

## Kort og godt om skove

*Thomas Nord-Larsen og Annemarie Bastrup-Birk*

*Den danske skovstatistik er en landsdækkende, stikprøvebaseret undersøgelse af de danske skove. Skovstatistikken er den største danske terrestiske naturovervågning og leverer grundlaget for analyser af skovens ressourcer, struktur og udvikling og danner udgangspunktet for diskussioner om skov og skovpolitiske beslutninger. Den danske skovstatistik benytter sig af mange forskellige typer af georefererede data, dels i forbindelse med selve målingerne og dels ved de efterfølgende beregninger.*

### Indledning

De danske skove leverer træ til den danske træindustri og energiforsyning, men har også en lang række andre funktioner. Således er skoven et vigtigt element i det danske landskab og har stor betydning for friluftslivet. Samtidig beskytter skovene jordbunden og grundvandsressourcerne, bidrager til beskyttelse af den biologiske mangfoldighed og er centrale for binding af kuldiioxid.

Som følge af skovens mangfoldige funktioner er der naturligt stor opmærksomhed om deres anvendelse og udvikling. Det er derfor både naturligt og nødvendigt, at der laves en landsdækkende statistisk beskrivelse af skovene i Danmark, en såkaldt skovstatistik. Det er derfor et lovfæstet krav i Skovlovens §35 at der mindst hvert 10. år gennemføres en national skovstatistik.

En god skovstatistik giver et velfunderet grundlag for analyser og diskussioner om skovpolitik og skovøkonomi.

Siden 1881 har man i Danmark med jævne mellemrum gennemført skovtællinger. Skovtællingerne har været gennemført som spørgeskemaundersøgelser, hvor den enkelte skovejer indberettede skovarealets størrelse og fordeling til arts- og aldersklasser. Indberetningerne dannede grundlag for en beskrivelse af det danske skovareal, som igen har dannet grundlag for analyser af skovarealets udvikling samt skovens ressourcer og deres produktivitet.

