

Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU  
901 83 Umeå,  
Göran Ståhl och Håkan Olsson  
4 februari, 2016

## Utveckling av prototyp för dataassimilering inom skogsbruket – slutrapport

Huvudsökande: Göran Ståhl, SLU, Inst. för skoglig resurshushållning, 90183 Umeå  
Projektets löptid: 2014-01-01 till 2016-01-31

### Sammanfattning

Projektets huvudsyfte var att utveckla, utvärdera och dokumentera en prototyp för dataassimilering inom skogsbruket. Dataassimilering innebär att kontinuerligt ta tillvara ny information och utnyttja den tillsammans med befintlig information för att åstadkomma bästa möjliga beskrivning av nuläget. I projektet tillämpas dataassimilering för att beskriva tillståndet inom skogsbestånd på basis av registreringar via fjärranalys och fältmätningar. Ett särskilt motiv till projektet är att fjärranalysen blir allt effektivare och erbjuder goda och billiga registreringar med allt kortare tidsintervall. Dataassimilering erbjuder möjlighet att kontinuerligt ta tillvara informationen varvid den äldre informationen alltså inte avförs då ny information tillkommer utan vägs samman med den nya för att åstadkomma bästa möjliga beskrivningar.

Inom projektet har prototyper för dataassimilering utvecklats och utvärderats i flera steg. En vetenskaplig artikel med de första empiriska resultaten har publicerats i tidskriften *Forests*. Ytterligare två vetenskapliga artiklar med empiriska resultat från assimileringssprototypen håller på att sammanställas. Den första av dessa av dessa pågående artiklar avser assimilering av en tidsserie med laserskannerdata och har huvudsakligen också finansierats av anslaget från Skogsstyrelsen. Den andra pågående artikeln avser assimilering av en tidsserie av kronhöjdsdata från två radarsatelliter och har finansierats av Rymdstyrelsen. De aktuella resultaten baseras på data från fastigheten Remningstorp i Västergötland samt den datorkod som utvecklats inom ramen för anslaget från Skogssällskapet. Samtliga tre studier visar att dataassimilering är en lovande teknik för svenskt skogsbruk, men också att flera utmaningar återstår innan metodens fulla potential kan utnyttjas.

Prototypen har byggts i programspråket R. Ansatsen är att ett skogsbestånd delas upp i ett flertal rutor i storleksordningen 10×10 till 20×20 meter. Information insamlas, prognostiseras och assimileras med ny information inom var och en av dessa rutor, varefter rutorna aggregeras då beståndsvisa uppskattningar önskas. Prototypen stödjer även assimilering direkt på hela skogsbestånden. Prototypen är redovisad i en arbetsrapport.

### Resultat

Projektet har i allt väsentligt löpt enligt plan. De viktigaste resultaten är:

- En vetenskaplig artikel<sup>1</sup> i tidskriften *Forests* där en preliminär version av prototypen tillämpades i den första empiriska studien i världen av dataassimilering inom skogsbestånd. Studien genomfördes på fastigheten Remningstorp i Västergötland. Även om resultaten blev något sämre än förväntat påvisade studien att dataassimileringstekniken har god potential. Vi identifierade också flera förbättringsmöjligheter. I den aktuella studien tillämpades dataassimilering på en kombination av fältdata och fjärranalysdata från digitala flygbilder. Utvärderingar gjordes inom noggrant inmätta bestånd.

- En andra vetenskaplig artikel<sup>2</sup> håller på att sammanställas där tekniken tillämpas på en

serie laserdata, också på fastigheten Remningstorp. Resultaten ser ut att bli bättre men är i nuläget inte helt klara.

- En tredje vetenskaplig artikel<sup>3</sup> håller på att sammanställas där tekniken tillämpas på en serie av radardata, också på fastigheten Remningstorp. Arbetet med den 3:e artikeln har finansierats av Rymdstyrelsen, men datorkoden bygger vidare på den kod som utvecklats med finansiering från Skogssällskapet.

- En första prototyp för dataassimilering har sammanställts och dokumenterats i en arbetsrapport<sup>4</sup>. Prototypen har tagits fram i programspråket R och bygger på att skogsbestånd delas upp i rutor i storleksordningen 10×10 till 20×20 meter alternativt kan assimilering ske direkt på hela skogsbeståndet. Fjärranalysbaserade uppskattningar görs för de aktuella rutorna och uppdateras med stöd av tillväxtfunktioner som också utarbetats inom projektet. När ny information tillkommer assimileras denna med den befintliga tekniken enligt principen för Kalmanfiltrering. Alternativt, efter smärre modifieringar, kan även Bayesianska tekniker för assimileringen tillämpas.

<sup>1</sup> Nyström, M., Lindgren, N., Wallerman, J., Grafström, A., Muszta, A., Nyström, K., Bohlin, J., Willén, E., Fransson, J., Ehlers, S., Olsson, H., and Ståhl, G. 2015. Data assimilation in forest inventory – first empirical results. *Forest* 6: 4540-4557.

<sup>2</sup> Nyström et al. 2016. Manuscript (unpublished)

<sup>3</sup> Lindgren et al. 2016. Manuscript (unpublished)

<sup>4</sup> Nyström, M., Grafström, A., Lindgren, N., Olsson, H. and Ståhl, G. 2016. Data assimilation – a prototype system to assimilate forest stand information. SLU, Dept. of Forest Resource Management. Working Report. ISSN: 1401-1204.

## Kommunikation

Projektet har aktivt kommunicerat resultat och samverkat med praktiskt skogsbruket. Den vetenskapliga kommunikationen har genomförts (och kommer att genomföras) via ovan nämnda vetenskapliga artiklar samt vid ett flertal vetenskapliga konferenser och seminarier.

De viktigaste har varit:

- RIU, Skinnskatteberg, november 2014, föredrag av Jörgen Wallerman, och Kenneth Nyström, SLU

- ForestSAT, Riva del Garda, Italien, november 2014, Poster, Håkan Olsson, SLU et al.

- IBFRA, Rovaniemi, maj 2015, föredrag av Nils Lindgren, SLU

- EARSeL, Symposium Stockholm, juni 2015, föredrag av Mattias Nyström, SLU

- Silvilaser, La Grande Motte, Frankrike, september 2015, föredrag av Mattias Nyström, SLU

- Fjärranalysdagarna, Stockholm, oktober 2015, föredrag av Nils Lindgren och Håkan Olsson, SLU

- RIU, Skinnskatteberg, november 2015, föredrag av Nils Lindgren, SLU.

Projektet har också aktivt kommunicerat med svenskt skogsbruk genom etablering av en särskild samverkansgrupp i samarbete med Skogforsk. Gruppen initierades som ett resultat av assimileringssprojektet men har kommit att utöka sitt fokus till fjärranalysfrågor generellt sett. I gruppen ingår representanter för alla större skogliga organisationer i Sverige, inklusive Skogssällskapet. Den kommer att fortsätta att träffas även efter det aktuella projektets slut.

## Övrigt

Det aktuella projektet har varit mycket värdefullt för att starta upp arbetet med att utveckla, utvärdera och implementera dataassimileringsrutiner i skogsbruket. Under projektiden har möjligheter erbjudits att söka kompletterande medel. Vid halvårsskiftet 2015 erhöles ett 3-årigt anslag från Formas inom ramen för deras särskilda utlysning om biobaserad ekonomi.

Forskningen om dataassimilering för skogsbruket kommer nu att fortsätta inom ramen för Formas projektet som drivs av SLU, med aktiv medverkan av Skogforsk, Bergvik, Holmen, Lantmäteriet och Skogsstyrelsen.