyligen utförda studier på markvattnet i tre långliggande försök indikerar till exempel att effekten av grotuttag upphör efter cirka 30 år.

Genom att tillämpa försiktighetsprincipen och återföra askan från biobränslet till de försurningskänsliga markerna kan man kompensera för att vi ännu inte känner till alla konsekvenserna av ett ökat uttag av baskatjoner.



Studien över försurningskänslighet i Krycklan från Ågren och Löfgren (2010): a) Försöksområdets läge. b) Digital höjdmödel över Krycklans avrinningsområde. För att förtydliga höjdskillnaderna har höjden överdrivits 5 ggr. c) De 99 provtagningsplatsernas försurningskänslighet visade ovanpå jordartskartan. d) De 99 provtagningsplatsernas försurningskänslighet visade ovanpå markanvändningskartan. Prickarna med känslighetsklasserna 1-5 indikerar hur försurningskänsligt vattendraget är på den platsen. Känslighetsklass 1 betyder att vattnet är välbuffrat ("okänsligt") på den platsen och känslighetsklass 5 betyder att vattnet är mycket känsligt för en pH-förändring.

Kväve - en resurs och ett problem

av Eva Ring och Ryan Sponseller

Trädttillväxten i huvuddelen av Sveriges skogar är begränsad av tillgången på kväve. Även i vattenekosystemen spelar kväve en viktig roll (Laudon *et al.* 2011b). Det gäller både för sötvatten och omgivande hav. Trots att utlakningen av kväve från skogsmark generellt är låg per ytenhet bidrar skogsmarken med en betydande andel av tillförseln till omgivande hav. Det beror på att skogsmark utgör mer än hälften av Sveriges landyta.

Minskat läckage av nitrat

Under Future Forests fas I utnyttjade vi data från den nationella miljöövervakningen för att ta reda på hur halten baskationer och anjoner, bland annat nitrat, har förändrats i små och stora vattendrag under de senaste 20–25 åren i norra, mellersta respektive södra Sverige (Lucas *et al.* 2013). Ett viktigt resultat från detta arbete var att nitrathalten minskade under perioden. Minskningen var störst i södra Sverige och speglar troligen ändringar i nedfall och markanvändning. I norra Sverige minskade nitrathalten trots det historiskt sett låga nedfallet av kväve. Det tyder på en ökad immobilisering av oorganiskt kväve i skogslandskapet i denna region.

Tre procent från slutavverkningarna

Eftersom det generellt sett råder brist på kväve i svensk skogsmark är kväveutlakningen låg under större delen av omloppstiden. I samband med vissa skogsbruksåtgärder, främst kvävegödsling och slutavverkning, ökar dock utlakningen. Tidigare studier har visat att utlakningen efter slutavverkning bland annat tycks bero på markens bördighet. Med hjälp av data från sju fältförsök fann vi ett samband mellan markvattnets nitrathalt efter slutavverkning och ståndortens bonitet (Futter *et al.* 2010). Detta samband utnyttjade vi för att uppskatta utlakningen av nitrat till omgivande hav till följd av konventionell slutavverkning i Sverige.

Enligt vår skattning omsattes 60 % av nitraten på vägen från markvattnet under rotzonen till havet. Vi kom fram till att bidraget från slutavverkning motsvarar ca



Eva Ring. Foto Skogforsk.



Ryan Sponseller. Foto privat.

3 % av den totala kväveutlakningen från skogsmark. Bidraget från slutavverkning utgör således endast en liten del av den totala utlakningen. För tillförseln till haven är det därför viktigast att bibehålla skogsmarkens låga bakgrundsläckage. Lokalt är påverkan av slutavverkning större. Trädklädda kantzoner längs vattendrag kan bidra till att minska kväveutlakningen från närlig-

gande hyggen men kunskapen är fortfarande begränsad om hur effektivt detta är under nordiska förhållanden (Gundersen *et al.* 2010).

Långsiktiga effekter av gödsling

Skogsgödsling med kväve kan påverka utlakningen av kväve på både kort och lång sikt. En stor andel av kvävet binds i marken och ökar markens kväveförråd. Det kan påverka kväveutlakningen efter slutavverkning. De studier som belyst detta är dock få och resultaten varierar. Mot denna bakgrund undersökte vi hur markkemin påverkats av olika gödslingsregimer i tre fältförsök som startats 23 till 28 år tidigare (Ring *et al.* 2011b). Vi fann att kväveförrådet i markens organiska

skikt ökade med ökande total kvävegiva medan kvoten mellan kol och kväve minskade.

Även förrådet av växttillgängligt magnesium och fosfor ökade, medan förrådet av växttillgängligt kalium minskade. Studien, som finansierats av Formas och Future Forests, har fortsatt efter avverkning då vi tagit prover på markvattnet. Hur markvattenkemin påverkats kommer att redovisas under fas 2.

Några viktiga frågor att arbeta med under fas 2 är hur organiskt och oorganiskt kväve används och kvarhålls i boreala vattendragssystem, vad som styr de långsiktiga förändringarna av nitrathalten i vattendrag och hur olika skogsbruksåtgärder påverkar vattenkemin.

Att kväve är ett bristämne blir uppenbart när extremt kraftigt gödslade ytor jämförs med ogödslade ytor i samma bestånd, här i ett av Skogsforsks fältförsök, Hagfors i Värmland, där träden på den högra bilden fått 150 kg kväve/ha vid 12 tillfällen. Foto Eva Ring.



Skogsbränsleuttag påverkar skog och mark

av Gustaf Egnell

I det inledande arbetet i Future Forests lyftes den ökade användningen av skog för energiändamål fram som en av de viktigaste påverkansfaktorerna. Energianvändningen har en stor potential att påverka skogsekosystemet och omgivande ekosystem i framtidens skogar (Laudon *et al.* 2011b). Samtidigt konstaterade vi att den svenska skogsresursen är begränsad i jämförelse med de behov som energiomställningen i landet och Europa indikerar (Egnell *et al.* 2011). Det finns därför anledning att ha rimliga förväntningar på hur mycket skogen kan bidra med.

Fortfarande finns emellertid utrymme för att ta tillvara mer av energipotentialen i skogsråvaran. Det kan ske genom en effektivare användning av råvaran i alla steg och genom att förbättra industriprocesser och logistikkedjor (Egnell & Björheden 2012).

Rimlig tillväxtsänkning

När groten skördas följer också näringsämnen (främst kväve) med ut ur skogen. Det riskerar att sänka produktionen i nästa skogsgeneration – något som också har visats i fältförsök. Skogsägaren kan alltså ha anledning att hysa viss tveksamhet mot att leverera skogsbränsle i form av grot. En viktig fråga har varit om tillväxteffekterna är tillfälliga eller permanenta. En studie av Egnell (2011) tyder på att de är det senare – nämligen att det rör sig om en tillfällig tillväxtnedsättning som varar under ett antal år.

Tillväxtnedsättningen är därmed ofta rimlig i förhållande till den vinst skogsägaren gör genom att leverera skogsbränsle. Dessutom underlättas föryngringsarbetet avsevärt när avverkningsresterna tagits bort. Det finns också goda möjligheter att komma igång med föryngringsarbetet tidigare om avverkningsresterna tas ut – något som helt eller delvis kan kompensera för produktionsförlusten.

Osäkra balansberäkningar

Tillväxtnedsättningarna är i första hand kopplade till det extra kväveuttaget. Studier visar dock att det på sikt kan bli underskott också på andra näringsämnen



Gustaf Egnell. Foto Göran Hallsby.

om de näringsrika delarna av träden skördas. Sådana studier landar gärna i rekommendationen att återföra vedaska efter förbränning för att trygga näringstillgången på sikt.

Dessa studier bygger ofta på enkla balansberäkningar där uttagen (skördad) och utlakad näring ställs mot näringstillskott genom vittring och nedfall. Storleken på dessa bidrag är svår att skatta, vilket gör att balansberäkningarna blir mycket osäkra. Klaminder *et al.* (2011b) visade hur mycket skattningar av vittringsnivåerna för samma skogsmarksområde kan variera när de utgår från olika antaganden och beräkningsmetoder. Slutsatsen var att det krävs bättre underlag för att kunna göra säkra bedömningar av effekten av en ökad skördeintensitet.