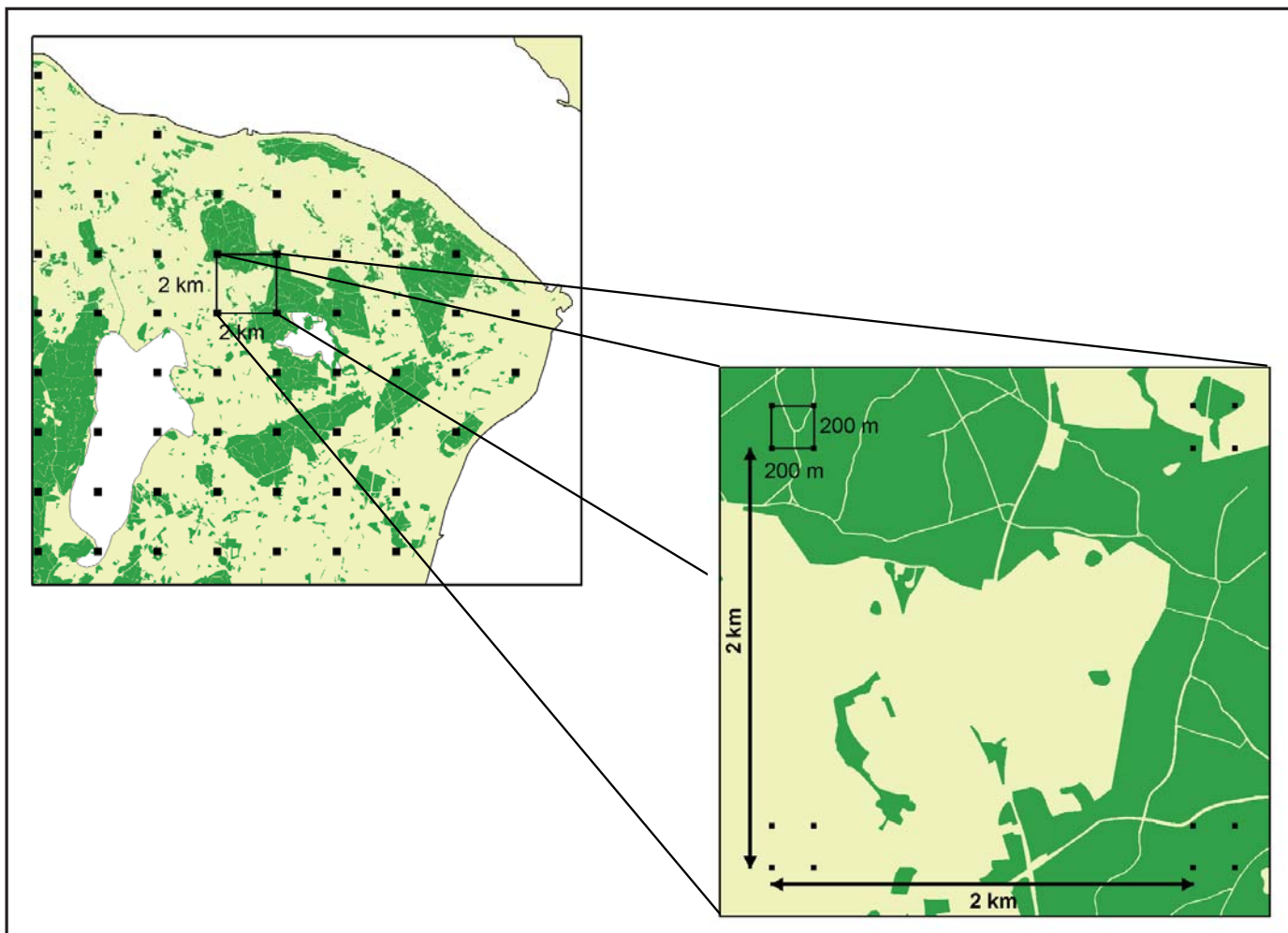
Kravene til information om skovene er blevet stadigt større og mere komplekse. For at imødekomme disse krav indledte Skov & Landskab i 1998 arbejdet med en ny skovstati-

stik baseret på stikprøvevise målinger i skov (Johannsen et al. 2002, Jørgensen 2003). Indsamlingen af data til den ny skovstatistik startede i 2002 og den første femårige rotation af målinger blev afsluttet i efteråret 2006. Skovstatistikken udføres for Skov- og Naturstyrelsen, Miljøministeriet.

### Stikprøvebaseret skovstatistik – NFI

Den stikprøvebaserede skovstatistik, almindeligvis kaldet NFI (National Forest Inventory), er baseret på et stort antal prøveflader fordelt over landet i et 2 x 2 km kvadratnet. I hver af nettets kvadrater er placeret en gruppe på fire prøveflader i hjørnerne af et kvadrat på 200 x 200 meter (se figur 1). Prøvefladerne er cirkulære med en radius på 15 meter. I tilfælde, hvor den enkelte prøveflade gennemskæres af eksempelvis markskel eller bevoksningsgrænser, deles prøvefladen op i mindre enheder. Da der er ca. 7.700 skovbevoksede prøveflader i landet, kan ikke alle prøveflader måles i samme år. Derfor måles over en femårig periode hvert år en femtedel af prøvefladerne jævnt fordelt over landet.

Målingerne af skovstatistikens prøveflader gentages i en løbende rotation med en femårig cyklus. For at følge udviklingen af skovene over tid mht. vækst, struktur, artsammensætning, biodiversitet, sundhed etc., er omkring en tredjedel af grupperne gjort permanente og måles med fem års mellemrum. De øvrige grupper er midlertidige og erstattes løbende med nye midlertidige grupper. De cykliske målinger af permanente og temporære prøveflader medfører, at analyser vedrørende skovens udvikling kan opdateres løbende hvert år.



