

# Skovstruktur i urørt og forstligt drevet skov

Sebastian Kepfer-Rojas, Torben Riis-Nielsen, Inger Kappel Schmidt, David Bille Byriell, Mathias Justesen, Allan Overgaard Nielsen, Morten Alban Knudsen, Vivian Kvist Johannsen

Kun 5,5 % skov i Danmark er urørt (Nord-Larsen et al. 2016). I de kommende år vil flere skove blive udlagt til urørt skov som en vigtig indsats for at stoppe tilbagegangen af biodiversiteten i skovene (Højgård Petersen et al. 2016). Derudover er der implementeret naturnær skovdrift i statsskovene, hvilket kan gavne diversiteten af skovtilknyttede arter. Intensiv skovdrift har primært til formål at optimere biomasseproduktionen og strukturen, og sammensætningen af skoven er overvejende målrettet en høj vedproduktion med mindst mulig investering. Det resulterer oftest i monokulturer af ensaldrende træer, der fældes samtidig ved renafrift, hvorved skovens naturlige udvikling og næringskredsløb ændres drastisk. Dertil kommer dræning af skovjordene. En konsekvens af disse tiltag er et skovmiljø uden kontinuitet og karakteriseret af lav strukturel hetero-

genitet. En mere naturlig udviklet skov vil have en mere varieret struktur og flere habitater og kan dermed potentielt rumme højere diversitet af flora og fauna.

Etablering af områder med urørt skov er foreslået som den økonomisk set mest effektive måde at undgå yderligere tab af biodiversitet i Danmark (Højgård Petersen et al. 2016), men spørgsmålet er, om den urørte skov vil resultere i en dominans af sen-successions arter som bøg (*Fagus sylvatica*) på bekostning af f.eks. eg, hvilket kan have negative konsekvenser for biodiversiteten. Bøg er et skyggetræ, der kan begrænse udviklingen af en varieret skovbundsflora og busklag og hæmme rekrutteringen af andre træarter.

Naturnær skovdrift med plukhugst har været foreslået som en driftsform, der

potentielt kan sikre bedre beskyttelse af biodiversiteten i skov og samtidig give et vist økonomisk afkast. Formålet med naturnær skovdrift er skovdrift med naturlig selvforyngelse, uensaldrende bevoksninger med flere træarter i forskellige aldre inden for et relativt lille areal. I den naturnære skovdrift anvendes der ikke dræning eller jordbearbejdning (Brunet et al. 2010; Larsen og Nielsen 2007). Rationalet er, at denne type drift vil understøtte en skovstruktur til gavn for flora og fauna. Driftsformen er vidt udbredt i Europa, men dens betydning for diversiteten i skovene mangler stadig dokumentation.

For at kunne evaluere skovdriftens betydning for biodiversiteten, er det nødvendigt at identificere hvilke nøglefaktorer, der understøtter bæredygtige populationer af skovtilknyttede arter, og hvordan skovdriften påvirker disse nøglefaktorer. Da en fuldstændig kortlægning af forskellige taksonomiske grupper ofte ikke er mulig, er strukturelle elementer og andre faktorer af betydning for biodiversiteten brugt som et proxy for biodiversitet generelt, selv om det snarere er en kortlægning af potentialet for biodiversitet (Johannsen et al. 2017). Adskillige studier har identificeret nøglefaktorer med en positiv betydning for biodiversiteten i skovbunden (Lindenmayer et al. 2006; Gossner et al. 2014). Store træer, dødt ved, strukturel heterogenitet, artsdiversitet i kronelaget, naturlig hydrologi og naturlige forstyrrelser antages f.eks. at have betydning for høj forekomst og diversitet af mange taxa.