Kolskuld

Skogsbränslets och framför allt stubbarnas klimatneutralitet har också studerats genom att jämföra koldioxidutsläpp från skogsbränslen med fossila alternativ (Melin *et al.* 2010). Jämförelsen vägde också in det faktum att grot och framför allt stubbar bryts ner långsamt om de lämnas (och fossila bränslen används istället), medan de avger sin koldioxid direkt om de skördas och förbränns i ett värmeverk.

Detta skapar ett tidsfönster när skogsbränslen inte är fullt ut klimatneutrala – något som skapat en debatt om den så kallade kolskulden ("carbon debt"). Frågan kommer att fortsätta att vara brinnande. Den är också kopplad till frågan om skogen och skogsråvaran ska användas för att substituera fossila bränslen och material som skapar mycket växthusgaser då de tas fram, eller om skogen och skogsmarken ska användas för att lagra så mycket kol som möjligt.



Är skogsbränsle bra eller dåligt för klimatet? Det beror bland annat på tidsperspektivet. Foto Gustaf Egnell.

Vattenfotavtrycket - ett trubbigt instrument i skogen

av David Ellison, Martyn Futter och Kevin Bishop

Vi har lärt oss att använda uttrycket "Ekologiskt fotavtryck" som ett mått på mängden resurser som en människa utnyttjar. Det kan uttryckas som den areal som behövs för att försörja en människa eller ett land. Sedan tio år tillbaks används också samma måttstock för vatten. Vattenfotavtrycket (*Water footprint*) kan vara den mängd färskvatten som går åt för att försörja en gröda, en industri eller en nation. Vattenfotavtrycket kan också appliceras på olika areella näringar. En hektar bomull förbrukar sannolikt mer vatten än en hektar extensivt brukad skog i norra Sverige.

Future Forests har debatterat hur måttet används i skogen (Ellison *et al.* 2012a, b). En nyckelfaktor är hur evapotranspirationen, det vill säga växternas transpiration och avdunstning, räknas in i avtrycket. På lokal nivå kan evapotranspirationen ha stor betydelse för vattenkonsumtionen. I ett större, regionalt, perspektiv är däremot evapotranspirationen ett bidrag till vattenbalansen genom att vatten från en plats kan falla ner som nederbörd på en annan plats. Evapotranspirationen är



Foto iStockPhoto.



David Ellison. Foto privat.

därför en ekologisk tjänst som hjälper till att underhålla den hydrologiska cykeln.

Det här synsättet är inte alltigenom accepterat, vilket leder till att skogsbruk, med sina stora bladtytor och snabba omsättning av vatten, får ett stort vattenfotavtryck i beräkningarna. Future Forests har därför ifrågasatt om vattenfotavtrycket är ett relevant mått för skog och skogsprodukter i den boreala regionen (Launiainen *et al.* 2013). Argumenten är bland annat att en brukad skog inte har högre evapotranspiration än en naturskog. Dessutom använder Sverige och Fin-

land årligen bara mellan 1,5 och 2,4 % av sina färskvattenresurser. Skogsavverkning kan visserligen leda till att mer ytvatten rinner av från marken innan den har blivit skogstäckt igen. Den årliga kalmarksytan är dock inte större än ca 0,8 % i Sverige och Finland, vilket gör att påverkan är liten.

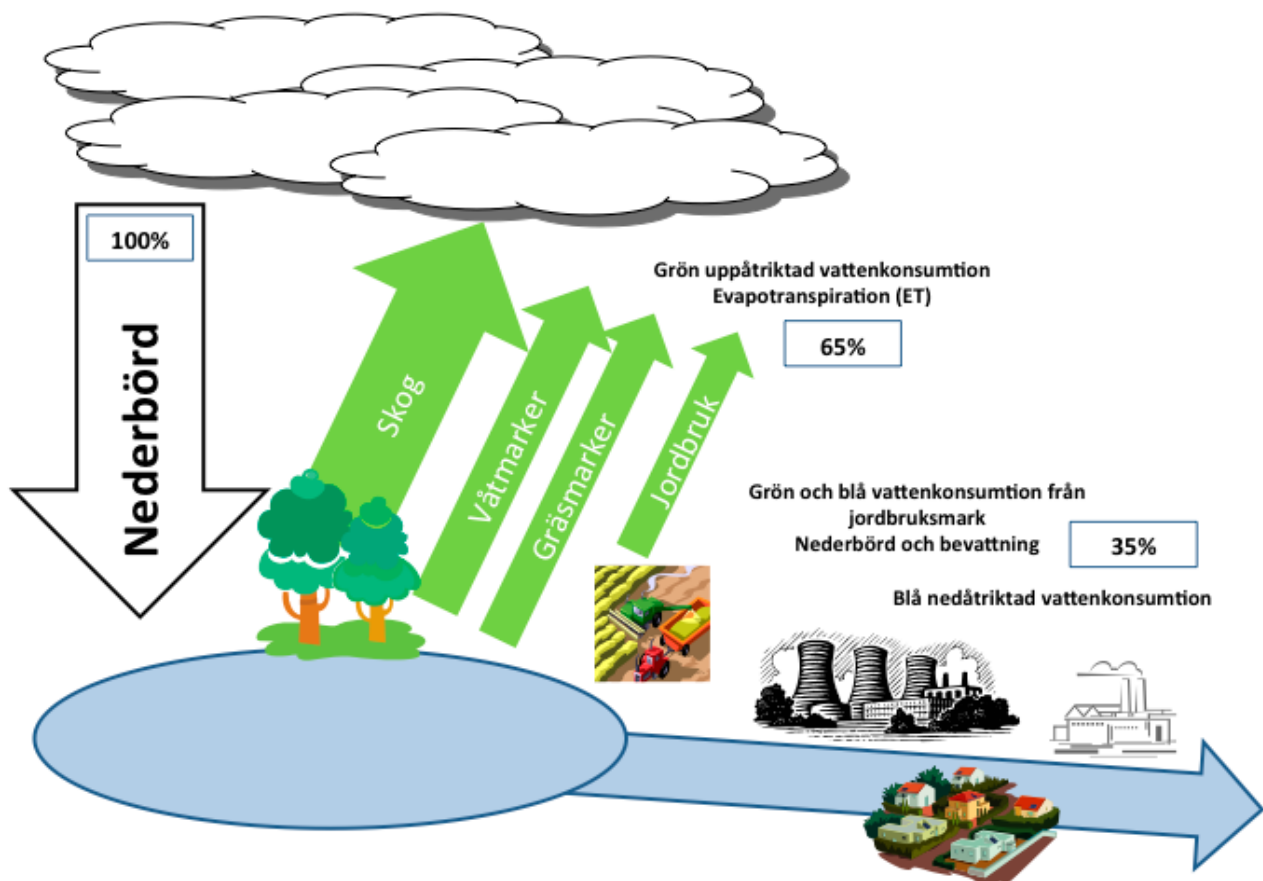
Skillnaderna i synen på vattenfotavtrycket handlar alltså till stör del om att vissa skolor ser evapotranspirationen som en konsumtion och inte som en naturlig

del av vattnets kretslopp. De olika artiklarna från Future Forests hävdar i stället att evapotranspirationen ska ignoreras i beräkningen av vattenfotavtrycket, särskilt i de vattenrika skogarna i Sverige och Finland. Vattenkonsumtionen för skogsbruk ska åtminstone betraktas i ljuset av det vatten som är tillgängligt. Och det är sällan en bristvara i de boreala regionerna.

– **En liter vatten har helt enkelt olika kurs i olika delar av världen**

Vattnets kretslopp kan delas upp i gröna och blå vattenflöden, där de gröna står för vatten som passerar vegetationen genom upptag och evapotranspiration. Med tillstånd från Global Change Biology. Från Ellison *et al.* 2012a.

Gröna och blå vattenflöden



Värna de viktiga baskatjonerna

av Richard Lucas

Det finns en oro för att halterna av baskatjoner minskar i såväl skogsmark som ytvatten. Baskatjonerna (kalcium, magnesium, kalium och natrium) har en viktig buffrande funktion mot försurning, men är också viktiga näringsämnen. Koncentrationen av ämnena kan därför ge en bild av hur motståndskraftigt ekosystemet är mot försurande nedfall, ändrade brukningsformer och klimatförändringar.

Skogsbrukets metoder kan påverka baskatjonernas mer eller mindre. I ett uthålligt skogsbruk är uttaget av baskatjoner inte större än tillförseln i form av vittring och deposition. Tillförseln genom vittring har studerats av bl.a. Klaminder *et al.* (2011b).