Figur 1. Opbygning af den stikprøvebaserede skovstatistik – NFI'en. De fire prøveflader i hver gruppe er placeret med en indbyrdes afstand på 200 m i et 2 x 2 km kvadratnet. Baggrundskort: © KMS, A15-99

### Brug af GIS i den danske skovstatistik

Den danske skovstatistik benytter sig af mange forskellige typer af georefererede data, dels i forbindelse med selve målingerne og dels ved de efterfølgende beregninger.

Når den samlede mængde af permanente og temporære prøveflader er fastlagt forud for målesæsonen dannes et kort med prøvefladerne med digitale orthofotos som baggrund. Ved hjælp af disse kort vurderes alle prøveflader visuelt på baggrund af digitale orthofotos inden målingerne (se figur 2), og træbevoksede arealer klassificeres som "Skov" eller "Andet træbevoksede areal" efter internationale definitioner. Alle prøveflader, der er placeret i skov eller på andre træbevoksede area-

ler - undtaget sommerhusområder, parker og urbane områder - bliver efterfølgende målt i felten i løbet af sommerhalvåret.

De udvalgte prøveflader sammenskæres (vha. 'overlay analyse') med matrikelkortet samt kort over EU habitatområder, idet matrikler og habitatområder, der ligger inden for prøvefladens radius på 15 m ekstraheres. Matrikelinformationen flettes efterfølgende sammen med Ejendoms Stamregisteret (ESR), der bl.a. indeholder information om ejere, administratorer og arealklassifikation (såsom fredsskov, sommerhusområder mv.). Forud for målesæsonen bruges informationen om ejernes adresser til at udsende et brev med information om skovstati-

stikken til de berørte skovejere. Lister med information om typen af ejerskab og eventuelle habitatområder på prøvefladerne uddeles forud for målesæsonen til måleholdene. Listerne danner blandt andet grundlag for at foretage en række yderligere registreringer der alene udføres i habitatområder.

Efter målesæsonen bruges information om typen af ejerskab på de enkelte prøveflader som grundlag for beregninger af eksempelvis skovens fordeling til forskellige kategorier af skovejere. Yderligere sammenskæres alle prøveflader (både målte og ikke-målte) efter målesæsonen med regions- og kommunekort, idet den enkelte prøveflade for nemheds skyld allokeres til den administrative enhed hvortil prøvefladens centrum hører. Denne information bruges som grundlag for beregninger af skovstatistikens variable på både kommunalt og regionalt niveau.

### Registreringer i felten

I felten findes den enkelte prøveflade med en Trimble GPS Pathfinder Pro XRS receiver påmonteret end Trimble Hurricane antenne, som bæres i en rygsæk. Præcisionen af dette udstyr er efter differentiell korrektion angivet til 30 cm efter 5 minutters satellit tracking. De permanente prøveflader markeres med en galvaniseret stålpind, der stikkes ned under terræn niveau og som kan genfindes med en metaldetektor.

På prøvefladerne registreres en lang række bevoksningsforhold som bl.a. omfatter terræn, jordbund, buskvegetation, flora, afstand til skovbryn, bevoksningens oprindelse og behandling, kronedække, bevoksningens alder, højde og tæthed samt skader på skoven. Observationerne lagres i en håndholdt feltcomputer og overføres ugentlig til en fast database.

På prøvefladen måles træernes diameter 1,3 m over færdselsniveau afhængig af træets størrelse. Således måles alle træer indenfor en radius af 3,5 m fra prøvefladens centrum. Indenfor en radius af 10 m måles træer med