I dette studie sammenligner vi skovstrukturer og andre habitat-karakterer i 17 skovbevoksninger på Sjælland som hhv. er under intensive skovdrift (renafdrift), naturnær skovdrift med plukhugst eller har

## Summary

### Forest structures in managed and unmanaged deciduous forests

Only 5,5 % of the forests in Denmark are unmanaged. It is foreseen that the area with unmanaged forest or forest managed for biodiversity will increase in the future. Identifying the key elements that characterize management practice and how they relate to biodiversity can aid in informing and developing prioritization plans for the designation of unmanaged forest areas and production forests. In the present study, we compare key forest structures in 17 paired managed and unmanaged forests for elements, which are identified as important for biodiversity in forests e.g. dead wood and structural heterogeneity. We found that intensively managed forests match unmanaged forests in regard to biomass, tree density and tree volume whereas key factors for biodiversity such as the amount of dead wood, the number of large trees and the structural heterogeneity expressed as standard deviation on tree height at plot scale are higher in the unmanaged forests. Further, there are fewer wetlands in the managed forests due to extensive drainage. The study only included two forests where selective forestry is practiced. However, data from these two sites indicate that the selective forest management practiced in the State forests may reduce the impact of intensive forest management.

Keywords: Lidar; structural heterogeneity, selective forest management, beech, *Fagus sylvatica*, dead wood

ligget helt urørt i 20 til 100 år efter længere perioder med meget ekstensiv drift (Møller 2017). Vi undersøgte artsrigdommen og dominansstrukturer i kronelaget og opvæksten af træer i relation til abiotiske faktorer som næringsstoffer og vand og i samspil med driften. Vi fokuserede specielt på strukturelle egenskaber, som er kendt for at understøtte diversitet af skovtilknyttede arter (Lindenmayer et al. 2006). Desuden bliver de samme data brugt i de følgende artikler til at evaluere skovdriften i relation til diversitetsmønstre af flere organisme-grupper.

## MATERIALE OG METODE

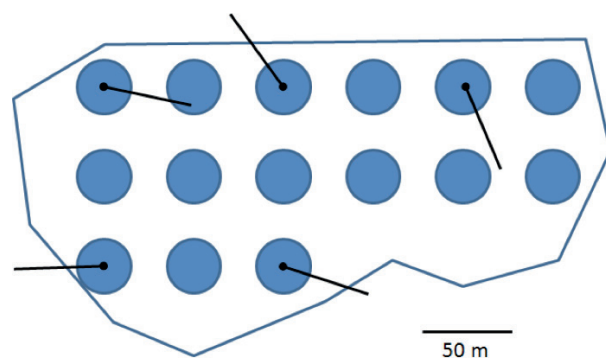
Som opfølgning på projektet Biologisk Mangfoldighed (Møller 1997) genbesøgte vi i 2015 i alt 17 skovbevoksninger fordelt på syv lokaliteter på Sjælland (Tabel 1), hvor der i perioden 1992-1994 blev foretaget en række undersøgelser af udvalgte artsgrupper. I forhold til den første undersøgelse, var vi ikke i stand til at inkludere Krenkerupskov, men vi inkluderede en urørt bevoksning i Jonstrupvang i den seneste undersøgelse. En grundig gennemgang af skovene findes i Møller (1997) og Møller (2017).

I denne undersøgelse anvendes der et standardiseret design, hvor bevoksninger er inddelt i et 50 x 50 m og 100 x 100 m kvadratnet til kortlægning af bl.a. skovstruktur og jordbundsparametre. Skovene har tidligere været undersøgt for en række organismegrupper (Møller 1997), men en systematisk kortlægning af skovstrukturen har ikke været lavet før. Kortlægningen omfattede både opmåling i felten og remote sensing teknik (LiDAR) (Nord-Larsen et al. 2017). Feltmålingerne er baseret på et 50 x 50 m kvadratnet, hvor alle træer blev bestemt til art, og højde og diameter blev målt i en 15-m cirkel med centrum i kvadratnettets hjørnepunkter med samme metode som praktiseres i Danmarks Skovstatistik (Nord-Larsen et al. 2016). I alt undersøgte vi 375 cirkler.