Alla processer som försurar marken, till exempel atmosfäriskt nedfall av sulfat och nitrat eller gödsling med kväve, tenderar att leda till ett nettoutflöde av baskatjoner från marken till vattendragen (Lucas *et al.* 2011). Det beror på utbytesprocesser där de positivt laddade baskatjonerna kan slitas loss från partiklarna i marken av andra positivt laddade joner, antingen från den försurade nederbörden eller från gödselmedlet. Baskatjonerna transporteras sedan genom marken tillsammans med de lätttrörliga sulfat- och nitratjonerna, allt för att markvätskan ska vara fortsatt neutralt laddad.

Efter kvävegödsling utan tillsats av baskatjoner minskar halterna av baskatjoner i marken medan de ökar i vattendragen. Det har visats i studier världen över (Lucas *et al.* 2011). För svensk skogsmark blir sådana effekter extra känsliga eftersom vi tidigare har förlorat många baskatjoner genom det sura nedfallet. Ytterligare förluster av baskatjoner kan innebära ytterligare försurning av mark och vatten. Det understryker vikten av mer kunskap om jontransporterna från marken.

Temperaturen påverkar

Klimatet har också betydelse för tillgången till baskatjoner. En statistisk modell som beskriver den årliga koncentrationen av kalcium, magnesium och kalium i svenska vattendrag indikerade att temperatur och nederbörd har stor betydelse för variationen mellan



Richard W Lucas. Foto Rhonda Lucas.

olika år (Lucas *et al.* 2013). Förhållandet gällde i norra Sverige, men inte i södra. Avverkning hade däremot ingen signifikant effekt på koncentrationerna.

Modellerna visar också att en ökad temperatur kan bidra till ökade halter av baskatjoner genom att den snabbar på nedbrytning och vittring. Effekten av en högre temperatur blir särskilt påtaglig i kyliga klimatlägen, såsom i norra Sverige.

Ändrade nederbördsförhållanden kan också påverka halter och utlakning. Vid längre torrperioder kan grundvattennivåerna sjunka vilket kan leda till att tidigare vattenmättade marker syresätts. Då kan svavelväte oxideras till sulfat, vilket frigör vätejoner. Processen leder alltså till försurning, och därmed ökad risk för utlakning av baskatjoner.

Ett förändrat klimat kan alltså leda till både ökad vittring, genom ökad temperatur, och ökad utlakning av baskatjoner, vid till exempel torka och kraftig nederbörd.

Många frågor olösta om vattendirektivet

av Martyn Futter

Vattendirektivet (*the Water Framework Directive*) är ett av de viktigaste och mest ambitiösa ramverken i den europeiska miljölagstiftningen. Vattendirektivet slår fast målet att alla sjöar, vattendrag, kustvatten och grundvatten i Europa ska ha "god ekologisk status" år 2015. Ett annat mål är att allmänhetens synpunkter ska beaktas i förvaltningen av vatten (*public participation*).

Det är långtifrån klart vilka konsekvenser direktivet får för de svenska skogarna och den svenska skogsnäringen. Trots att de svenska skogarna är så rika på sjöar och vattendrag, och att skogsbruk kan ha stora effekter på vattenkvaliteten, nämns skogar bara på ett ställe i vattendirektivet. Skogsbruk nämns inte alls!

Vattendirektivet reser mängder med frågor som hur man ska mäta vattenkvaliteten, vem som ska göra mätningarna och vem som är ansvarig för att kvaliteten upprätthålls.

Seminarium

Några av dessa frågor har belysts inom Future Forests. Vid ett seminarium samlades företrädare för skogsbruket och forskare från både naturvetenskapliga och samhällsvetenskapliga discipliner för att diskutera direktivet (Futter *et al.* 2011a). Deltagarna blev förvånade över hur samstämmiga deras reaktioner på direktivet var. Några huvudfrågor som kom upp var: (i) vad menas med god ekologisk status och hur mäts den?; (ii) det finns en upplevd brist på tydlighet i direktivet; (iii) processen för miljökonsekvensbedömning är otillräcklig; (iv) det är oklart hur mätprogrammen ska utformas. Deltagarna var också oroad över att de positiva effekter som skogarna har på vattnet inte uppmärksammades i vattendirektivet.

Vad är god ekologisk status?

Alla de frågor som kom upp under seminariet har bidragit till fortsatt forskning inom Future Forests. Frågan om vad som är god ekologisk status är särskilt viktig. I direktivet är det definierat som en avvikelse från ett godtyckligt "referenstillstånd", som ska mots-



Martyn Futter. Foto privat.

vara ett "minimalt stört utgångsläge". Frågan är om detta är samma läge som i naturskogen, och om referenstillståndet motsvarar den vattenkvalitet som önskas av invånare som bor och arbetar nära svenska skogsvatten. En viktig åtgärd för att möta direktivets mål är därför att ta hänsyn till den allmänna opinionen för att fastställa hur god ekologisk status ska tolkas (Valinia *et al.* 2012).

Under fas 2 av Future Forests kommer forskare att fördjupa kunskapen om de ekosystemtjänster som brukade skogar bidrar med. Målet är att hitta metoder som minimerar de negativa effekterna på vattenkvaliteten och att hitta planeringsinstrument som värnar vattnen.

Stor osäkerhet om vittringens hastighet

av Martyn Futter

Vittring är den process som bryter ner bergarter och mineraler till mindre beståndsdelar. Man skiljer på mekanisk vittring – när berg blir till sand – och kemisk vittring. Den kemiska vittringen bidrar till att värdefulla näringsämnen, framför allt baskatjoner, kan fylla på markens förråd.

De skandinaviska bergarterna är extremt motståndskraftiga mot vittring och vittringshastigheten är därför mycket långsam. Det gör att vittringen är svår att mäta och observera i fält. Forskarna är i stället beroende av modeller för att beräkna vittringshastigheten.

Baskatjonerna kalcium, magnesium, kalium och natrium tillhör de viktigaste ämnena som frigörs vid vittringen. De tre första är betydelsefulla växtnäringsämnen och kan dessutom motverka effekterna av försurning. I takt med att de tas upp av träden och förs bort vid avverkning förlorar dock ekosystemet en del av sina baskatjoner. När grenar och toppar också skördas så försvinner ännu mer än när bara stammarna plockas ut.

Är skogsbruket då uthålligt med hänsyn till katjonerna? Den frågan väcktes på 1990-talet, då modellberäkningar tydde på att uttaget var större än tillförseln av katjoner via vittring. Om beräkningarna skulle stämma är alltså skogsbruket inte långsiktigt hållbart.

Stor skillnad mellan modellerna

Det är alltså viktigt att kunna göra så precisa beräkningar som möjligt av vittringshastigheten. Future Forests har nu studerat hur säkra de olika vittringsskattningarna är (Klaminder *et al.* 2011b, Futter *et al.* 2012b). På en väl studerad försöksyta i norra Sverige jämfördes nio vetenskapligt granskade vittringsmodeller. Det visade sig att modellerna gav vitt skilda resultat. Skillnaden mellan de högsta och lägsta vittringshastigheterna var betydligt högre än skillnaden i uttag mellan helträds- och stamvis avverkning.

Frågan som då uppstod var om försökslokalen var extrem på något sätt. Vi gjorde därför en sammanställning av internationella vittringsanalyser där minst tre olika modeller hade använts. Det visade sig att de högsta beräknade vittringshastigheterna var i genomsnitt sex gånger så höga som de lägsta.

Trots osäkerheten i de befintliga vittringsmodellerna kan de vara värdefulla för att identifiera regioner som är mer eller mindre känsliga för försurning, och där helträdsuttag helst ska undvikas. Future Forests har dock pekat på vikten av fortsatt forskning om vittring, och inte minst av att analysera säkerheten i skattningarna eftersom de har så stor inverkan på synen om skogsbruket är uthålligt eller inte.



Figuren visar spridningen i mått på vittringshastigheten (stenbilden) mellan de olika modellerna och spridningen i skattningen av uttaget genom olika typer av avverkning (grot-bilden) för kalium och kalcium. Från Klaminder *et al.* 2011b.

Den viktiga bäcknära zonen

av Hjalmar Laudon och Kevin Bishop

Att vatten i skogslandskapet är en spegel av landskapet är närmast ett axiom. Ur ett biogeokemiskt perspektiv anspelar detta på att vattenkvaliteten i våra vattendrag återspeglar förhållandena i de marker som avvattnas (Temnerud *et al.* 2010). Numera vet vi dock att olika delar av landskapet bidrar till vattenkvaliten på mycket olika sätt.