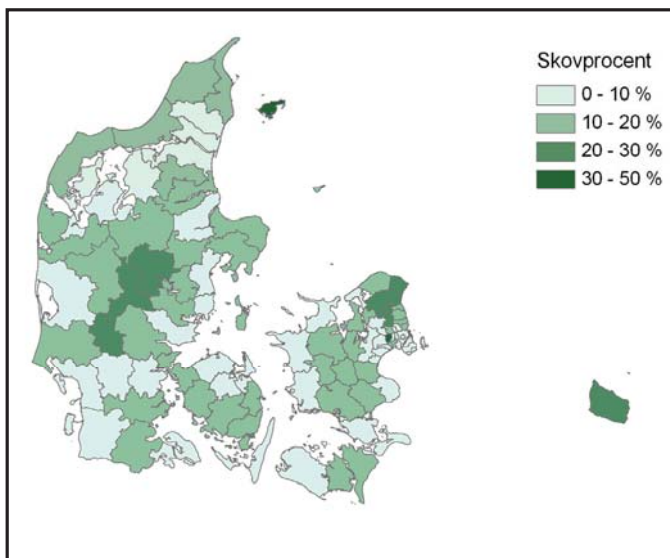
Figur 2. Fire prøveflader i et 200 x 200 meter kvadrat på baggrund af et digitalt orthofoto. Baggrundskort: DDoland (2006) © COWI.

en diameter over 10 cm, mens træer med en diameter på mere end 40 cm måles indenfor en radius af 15 m. Denne inddeling er foretaget for ikke at bruge uforholdsmæssig meget tid på måling af meget små træer.

Træernes diameter måles med en stor, elektronisk skydelære (en 'klup') og data sendes elektronisk til den håndholdte feltcomputer. På et tilfældigt udsnit (2-6 træer) af de målte træer på prøvefladen foretages yderligere målinger af træets højde, alder, kronenhøjde, tvegehøjde og støddiameter samt registrering af frøsætning, nåle-/bladtab, misfarvning af løvet og tilstedeværelse af mosser og laver. Desuden bliver de enkelte træers positioner fastlagt på de permanente prøveflader.

### Resultaterne

I skovstatistikens første 5-årige målerotation (2002-2006) blev der samlet set udlagt 42.942 prøveflader, hvoraf 7.693 ud fra orthofotos blev kategoriseret som 'Skov' eller 'Andet træbevokset areal'. Af det samlede antal udvalgte prøveflader blev kun 5.099 målt i felten som følge af begrænsninger i adgangen til private skove og problemer ved



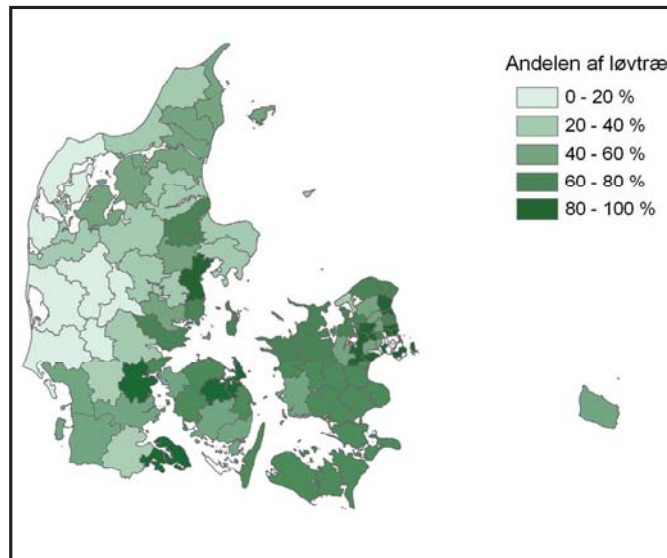
Figur 3. Andelen af skovarealet for de forskellige kommuner. Fra Skove & Plantager 2006 (Nord-Larsen et al. 2008)).

opstarten af projektet. I de senere år er retten til adgang til private skove blevet fastslået i Skovloven og feltholdene har opnået en større rutine således at alle udvalgte punkter måles i løbet af feltsæsonen fra maj til oktober. På baggrund af disse resultater blev skovprocenten beregnet til 12,4 pct. eller 534.000 hektar. Andelen af skov er størst i de midtjyske og nordsjællandske kommuner samt på Bornholm (Figur 3).