Tabel 1. Skove og bevoksninger i undersøgelsen og deres driftsmæssige status. *Forests and stands investigated and their management status. Urørt=unmanaged; Intensiv=intensively managed, Plukhugst=selective harvest.*

	Skov og bevoksning	Koder	Drift	Driftsklasse	Vedvarighed*
1	Strødam 1	STDA	Urørt	10-50 år	2
	Strødam 2	STDA	Urørt	10-50 år	3
	Strøgårdsvang	SGVA	Intensiv		3
2	Bredvig A	BRMO	Urørt	>50 år	5
	Bredvig B	BRMO	Plukhugst		1
3	Farum Lillevang A	FALI	Urørt	>50 år	4
	Farum Lillevang B	FALI	Intensiv		2
4	Nørreskov A	NOER	Urørt	10-50 år	3
	Nørreskov B	NOER	Intensiv/Plukhugst		2
5	Jonstrupvang A	JONS	Urørt tidl. plukhugst	10-50 år	4-5
	Jonstrupvang B	JONS	Intensiv		2
6	Suserup	SUSE	Urørt	>50 år	3-4
	Næsbyholm (Suserup ref)	NAES	Intensiv		2/0
7	Rådmandshave A	RAAD	Urørt	>50 år	2-
	Rådmandshave B	RAAD	Urørt	10-50 år	2-
	Rådmandshave C	RAAD	Urørt tidl. plukhugst	10-50 år	2-
	Rådmandshave D	RAAD	Urørt tidl. plukhugst	10-50 år	2-

\*Vedvarighed fra Møller (2017). 0: <50 år; 1: 50-100 år; 2: 100-500 år; 3: 500-1000 år; 4: 1000-5000 år; 5: >5000 år.



Figur 1. I hver bevoksning blev der udlagt et 50 x 50 m kvadratnet til systematisk måling af skovstruktur, flora og regeneration af træerne (blå cirkler). I punkterne i 100 x 100 m nettet målte vi dødt ved, lys, vand, jordbunds-kemi (cirkler med transektlinje). *In each stand, we established a 50 x 50 m grid for systematic measurement of trees, understory vegetation and tree seedlings (blue circles). In the 100 x 100 m grid points, we measured soil chemistry, dead wood, light, soil water and a number of organism groups (circles with transect line).*

Tabel 2. Abiotiske faktorer i relation til skovdriftstyperne. Data er gennemsnit $\pm$ SE baseret på målinger i 100 x 100 m punkterne i kvadratnettet. Jordvand er baseret på målinger med Thetaprobe.

*Abiotic factors in relation to forest management as mean $\pm$ SE based on measurements in the 100 x 100 m grid points.*

	C % 0-5 cm	N % 0-5 cm	CN 0-5 cm	pH <sub>CaCl2</sub> 0-5 cm	O-horisont tykkelse	% vand i jord 0-10 cm
<b>Intensiv</b>	0,41 $\pm$ 0,02	7,46 $\pm$ 0,60	17,4 $\pm$ 0,44	3,84 $\pm$ 0,13	3,83 $\pm$ 0,22	28,0 $\pm$ 1,0
<b>Plukhugst</b>	0,66 $\pm$ 0,14	9,92 $\pm$ 2,49	14,7 $\pm$ 0,55	4,92 $\pm$ 0,28	3,51 $\pm$ 0,42	39,8 $\pm$ 3,7
<b>Urørt</b>	0,53 $\pm$ 0,04	9,09 $\pm$ 0,88	16,7 $\pm$ 0,34	4,21 $\pm$ 0,13	3,59 $\pm$ 0,17	36,0 $\pm$ 1,5

Tabel 3. Strukturelle parametre som er målt i 15-m cirklerne (plot) eller i hele bevoksningen (Lidar).