Den kunskap som vuxit fram den senaste tiden visar att det främst är den bäcknära zonen som bestämmer hur kemin i olika skogsvattendrag ser ut. Områden som ligger längre från bäckarna är viktiga genom att de avgör mängd och transportvägar för vattnet som så småningom når vattendraget, men det är de sista metrarna närmast bäcken som är avgörande för vattnets kemiska innehåll (Laudon *et al.* 2011a). Det är därför de bäcknära zonerna är så viktiga att skydda med buffertzoner (Gundersen *et al.* 2010) eftersom en påverkan där kan få långtgående effekter.

Humus, eller löst organiskt kol (DOC), är en av de substanser som nästan helt bestäms av den bäcknära zonen i skogsbäckar. DOC har en nyckelroll i det akvatiska ekosystemet då det är viktigt som transportör av tungmetaller och andra föroreningar (Eklöf *et al.* 2012a) men också har betydelse ur ett växthusperspektiv (Wallin *et al.* 2013). Höga halter av DOC i våra ytvatten har också försvårat försurningsbedömningen av sjöar och vattendrag under årtionden och lett till att många naturligt sura vatten tidigare bedömts som försurade (Erlandsson *et al.* 2011). Halter av DOC håller också på att bli allt högre i många vattendrag med direkt inverkan kvaliteten av ytvatten (Ledesma *et al.* 2012), vilket är ett betydande problem ur ett dricksvattenperspektiv. Vad som styr dessa ökade halter råder det delade meningar om, men ändrad markanvändning är en av fler tänkbara orsaker.

Att förstå hur den bäcknära zonen styr vattenkvaliten i våra sjöar och vattendrag har varit en huvuduppgift i Future Forest fas 1, eftersom det mesta av skogbrukets potentiella påverkan på sjöar och vattendrag på ett eller annat sätt kanaliseras, härstammar eller motverkas genom att vattnet passerar de tunna remsorna längs vattendragen. Exakt hur den bäcknära zonen styr vat-

tendragsekemin har därför varit en grundläggande förutsättning för att förstå skogbrukets inverkan skogslandskapest ytvatten (Winterdahl *et al.* 2011a, b, Ågren *et al.* 2010, Haei *et al.* 2012, Lyon 2011).

En av de mest påtagliga effekterna av en kalavverkning är att det blir blötare genom att grundvattenytan stiger, vilket leder till ökad avrinning (Lyon *et al.* 2012, Schelker *et al.* 2013). Eftersom DOC-halten är högre ju närmare markytan vattnet befinner sig orsakar en ökad grundvattennivå att ytligare flödesvägar med högre DOC-koncentration aktiveras och når vattendragen. En effekt av kalavverkning är således att DOC-halten i närliggande vattendrag ökar med upp till 20 % (Schelker *et al.* 2012). Sammantaget så leder ökade vattenföring och högre koncentration att exporten av DOC ökar med närmare 100 % från kalavverkade avrinningsområden. Även om påverkan kan vara betydande på lokal skala så visar det inledande arbetet i Future Forest fas 2 att denna effekt snabbt avtar nedströms.



Den bäcknära zonen påverkar humusutfödet till vattendraget.
Foto Peder Blomkvist.

Skogsbrukets effekter på kvicksilverutlakningen

av Kevin Bishop

I stora delar av Sverige, i tiotusentals sjöar, överskrider kvicksilverhalterna i fisk det gränsvärde på 0.02 mg kvicksilver/kg fiskvävnad som är satt av EU. Det finns en risk att skogsbruket kan öka produktionen av biotillgängligt kvicksilver. Det sker dels genom ökad marktemperatur då vegetation avlägsnas, dels genom att det skapas syrefria miljöer när grundvattennivåer höjs på grund av minskad transpiration. Dessutom riskerar skogsbruk att leda till en ökad transport av kvicksilver och metylkvicksilver till akvatiska miljöer genom ökad avrinning från de avverkade områdena.

Tidigare studier kring skogsbrukets påverkan på vattenkvaliteten har visat på ökade koncentrationer av kvicksilver, partiklar och löst organiskt material. Effekterna höll i sig under några år efter avverkning, markberedning eller dikning. Dessa resultat baseras dock på väldigt få studier. Då höga kvicksilverhalter i fisk idag är ett allvarligt miljöproblem i en stor del av den boreala regionen, är det av största vikt att förstå skogsbrukets bidrag till de höga kvicksilverhalterna.

Under fas 1 av Future Forests har nya studier av skogsbrukets påverkan genomförts, huvudsakligen med finansiering från Energimyndighetens Bränsleprogram. Future Forests har också bidragit med finansiering för dessa projekt. Nätverket "Nordic Forest Mercury" inom ramen för SamNordisk Skogsforskning har bidragit till kontakter med andra forskningsgrupper i Finland och Norge, som också fokuserar på kvicksilver och skogsbruk. I två försöksområden – i Närke och i Västerbotten – har kvicksilverhalterna kunnat studeras efter stubbskörd, avverkning och markberedning. En mer översiktlig synoptisk studie har provtagit ett drygt 50-tal bäckar runt om i Sverige. Dessa var antingen avverkade och stubbskördade, avverkade och markberedda eller bestod av orörd referensskog.

De mer dramatiska ökningarna av totalkvicksilver och metylkvicksilver som visats av tidigare forskning har uteblivit i de senare studierna (Eklöf *et al.* 2012a). Även i den synoptiska studien av drygt femtio bäckar var det svårt att urskilja en tydlig avverkningseffekt på koncentrationen av kvicksilver och metylkvicksilver



Kevin Bishop. Foto Mats Hannerz.

(Eklöf *et al.* 2012b). Stubbskörd har inte heller visat sig ha större effekt på kvicksilverhalterna än traditionell markberedning.

Stora variationer i respons

De nya studierna bidrar till en ny förståelse för att det finns en stor variation i hur olika marker svarar på en skogsbruksåtgärd. Variationen i respons kan ha flera orsaker, till exempel olika ekologisk hänsyn vid utförandet av skogsbruksåtgärderna och/eller en variation i känslighet för skogsbruk mellan olika områden. Den stora variationen i respons gör att man måste vara försiktig med att dra generella slutsatser från enskilda områden. En ökad förståelse för vilka faktorer som påverkar den naturliga variationen i export av kvicksilver till vattendrag samt vad som orsakar variationen i känslighet för skogsbruk mellan olika områden behövs för att ge en klarare bild av skogsbrukets bidrag till kvicksilverbelastningen till svenska vatten.