Af det samlede skovareal er 64 pct. privatejet, 23 pct. er statsskov, 4 pct. ejes af fonde og stiftelser mens 7 pct. har andre offentlige ejere. Andelen af statsejede skove er størst i Nordsjælland, der rummer de gamle kongeskove.

Af det samlede skovareal er 53 pct. dækket med nåletræer, 43 pct. er dækket af løvtræer mens resten er ubevoksede arealer. Andelen af løvtræ er størst i landets østlige egne (Figur 4). Det mest almindelige træart er rødgran der dækker 19 pct. af det samlede skovareal, mens den næst hyppigste art er bøg, der dækker 13 pct. af skovarealet.

I forhold til de tidligere opgørelser har den stikprøvebaserede skovstatistik givet overraskende resultater med hensyn til skovarealets størrelse, artssammensætning og vedmassens størrelse. Den direkte måling har således vist at skovarealet var ca. 10



Figur 4. Andelen af løvtræ fordelt på kommuner. Fra Skove & Plantager 2006 (Nord-Larsen et al. 2008).

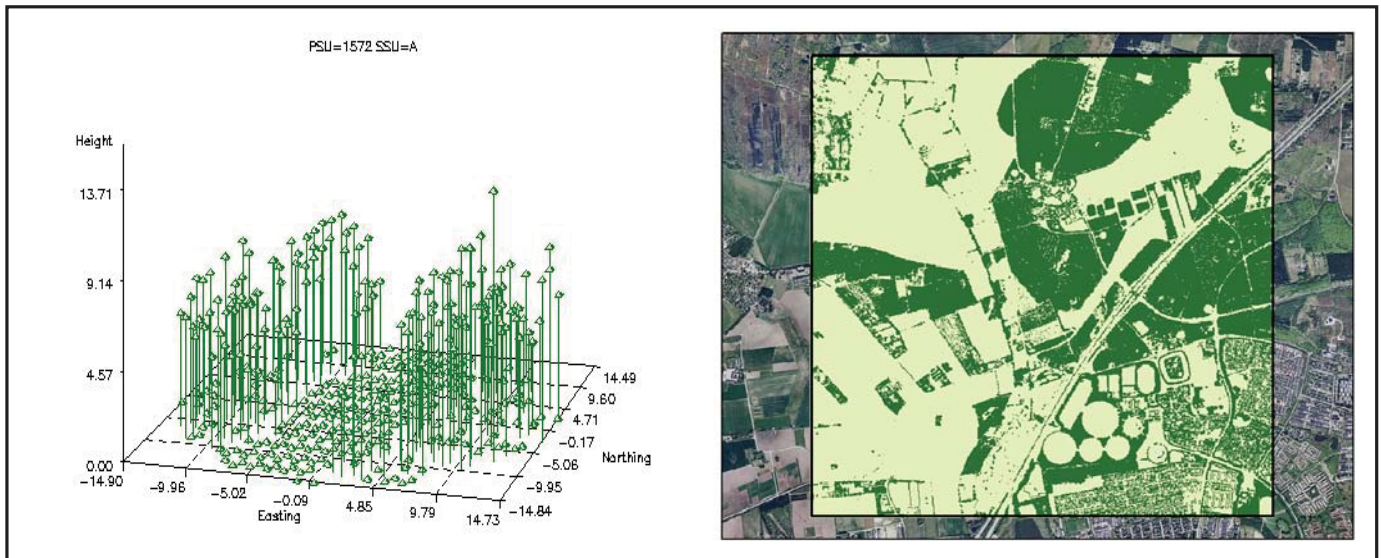
pct. større end opgjort ved den seneste tælling i 2000, at andelen af løvtræ er ca. 9 pct. større og at den gennemsnitlige vedmasse er 40 kubikmeter eller 25 pct. større end tidligere beregnet. De samlede resultater af skovstatistikken kan læses i publikationen Skove og plantager 2006 (Nord-Larsen et al. 2008).