Publikationer från Future Forests - Mark och vatten

Vetenskapliga artiklar / Scientific reports

1. Ågren, A. & Löfgren, S. (2012). pH sensitivity of Swedish forest streams related to catchment characteristics and geographical location – Implications for forest bioenergy harvest and ash return. *Forest Ecology and Management* 276, 10–23.
2. Ågren, A., Buffam, I., Bishop, K. & Laudon, H. (2010a) Sensitivity of pH in a boreal stream network to a potential decrease in base cations caused by forest harvest. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 67, 1116–1125.
3. Ågren, A., Haei, M., Köhler, S.J., Bishop, K. & Laudon, H. (2010b). Regulation of stream water dissolved organic carbon (DOC) concentrations during snowmelt; the role of discharge, winter climate and memory effects. *Biogeosciences*, 7, 2901–2913.
4. Ågren, A., Buffam, I., Bishop, K. & Laudon, H. (2010c) Modeling stream dissolved organic carbon concentrations during spring flood in the boreal forest: A simple empirical approach for regional predictions, *Journal of Geophysical Research-Biogeoscience* doi:10.1029/2009JG001013.
5. Ågren, A., Haei, M., Blomkvist, P., Nilsson, M.B. & Laudon, H. (2012). Soil frost enhances stream DOC concentrations during episodic spring snowmelt from boreal mires. *Global Change Biology*, doi: 10.1111/j.1365-2486.2012.02666.x.
6. Egnell G. (2011). Is the productivity decline in Norway spruce following whole-tree harvesting in the final felling in boreal Sweden permanent or temporary? *Forest Ecology and Management* 261: 148–153.
7. Egnell G. & Björheden R. (2012) Options for increasing biomass output from long-rotation forestry. *WIREs Environ* 2012. doi: 10.1002/wene.25.
8. Egnell, G., Laudon, H. & Rosvall, O. (2011). Perspectives on the Potential Contribution of Swedish Forests to Renewable Energy Targets in Europe, *Forests*, 2, 578–589; doi:10.3390/f2020578.
9. Eklöf, K., Fölster, K., Sonesten, L. & Bishop, K. (2012a). Spatial and temporal variation of THg concentrations in run-off water from 19 boreal catchments, 2000–2010. *Environmental Pollution*, 164, 102–109.
10. Eklöf, K., Kraus, A., Weyhenmeyer, G.A., Meili, M. & Bishop, K. (2012b) Forestry influence by stump harvest and site preparation on methylmercury, total mercury and other stream water chemistry parameters across a boreal landscape Ecosystems. DOI:10.1007/s10021-012-9586-3
11. Eklöf, K., Meili, M., Åkerblom, S. & Bishop, K., Impact of stump harvest on the export of total mercury and methylmercury to aquatic ecosystems, submitted to *Forest Ecology and Management*.
12. Ellison, D., Futter, M. & Bishop, K. (2012a). On the Forest Cover – WaterYield Debate: From Demand- to Supply side Thinking, *Global Change Biology* 18: 806–820.
13. Ellison, D., Futter, M. & Bishop, K. (2012b). Hydrology, Forests and Precipitation Recycling: A Reply to van der Ent et al., *Global Change Biology*, 18, 3272–3274.
14. Erlandsson, M.A., Cory, N., Fölster, J., Köhler, S., Laudon, H., Weyhenmeyer, G.A. & Bishop, K., (2011). Increasing dissolved organic carbon redefines the extent of surface water acidification and helps resolve a classic controversy. *BioScience* 61: 614–618. ISSN 0006-3568.
15. Erlandsson, M.A., Futter, M.N., Kothawala, D. & Köhler, S.J. (2012). Variability in spectral absorbance metrics across boreal lake waters. *Journal of Environmental Monitoring*, doi: 10.1039/c2em30266g
16. Futter, M.N., Ring, E., Högbom, L., Entenmann, S. & Bishop, K.H. (2010). Consequences of nitrate leaching following stem-only harvesting of Swedish forests are dependent on spatial scale. *Environmental Pollution*, 158, 3552–3559.
17. Futter, M.N., Keskitalo, E.C.H., Ellison, D., Pettersson, M., Strom, A., Andersson, E., Nordin, J., Löfgren, S., Bishop, K. & Laudon, H. (2011a) Forests, Forestry and the Water Framework Directive in Sweden: A Trans-Disciplinary Commentary. *Forests* 2011, 2, 261–282; doi:10.3390/f2010261.
18. Futter, MN., Löfgren, S., Köhler, S.J., Lundin, L., Moldan, F. & Bringmark, L. (2011b). Simulating dissolved organic carbon dynamics at the Swedish Integrated Monitoring sites with the Integrated Catchments Model for Carbon, *INCA-C. AMBIO* 40:906–919
19. Futter, MN., Poste, A.E., Dillon, P.J., Butterfield, D., Lean, D.R.S., Dastoor, A.P. & Whitehead, P.G. (2012a). Using the INCA-Hg model of mercury cycling to simulate total and methyl mercury concentrations in forest streams and catchments. *Science of the Total Environment*, doi:10.1016/j.scitotenv.2012.02.048.
20. Futter, MN., Klaminder, J., Lucas, RW., Laudon, H. & Köhler S J (2012b). Uncertainty in silicate mineral weathering rate estimates: Source partitioning and policy implications. *Environmental Research Letters*, 7, 024025, DOI: 10.1088/1748-9326/7/2/024025.
21. Gundersen, P., Lauren, A., Finer, L., Ring, E., Koivusalo, H., Sætersdal, M., Weslien, J.O., Sigurdsson, B.D., Högbom, L., Laine, J. & Hansen, K., (2010). Environmental Services Provided from Riparian Forests in the Nordic Countries, *AMBIO*, 39, 555–566, DOI 10.1007/s13280-010-0073-9.
22. Haei, M., Rousk, J., Ilstedt, U., Öquist, M., Bååth, E.,

Vetenskapliga artiklar forts./ Scientific reports cont.

- & Laudon, H. (2011). Effects of soil frost on growth, composition and respiration of the soil microbial decomposer community. *Soil Biology & Biochemistry* 43, 2069–2077.
23. Hasselquist, N.J., Metcalfe, D.B. & Högbom, P. (2012). Contrasting effects of low and high nitrogen additions on soil CO₂ flux components and ectomycorrhizal fungal sporocarp production in a boreal forest, *Global Change Biology*, 18, 3596–3605, DOI: 10.1111/gcb.12001
24. Högbom, P. (2012). What is the quantitative relation between nitrogen deposition and forest carbon sequestration? *Global Change Biology* 18, 1–2, DOI:10.1111/j.1365-2486.2011.02553.x
25. Högbom, P., Johannisson, C., Yarwood, S., Callesen, I., Näsholm, T., Myrold, D.D. & Högbom, M.N. (2011). Recovery of ectomycorrhiza after 'nitrogen saturation' of a conifer forest. *New Phytologist* 189, 515–525.
26. Klaminder, J., Grip, H., Mörtz, C.M. & Laudon, H. (2011a). Carbon mineralization and pyrite oxidation in groundwater: importance for silicate weathering in boreal forest soils and stream base-flow chemistry, *Applied Geochemistry*, 26, 319–324, DOI: 10.1016/j.apgeochem.
27. Klaminder, J., Lucas, R.W., Fitter, M.N., Bishop, K., Köhler, S.J., Egnell, G. & Laudon, H. (2011b). Silicate mineral weathering rate estimates: Are they precise enough to be useful when predicting the recovery of nutrient pools after harvesting? *Forest Ecology and Management*, 261, 1–9.
28. Köhler, S.J., Zetterberg, T., Fitter, M.N., Fölster, J. & Löfgren, S. (2011). Assessment of uncertainty in long-term mass balances for acidification assessment: a MAGIC model exercise. *Ambio* 40:891–905.
29. Kothawala, D., Watmough, S., Zhang, L., Fitter, M.N. & Dillon, P.J. (2011). Stream nitrate responds rapidly to decreasing nitrate deposition. *Ecosystems* doi: 10.1007/s10021-011-9422-1
30. Kreyling, J., Haei, M. & Laudon, H. (2012). Absence of snow-cover reduces understory plant cover and alters plant community composition in boreal forests, *Oecologia*, 168, 577–587.
31. Laudon, H., Berggren, M., Ågren, A., Buffam, I., Bishop, K., Grabs, T., Jansson, M. & Köhler, S. (2011a). Patterns and Dynamics of Dissolved Organic Carbon (DOC) in Boreal Streams: The Role of Processes, Connectivity, and Scaling. *Ecosystems*, In press, DOI: 10.1007/s10021-011-9452-8)
32. Laudon, H., Sponseller, R.A., Lucas, R.W., Fitter, M.N., Egnell, G., Bishop, K., Ågren, A., Ring, E., & Högbom, P. (2011b). Consequences of More Intensive Forestry for the Sustainable Management of Forest Soils and Waters, *Forests*, 2, 243–260; doi:10.3390/f2010243.
33. Laudon, H., Buttle, J., Carey, S., McDonnell, J., and McGuire, K., Seibert, J., Shanley, J., Soulsby, C. & Tetzlaff, D. (2012). Cross-regional prediction of long-term trajectory of stream water DOC response to climate change. *Geophysical Research Letters*. 39, L18404, DOI: 10.1029/2012GL053033.
34. Launiainen, S., Fitter, M., Ellison, D., Clarke, N., Finér, L., Högbom, L., Laurén, A. & Ring, E. 2013. Is the Water Footprint an appropriate tool for forestry and forest products – the Fennoscandian case. *Ambio*, in press.
35. Ledesma, J., Köhler, S.J., Fitter, M.N. (2012). Long-term trends of dissolved organic carbon: implications for drinking water supply. *Science of the Total Environment*, doi:10.1016/j.scitotenv.2012.05.071.
36. Lucas, R.W., Klaminder, J., Fitter, M.N., Bishop, K.H., Egnell, G., Laudon, H. & Högbom, P. (2011). A meta-analysis of the effects of nitrogen additions on base cations: Implications for plants, soils, and streams. *Forest Ecology and Management*. doi:10.1016/j.foreco.2011.03.018.
37. Lucas, R.W., Sponseller, R.A., & Laudon, H. (2013). Controls over base cation concentrations in stream and river waters: A long-term analysis on the Role of deposition and climate, *Ecosystems*, 16, 707–721.
38. Lyon, S.W., Grabs, T., Laudon, H., Bishop, K.H., & Seibert, J. (2011). Variability of groundwater levels and total organic carbon (TOC) in the riparian zone of a boreal catchment, *Journal of Geophysical Research-Biogeoscience*, 116, G01020, doi:10.1029/2010JG001452.
39. Lyon, S., Nathanson, M., Spans, A., Grabs, T., Laudon, H., Temnerud, J., Bishop, K. & Seibert, J. (2012). Specific discharge variability in a boreal landscape. *Water Resources Research*, (48), W08506, 13 PP., 2012 doi:10.1029/2011WR011073
40. Melin Y, Petersson H & Egnell G, 2010. Assessing carbon balance trade-offs between bioenergy and carbon sequestration of stumps at varying time scales and harvest intensities. *Forest Ecology and Management* 260: 536–542.
41. Ring, E., von Brömssen, C., Losjö, K. & Sikström, U. (2011a). Water chemistry following wood-ash application to a Scots pine stand on a drained peatland in Sweden. *Forestry Studies* 54: 54–70.
42. Ring, E., Jacobson, S. & Högbom, L. (2011b). Long-term effects of nitrogen fertilization on soil chemistry in three Scots pine stands in Sweden. *Canadian Journal for Forest Research* 41: 279–288.
43. Schelker, J., Eklöf, K., Bishop, K. & Laudon, H. (2012). Effects of forestry operations on dissolved organic carbon (DOC) concentrations and export in boreal first-order