### Skovstatistik: Perspektiver og forskning

Resultatet af den danske skovstatistik er ikke alene statistikker over skovens størrelse, træarternes fordeling, friluftslivets udbredelse, omfanget af skader på skoven og de mange andre variable der kan udledes af det samlede måleprogram. De indsamlede data indgår samtidig i den pågående forskning indenfor bl.a. remote sensing, geostatistik og sampling.

### Satellitbilleder

Danmark tiltrådte Kyoto-protokollen i 2002 sammen med de øvrige EU-lande. Man valgte fra dansk side at gøre brug af protokolens artikel 3.3 og 3.4, der vedrører flukse af CO<sub>2</sub> som kan tilskrives skovrydning, skovrejsning og gentilplantning (artikel 3.3), og flukse af CO<sub>2</sub> som kan tilskrives ændret skovdyrkning og ændret dyrkning af landbrugsafgrøder og græsmarker (artikel 3.4). Som følge af beslutningen om at ratificere denne del af protokollen er man tvunget til at udvik-



Figur 5. Eksempel på laser scanning data (t.v.). Figuren viser den 3-dimensionelle fordeling af reflektionerne fra vegetationen og jorden på prøveflade 1572 A. I midten kan man se reflektionerne fra en skovvej der går igennem prøvefladen. Til højre ses et forsøg på at tegne et skovkort ud fra laser scanning data. Det udvalgte område dækker 3X3 km af Vestskoven og Albertslund. Baggrundskort: DDOLand 2006 ©COWI.

le metoder til at opgøre udledningen/opsparringen af CO<sub>2</sub>, der kan tilskrives ændringer i skovarealet og ændringer i skovenes dyrkning siden basisåret 1990.

Skov & Landskab anvender satellitbilleder (Landsat TM og ETM+) til at kortlægge skovarealet i Danmark for basisårene 1990 og 2005. Desuden udarbejdes et arealanvendelseskort for årene 1990, 2005 og 2012 for Danmark i de 6 areal anvendelses klasser, der skal rapporteres til Kyoto. Dette danner grundlag for en landsdækkende arealanvendelsesmatrice for rapporteringsperioden 2008-2012. I analysen er inddraget en lang række informationer fra andre kilder som fx. fredskovsnotering, §3 registreringer og andre kort og data til information om arealanvendelse i skovene. Endelig har data fra Skovstatistikken bidraget til at kontrollere kortlægningen, idet alle prøveflader fra Skovstatistikken kan genfindes på satellitbillederne. Til dette arbejde er der bl.a. givet støtte fra ESA via firmaet Prins Engineering og fra Klima- og Energiministeriet.

#### Laser scanning af skovressourcer

Traditionelle metoder til opgørelse af skovarealer, vedmasse ressourcer, og kulstofbinding omfatter direkte målinger af en stor

mængde træer på udlagte prøveflader. Hvis der ønskes en høj grad af præcision på et lokalt niveau eksempelvis for at kunne allokere træressourcer til industrien er denne metode er relativt bekostelig, da der skal udlægges et stort antal prøveflader.

Flybåren laser scanning (Light Detection And Ranging, LiDAR) har med succes været brugt i de øvrige nordiske lande til at estimere skovressourcer på lokalt og regionalt niveau. Ved flybåren laserscanning udsendes en nærinfrarød impuls mod jorden. Impulsen reflekteres fra jordoverfladen og vegetationen og retursignalet registreres af en sensor på scanneren. Ud fra flyets position, scanningsvinklen samt tiden før lysimpulsen opfanges af modtageren kan positionen af objektet beregnes. Refleksioner fra jordoverfladen anvendes til at producere detaljerede terrænkort. Højden over jorden og fordelingen af de impulser der reflekteres fra vegetationen giver et mål for kronetagets højde. Endvidere kan fordelingen og tætheden af impulser over terrænet samt styrken af retursignalet relateres til bevoksningsvariable observeret på jorden. På baggrund af disse relationer kan man udvikle modeller til at opgøre træressourcerne i skovene ud fra laser scanning data.