Vetenskapliga artiklar forts./ Scientific reports cont.

streams, *Journal of Geophysical Research-Biogeoscience*, DOI: 10.1029/2011JG001827.

44. Schelker, J., Kuglerová, L., Eklöf, K., Bishop, K. & Laudon H. (2013). Hydrological effects of clear-cutting in a boreal forest – snowpack dynamics, snowmelt and stream-flow responses, *Journal of Hydrology*, 484, 105–114.

45. Sponseller, R.A., Heffernan, J.B. and S.G. Fisher. (2013). On the multiple ecological roles of water in river networks. *Ecosphere* (In press).

46. Temnerud, J., J.B. J.B. Fölster, J., Buffam, I., Laudon, H., Erlandsson, M. & Bishop, K. (2010). Can the distribution of headwater stream chemistry be predicted from downstream observations? *Hydrological Processes*, DOI: 10.1002/hyp.7615.

47. Valinia, S., Hansen, H.-P. Futter, M.N., Bishop, K., Sriskandarajah, N. & Fölster, J., (2012). Problems with the reconciliation of good ecological status and public parti-

cipation in the Water Framework Directive. *Science of the Total Environment*. 433:482–490.

48. Wallin, M. B., Grabs, T., Buffam, I., Laudon, H., Ågren, A., Öquist, M. G., & Bishop, K. (2013). Evasion of CO₂ from streams – The dominant component of the carbon export through the aquatic conduit in a boreal catchment, *Global Change Biology*, 19 (3), 785–797, doi:10.1111/gcb.12083.

49. Winterdahl M., Temnerud, J., Futter, M.N., Löfgren, S., Moldan, F. & Bishop, K. (2011a). Riparian zone influence on stream water total organic carbon concentrations at the Swedish Integrated Monitoring sites. *Ambio*, 40:920–930.

50. Winterdahl, M., Futter, M., Köhler, S., Laudon, H., Seibert, J., & Bishop, K. (2011b). Riparian soil temperature modifies relationship between flow and organic carbon concentration in a boreal stream. *Water Resources Research*. (47), W08532, doi:10.1029/2010WR010235.

Populärvetenskaplig publicering / Popular science publication

Bishop, K., W. Goedkoop, R. Johnson, S. Löfgren, M. Wallin, J. Kreuger, K. Kyllmar, L. Tranvik, H. Laudon, G. Destouni, L. Tranvik, S. Halldin. Skilj inte på vatten och vatten! Uppsala Nya Tidning, Oct 30, 2010.

Bishop, K. skogsbruket kan ge återförsurning pH 6.2. Sportfiskarnas nyhetsbrev. 2012–12 <http://www.sportfiskarna.se/tabid/545/smid/385/ArticleID/1286/reftab/545/Default.aspx>

Bishop, K. Vetenskapsradion 2011-08-03. Svenska sjöar naturliga sura.

Bishop, K. Naturmorgon. Lördag 06 oktober 2012 kl 06:14. Skall det se ut så här? interview on mercury in forest waters.

Bishop, K. Vetenskapsradion. 2011-08-03. News Report. Svenska sjöar naturligt sura. Report on article in Bioscience

Bishop, K. SwedishTV. 2011-08-01. Television Report. Fortsatt masskalkning av sjöarna. Report on article in Bioscience

Bishop, K. Vetenskapsradion. Kvicksilver, metallernas Transformer. Vetenskapsradio Fredag 26 februari 2010 11:00. 45 minute program

Bostedt, G., Innala, S., Löfgren, S. & Bishop, K. (2013): Fallstudie 1 – Kalkningsstudie. In: Kriström, B. & Bonta Bergman, M. (Eds.): Samhällsekonomiska analyser av miljöprojekt – en vägledning. Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm.

de Jong, J., Akselsson, C., Berglund, H., Egnell, G., Gerhardt, K., Lönnberg, L., Olsson, B., von Stedingk, H. 2012.

Konsekvenser av ett ökat uttag av skogsbränsle. En syntes från Energimyndighetens bränsleprogram 2007–2011. ER 2012:08. Energimyndigheten, Eskilstuna.

Egnell, G. Contributed in: The European Forest Sector Outlook Study II 2010–2030, 2011. United Nations Economic Commission for Europe, Geneva. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <http://www.unece.org/forests-welcome/areas-of-work/forestsoutlook-welcome/forestsoutlookoutputsmp1/efsos-ii-2010-2030.html>

Eklöf, K. and Bishop, K. 2010. Export av kvicksilver till akvatiska miljöer – skogsbrukets påverkan. Fakta Skog från SLU 2010 Nr. 7. ISSN: 1400-7789.

Future Forest Reportage #2 Ett Stort och lite bortglömt miljöproblem (Bishop and Eklöf), 2010

Högberg, P., Nordström Högberg, M., and Näsholm (2010). Ektomykorrhizan minskar förluster av kväve från skogen. Fakta skog Nr. 11.

Högbom, L, E Ring, M Futter, K Bishop. (2010). Slutavverkningarna tillför totalt sett lite kväve till haven. Skogforsk Resultat 15/2010

Jonsson R, Egnell G & Baudin A, 2011. Swedish Forest Sector Outlook Study. Geneva Timber and Forest Discussion Paper 58. United Nations Economic Commission for Europe, Geneva. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <http://www.unece.org/index.php?id=28695>

Populärvetenskaplig publicering forts / Popular science publication cont.

Laudon, H., Bishop, K. and Högberg, P. (2010). Framtida utmaningar inom Mark och Vatten – ett projekt inom Future Forests. Fakta skog Nr. 9.

Laudon, H. Vetandets värld 2011-12-08. Samverkande fältstationer.

Laudon, H. (2011). Vattenkvalitet i brukad skog. Formas forskning om skog – ett urval projekt, Formas.

News and Views from SNS Nordic Foerst Research Cooperation Committee. 2011 No. 6 SNS Grips Mercury and Forestry.

Nya verktyg ska identifiera försurningskänsliga vattendrag. <http://www.slu.se/sv/centrumbildningar-och-projekt/future-forests/nyheter-fran-future-forests/2012/12/nya-verktyg-ska-identifiera-forsurningskansliga-vattendrag/> (Online article published 201-12-05)

”Nu kartläggs försurningskänsliga skogsvatten” Sportfiskarnas nyhetsbrev pH 6,2. [Http://www.sportfiskarna.se/miljo_fiskevard/Forsurningochkalkning/Forsurningnyheter/tabid/545/smid/385/ArticleID/1284/reftab/544/Default.aspx](http://www.sportfiskarna.se/miljo_fiskevard/Forsurningochkalkning/Forsurningnyheter/tabid/545/smid/385/ArticleID/1284/reftab/544/Default.aspx) (Online article Published 2012-12-17)

Skog och Framtid Naturligt 2012 No. 3. – lätt att säga, omöjligt att definiera. Pp 15-16

Ågren, A. and Löfgren, S. (2010) Försurningskänsliga bäckar – var, när och varför finns de? Fakta skog Nr. 8.

Arrangerade och medarrangerade workshops / Organized and co-organized workshops

Skogskonferensen on Soils and Water 2010 with approximately 200 participants.

Special Session on Forestry and Mercury at the 11 International Conference on Mercury as a Global Pollutant, Halifax Canada, July 2011. Forestry and Mercury – Understanding the linkage in order to break it. (40 participants, co-organized with SNS Nordic Forest Mercury Network).

Bishop K. Nordic Forest Mercury Network. Forestry and Mercury- Understanding the Connection to Break It. Held at KSLA Nov. 22-23, 2010. 25 participants from Canada, Finland, Norway and Sweden. (co-sponsored by SNS and Future Forests).

The 6th Annual Krycklan Symposium, October, 2009 at SLU Umeå, 55 stakeholder and scientist participants.

The 7th Annual Krycklan Symposium, November 10, 2010 at SLU Umeå, 60 stakeholder and scientist participants.

The 8th Annual Krycklan Symposium, September 26-27, 2011 at SLU Umeå, 70 stakeholder and scientist participants.

The 9th Annual Krycklan Symposium, October 22, 2012 at SLU Umeå (90 participants from universities, authorities and industry). (Co-organized by S&W)

International weathering workshop, 15 invited international experts on mineral weathering, Uppsala 2012. (Organized by S&W)

Forskning i fält, En dag i fält för markägare och andra intressenter (30 participants), juni, 2012. (Co-organized by

Soil&Water)

KSLA workshop - Skogsmarksvittringen i fokus: för framtida god vattenkvalitet och skogsproduktion, Stockholm 13 November (Organized by S&W)

C-organized over 20 field excursions to the Krycklan Catchment Study bringing in total 80 international scientists, approximately 100 stakeholders including personnel from forest companies, environmental consulting firms and environmental organizations, over 100 students and teachers as well as 30 local land-owners to discuss ongoing research, new findings and how to best protect the integrity of aquatic ecosystems.

Co-organized Water as the mirror of landscapes: How useful a hypothesis for resource management? Workshop- March 28-30 in Ultuna. 50 stakeholder and scientist participants.

Co-organized Försurning: Var problemet inte löst? November 15, 2011, Uppsala Sweden. 50 stakeholder and scientist participants.

Initiated and co-organized Forestry scenario workshop, December 5 2011, Stockholm with 20 representatives from different forest related research programs.

Deltagande i nationella workshops och konferenser / Participation in national workshops and conferences

Bishop, K. Almedalen Week 2012-07-02. Vi lyckades vända försurning. Vilka lärdomar drar vi av det.

Bishop, K. Invited speaker, National Swedish Forestry Conference 2010, Kvicksilver – Skogsbruks Svarte Petter. 1-2 december 2010

Bishop, K. Kvicksilver, Skogsbruks Svarta Petter – Skogsekolagernas möte, Umeå, March 2012.

Bishop, K. QWARTS – Ett nytt program om vittring KSLA konferens, Nov. 2012

Bishop, K. Skogsbrukets Svarte Petter. WWF Levande Skogsvatten – vision eller verklighet? December 2012.

Bishop, K. Vittring, fortfarande en olöst fråga? Svensk-Norsk försurnings- och kalkningskonferens

Egnell, G. 2012. Varför har skogsbruket i Norra och Södra Sverige olika intällning till askåterföring? Presentation i samband men S&W:s seminarium på KSLA den 13 november 2012.

Egnell, G. Organiserade och modererade ett pass (Är bioenergin hållbar) under SVEBIOS bioenergidagar i Umeå 8-9 november, 2011.

Ellison, D., 2011. "Forest – Water Interactions: A Reply to the Water Yield Debate", prepared for the Focus on Soils and Water Symposium, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, June 7th-10th.

Futter, M. Can yesterday's tools solve tomorrow's problems: weathering, base cation cycling and sustainable forestry Försurning: Var problemet inte löst?, Uppsala, 2011-

Futter, M. INCA-Hg: A new catchment-scale model for simulating methyl- and total mercury in soils and surface waters, Uppsala Hg Workshop, Nov. 2012

Futter, M. Increasing surface water dissolved organic carbon concentrations and drinking water: synergistic effects on sustainability of a provisioning service. Focus on Soils and Waters Ecosystem Services Workshop, Uppsala, 2011.

Futter, M. invited presentation. Changing soil to surface water fluxes of dissolved organic carbon: ecosystem consequences, environmental drivers and insights from modeling. Color of Water Strong Research Environment, Uppsala, 2012.

Futter, M. invited presentation. Future Forests and Base Cation Cycling. QWARTS Strong Research Environment. Kronlund, 2012.

Futter, M. Modelling surface water DOC at the Swedish IM sites with INCA-C: Results and future opportunities. Integrated Monitoring Sites Workshop, Uppsala, 2012.

Futter, M. Största vattenkvalitetsproblemen i Sveriges skogslandskap. Skogsstyrelsen. Uppsala, 2011.

Futter, M. The "traffic light" revisited: Questions about water quality in the Swedish forest landscape. ForWater Strong Research Environment, Vindeln, 2011.

Futter, M. Vetenskap, osäkerhet och policy: utmaningar för hållbart skogsbruk. KSLA, Nov. 13, 2012

Futter, M. and Ellison, D. Science, Governance and the Water Footprint – Where do we go from here? Water as the mirror of landscapes: How useful a hypothesis for resource management?, Uppsala, 2012.

Laudon, H., Character, quality and bioavailability of DOC in a boreal stream network, Erken symposium for scientists and stake holders. Nov. 2011.

Laudon, H., Connecting the terrestrial and aquatic system across scales Dec 2011, Luleå univ.

Laudon, H., Connecting the terrestrial and aquatic system across scales: Towards improved assessment of the vulnerability of surface waters, Lund May 2011.

Laudon, H., Forskning i fält, En dag i fält för markägare och andra intressenter, juni, 2012.

Laudon, H., Framtidens frågor inom mark och vatten. Invited presentation for forest company leaders (skogsindustrierna), Stockholm March, 2011.

Laudon, H., Including forestry and water quality into a landscape model framework; Perspective, possibility and progress – Heureka workshop for scientists and stake holders, Sept, 2011.

Laudon, H., Krycklan Catchment study – A platform for biogeochemical modeling, Krycklan 8th annual symposium for scientists and stake holders, Umeå, Oct. 2011.

Laudon, H., Leading the multidisciplinary workshop on Water Framework Directive workshop, Umeå, October, 2010.

Laudon, H., Mark och vatten – Utmaningar i ett framtida skogsbruk. Vattendelegationen, Luleå September, 2010.

Laudon, H., Mark och Vatten i framtiden skog, Skogsstyrelsen, Uppsala, Dec 2011.

Laudon, H., Mark, Vatten och skogsbruk. Presentation for Västerbottens Naturskyddsförening, Vindeln October 2011.

Laudon, H., Nytt mer effektivt sätt att skydda vatten, WWF konferens Göteborg, Nov. 2012.

Laudon, H., Nytt sätt att se på gammalt problem. Föreningen skogens stora höst exkursionen, Aug, 2011.

Nationella workshops forts / National workshops cont.

Laudon, H., Skogen, marken och vattnet – mot ett hållbarare skogsbruk. Umeå Dec, 2010.

Laudon, H., Skogen, marken, vattnet – vet vi allt vi behöver veta? Skogsekologernas möte, Umeå, Mars 2012.

Laudon, H., Skogsbruk, klimatförändringar och rent vatten: Förenligt eller utopi?, Vattenrådsdagarna, May 2011, Skellefteå.

Laudon, H., Skogsbrukets inverkan på vattenkvalitet – kan vi minska påverkan med bättre planering. Presentation for Holmen skog personell, Feb 2012.

Laudon, H., Skogskonferensen 2010: Slutord och framtidens utmaning, Skogskonferensen, Uppsala 1–2 december 2010.

Laudon, H., Skydd av vatten i praktiken. Skogsbolagspersonal, september 2012

Laudon, H., The U3 DOC workshop – Needs, possibilities and unanswered questions in water quality research. Erken 16 November, 2010

Laudon, H., Vatten, skogsbruk och miljö. Land-owner presentation in Strömsjöliden, Feb 2011.