I et projekt, der har til formål at analysere skovens binding af CO<sub>2</sub>, er data fra en landsdækkende laser scanning udført i 2006-07 blevet sammenskåret med skovstatistikens prøveflader (vha. 'intersect' analyse og en radius på 15 m) (Klima- og Energiministeriet). For hver prøveflade beregnes en lang række variable der karakteriserer fordelingen af refleksionernes højde over jorden. De udledte variable sammenholdes i en statistisk model med bl.a. kronetagets højde og bevoksningens vedmasse, biomasse og kulstofbinding som de afhængige variable.

De indledende analyser viser at der er en stærk korrelation mellem bl.a. kronetagets højde og højden over jorden af laser scanningens refleksioner. Grundet den store korrelation mellem kronetagets højde og skovens vedmasse kan dette forhold bruges til at bestemme skovens træressourcer. Da profilen af laser scanningens refleksioner adskiller sig fra profilen af faste objekter (eksempelvis huse eller broer) kan laser scanningen også bruges og som grundlag for at udarbejde nøjagtige kort over skovene (Figur 5).

#### *Tolkning af infrarøde billeder*

Som følge af forskelle i træarters løv kan nærinfrarøde billeder anvendes til at skelne mellem skov og andre arealanvendelser og endda mellem enkelte træarter. Nærinfrarøde billeder kan derfor anvendes til at kortlægge skovene hvad angår deres udbredelse og artssammensætning. Derimod siger de infrarøde billeder ikke noget om skovens træressourcer og deres fysiske karakteristika.

I et nyt projekt vil man på Skov & Landskab kombinere data fra flybåren laser scanning med nærinfrarød fotometri. Herved bliver det muligt at opgøre lokale træressourcer og deres fordeling til træarter og -størrelser. Dette vil gøre det muligt at lave detaljerede studier af skovressourcernes karakteristi-

ka og tilgængelighed samt at sikre en optimal allokering af træ til den sekundære industri. Metoden kan endvidere anvendes til opgørelse af skovens biomasse og binding af kulstof, eksempelvis i forbindelse med skovrejsningsprojekter.

#### **Konklusion**

Den danske skovstatistik gør i stort omfang brug af georefererede data både i forbindelse med udvælgelsen af målepunkter der skal besøges i felten og til at udlede supplerende information om de enkelte punkter. Dette gør det blandt andet muligt at udlede information om skovens fordeling til ejerkategorier, hvilket er af stor betydning for skovens forvaltning og skovpolitiske beslutninger.

At informationerne der indsamles i forbindelse med den danske skovstatistik er georefererede medfører at det indsamlede data kan anvendes til en række analyser som omfatter tolkning af satellitbilleder, data fra flybåren laser scanning eller infrarøde fotos. Herved udvides anvendeligheden af de indsamlede data fra alene at kunne anvendes til opgørelse af ressourcer mv. til også at tjene formål inden for forskning og udvikling.

#### **Referencer**

- Johannsen, V. K., A. Bastrup-Birk & J. P. Skovsgaard (2002). Danmarks nye skovstatistik 2002. Skoven 34, 178-180.
- Jørgensen, B.J. (2003). Danmarks nye skovstatistik har fået en flyvende start. Skoven 35, 225-228.
- Larsen P. H. & V. K. Johannsen (2002). Skove og plantager 2000. Danmarks Statistik, Skov & Landskab, Skov- og Naturstyrelsen. København. 171 sider.
- Nord-Larsen, T. , V. K. Johannsen, B. B. Jørgensen & A. Bastrup-Birk (2008). Skove og plantager 2006. Skov & Landskab, Hørsholm. 185 pp.

#### **Om forfatterne**

Thomas Nord Larsen ([tnl@life.ku.dk](mailto:tnl@life.ku.dk)) og Annemarie Bastrup-Birk ([ab@life.ku.dk](mailto:ab@life.ku.dk)) er Seniorforskere ved Skov & Landskab, Københavns Universitet