Laudon, H., Vittring i skogsmark varför behöver vi bry oss? KSLA konferens, Nov. 2012

Laudon, H., Workshop and Krycklan annual symposium – New infrastructure developments and possibilities, Umeå 15 November, 2010.

Ågren, A. Blå målklassning och NPK+, Presentation for Holmenskog, Feb 2012.

Ågren, A. Hur kan vi minimera påverkan av grot- och stubbskörd på våra ytvatten? SVEBIOS Bioenergidagar, Umeå, Sweden, Nov 2011.

Ågren, A. Regional försurningskänslighet hos ytvatten. KSLA konferens, Nov. 2012

Ågren, A. Seminarium Försurning: Var inte problemet löst? Uttag av skogsbiomassa och försurningspåverkan på bäckvatten – en känslighetsanalys. Uppsala, Sweden, Nov 2011.

Ågren, A. Skogskonferensen. Försurningskänsliga bäckar – var, när och varför finns de? Uppsala, Sweden, Dec 2010.

Deltagande i internationella workshops och konferenser / Participation in international workshops and conferences

Bishop, K. Invited Keynote – Gordon Research Conference on Catchment Science July 2011. “Looking backwards to see hazards ahead in murky boreal waters: An endorsement with reservations”

Bishop, K. Invited Keynote speaker Berkeley Catchment Science Seminar –2010. Catchments Through the Looking Glass of the Riparian Zone: From Hillslopes to Landscapes

Bishop, K. Invited Speaker – University of Zurich Department of Environmental Sciences. March 2011. “Water through the looking glass of landscapes: can we see the future in the different climate?”

Bishop, K. Invited Speaker CUAHSI biennial science meeting, Boulder, Colorado, July 2010. “Riparian zone control on stream dissolved organic carbon dynamics: Using storage to define the limits of DOC flushing”

Bishop, K. Invited speaker: American Geophysical Union Fall Meeting 2010 Forestry and Mercury – What is the connection?

Bishop, K. Scientific Advisory Committee: HydroEco2011, Vienna, 2–5 May 2011. Invited Speaker: Climate effects on riparian zone control of DOC in boreal headwaters streams: Does riparian zone control amplifies climate response?

Egnell, G. & Börjesson, P. Presented a poster under the title: “Realistic expectations on biomass potential in conventional forestry and agriculture – Swedish experiences” during the Workshop Quantifying and managing land use effects of bioenergy 19–21 September 2011, Campinas, Brazil. Jointly organized by: IEA Bioenergy, Task 38: Greenhouse Gas Balances of Biomass and Bioenergy Systems; Task 40: Sustainable International Bioenergy Trade – Securing Supply and Demand; Task 43: Biomass Feedstocks for Energy Markets

Egnell, G. 2010. Gave a speech under the title “Stump-harvest in Sweden – From an Environmental Impact Assessment Study to Recommendations and an Adaptive Forest Management approach from the Swedish Forest Agency” during the International Workshop Sustainability across the supply chain of land-based biomass in Kamloops, BC, Canada June 1 – 4, 2010, Hosted by IEA Task 43 and the Long-Term Soil Productivity Study.

Egnell, G. In the organizing committee and chair for the final plenum discussion during the Symposium “Tree-stumps for bioenergy – harvesting techniques and environmental consequences” Uppsala, Sweden, October 24–26, 2011.

Internationella konferenser forts. / International conferences cont.

Egnell, G. Invited speaker at EUROSIL 2012. Soil Science for the Benefit of Mankind and Environment, Fiera del Levante, Bari Italy 2-6 June 2012.

Egnell, G. Invited speaker at the European state forest conference, June 26-27 2012, Piteå, Sweden.

Ellison, D. "The Forest Cover-Water Yield Debate Revisited: From Demand to Supply-side Thinking", presented at the workshop; "Water as the mirror of landscapes: How useful a hypothesis for resource management?", Uppsala, March 28th-30th, 2012.

Ellison, D., 2012. Roundtable Participant; "Forests: The 8th Roundtable at Rio+20 on Forest Services (Water and Climate)", Rio de Janeiro, June 19th.

Ellison, D., 2011. "The Water Footprint and Tree Biomass", poster prepared for the ESF Conference on "The Future Role of Bio-Energy from Tree Biomass in Europe", Vienna, Nov. 6th-11th.

Ellison, D., 2010. "Forest – Water Interactions: A Reply to the Water Yield Debate", paper prepared for the 7th COST Action Workshop: "Forests and Abundance of Water – Focus on Boreal Forests and Peatlands", Helsinki, Sept. 6th-7th.

Futter M.N. A new, catchment-scale model for simulating methyl and total mercury in soils and surface waters, EGU General Assembly 2012, Vienna.

Futter M.N. Introduction to INCA, the Integrated Catchments Model. 2nd International Brno Contaminants Modelling Workshop, Oct. 2012.

Futter M.N. PERSiST: The Precipitation, Evapotranspiration and Runoff Simulator for Solute Transport. Nordic Hydrology, Oulu, Finland, 2012.

Futter M.N. Will more intensive forest harvesting for bioenergy cause unacceptable depletion of base cation pools – a modelling study using the Heureka decision support system, EGU General Assembly 2012, Vienna.

Futter, M. "Science, Governance and the Water Footprint – Where do we go from here?" presented at the workshop; "Water as the mirror of landscapes: How useful a hypothesis for resource management?", Uppsala, March 28th-30th, 2012.

Futter, M.N. Irreducible uncertainty in silicate mineral weathering rate estimates. Goldschmidt Conference, Prague, 2011.

Futter, M.N. The Water Footprint: An appropriate tool for environmental communication in the forest sector? Stockholm World Water Week, 2011

Futter, M-N. Modelling long term trends in dissolved organic carbon concentrations in surface waters. Nordic IHSS, Oslo, 2011.

Laudon, H., Workshop on water quality in northern Catchment. Scotland 28 August-2 September, 2010.

Laudon, H. DOC in surface waters – Research across scales. North Watch workshop, May 2012 Potsdam, Germany.

Laudon, H. Invited speaker, Soil-stream interaction, scaling and effects of forestry, Ecochange, Umeå March 2012.

Laudon, H., Connecting the terrestrial and aquatic system across scales: Towards improved tools to assess the vulnerability of surface waters, American Geophysical Union (AGU) 8-15 December, 2010.

Laudon, H., Invited speaker, Character, quality and bioavailability of DOC in a boreal stream network, American Geophysical Union (AGU) 8-15 December, 2010.

Laudon, H., Invited speaker, Organic carbon in northern systems. Tromsø, Norway, March 2011.

Laudon, H., Linking monitoring and process based research – An ultimate challenge! University of Freiburg, Germany, 26 May 2011.

Laudon, H., Water quality in a landscape perspective: From natural variability to land-use and climate change, Large lake research symposium– Solve, Vänersborg, June 2012.

Laudon, H., Water Quality variability in northern catchments – the role of natural and human perturbations. Hubbard Brooks, USA, April 2011.

Medarbetare i Future Forests MARK OCH VATTEN

Ett stort antal forskare och praktiker har varit engagerade i delprojektets aktiviteter genom åren. Här listas de personer som har haft en betydande del av sin tjänst knuten till programmet under perioden.

Forskningsledare

Professor Hjalmar Laudon, Inst. för skogens ekologi och skötsel, SLU. hjalmar.laudon@slu.se

Forskare

Kevin Bishop, Inst. för vatten och miljö, SLU. kevin.bishop@slu.se

Gustaf Egnell, Inst. för skogens ekologi och skötsel, SLU, gustaf.egnell@slu.se

David Ellison, Inst. för skoglig resursanalys, SLU, david.ellison@slu.se

Martyn Futter, Inst. för vatten och miljö, SLU, martyn.futter@slu.se

Peter Högberg, Inst. för skogens ekologi och skötsel/Fakultetsledningen, SLU. peter.hogberg@slu.se

Richard Lucas, Inst. för skogens biogeokemi, SLU. richard.lucas@slu.se

Eva Ring, Skogforsk. eva.ring@skogforsk.se

Ryan Sponseller, Inst. för skogens biogeokemi, SLU. ryan.sponseller@slu.se

Anneli Ågren, Inst. för skogens biogeokemi, SLU. anneli.agren@slu.se