*Structural parameters measured in 15-m circles (plot) or across the stand (Lidar)*

Variabel	Enhed	Intensiv	Plukhugst	Urørt	English	note
<b>Grundflade (Gtot)</b>	m <sup>2</sup> /ha	25.5(3.0)	29.1(4.6)	34.4(1.9)	basal area	Træernes grundflade
<b>Kronedække</b>	%	79.8(2.1)	86.7(6.2)	88.5(0.99)	canopy cover	Kronedække - fra Lidar
<b>Træer/ha (Nha)</b>	n/ha	208(43)	312(23)	281(18)	stem density	Antal stammer (DBH > 10 cm) per ha
<b>Træhøjde</b>	m	31(2.5)	27.9(1.1)	32.4(0.97)	canopy height	Gennemsnitlig højde - fra Lidar
<b>Store træer</b>	n/ha	2.19(0.63)	1.05(0.34)	2.36(0.22)	large trees	Antal stammer (DBH > 60 cm) per ha
<b>Strukturel heterogenitet (plot) (Shp)</b>	m	162(37)	209(40)	258(11)	structural heterogeneity (plot)	Standardafvigelse på træhøjden for træer DBH > 10cm i plots og gennemsnit per bevoksning
<b>Strukturel heterogenitet (Shs)</b>	m	130(31)	80.2(23)	122(8.5)	structural heterogeneity (stand)	Standardafvigelse på træhøjden for træer DBH > 10cm per bevoksning fra Lidar
<b>Volumen (Vha)</b>	m <sup>3</sup> /ha	484(70)	479(82)	624(43)	volume	Biomasse af stammer
<b>Dødt ved (Dwp)</b>	m <sup>3</sup> /ha	15.1(3.4)	31.4(10)	122(14)	dead wood(plot)	Dødt ved volumen (DBH > 5cm) målt i 15-m plot
<b>Dødt ved (Dwt)</b>	m <sup>3</sup> /ha	16.5(5.6)	76.9(26)	189(30)	dead wood(transect)	Dødt ved volumen (DBH > 10cm) målt i 50-m transekt
<b>Trædiversitet</b>	antal	6.4(1.5)	10.7(1.6)	8.11(0.9)	Stand diversity of trees	Antal arter af træer per bevoksning

Dødt ved blev målt i en 15 m cirkel og i transekter fra hjørnepunkter i 100 x 100 m kvadratnettet (Figur 1). Transekterne var 50 m lange og 10 m brede og udlagt i tilfældig retning fra hjørnepunkterne. Tilsvarende blev 4 jordprøver indsamlet i hvert kvadrant og opdelt i O-horisont, 0-5 cm, 5-15 cm og 15-30 cm og analyseret for pH, kulstof (C), kvælstof (N), fosfor (P) og kationer. Tykkelsen af det organiske lag blev målt og materialet opdelt i løv og ved. Lys blev målt i en 15-m cirkel i kvadrantpunkterne med et kronespejl, jordfugtighed blev målt på jordprøverne og med en Thetaprobe. Baseret på topografien blev der beregnet et topografisk vandindeks (TWI) for alle punkterne.

#### Statistisk metode - struktur

Vi sammenlignede 10 strukturelle parametre (Tabel 3). Vi brugte et parvist design til at sammenligne bevoksninger med forskellige driftsformer. Konkret dividerede vi værdien for en variabel i den urørte bevoksning med den tilsvarende værdi i den drevne skov (intensivt eller plukhugst). Alle data blev Log<sub>10</sub> transformeret inden analysen. På denne måde får vi en relativ respons, der gør det muligt proportionalt at sammenligne de forskellige strukturelle parametre.

Vi inkluderede en proxy for alder, da skovene strukturelt ændrer sig over tid. Det blev beregnet som gennemsnit af DBH (stammediameter i 1.3 m) af det største træ i hvert felt.

#### Statistisk metode – diversitet og bøgedominans

Vi testede for forskelle i artsrigdom og artsammensætning af træer mellem driftsformerne med en general mixed model med Poisson error fordeling for at sammenligne antal arter på bevoksnings- og plotniveau mellem driftsformerne. Modellerne blev tilpasset med arealet som en tilfældig effekt for at tage hensyn til det parvise design. Vi testede for forskelle i skovhistorie (fase) ved at teste for kronelag og opvæksten af træerne separat. Vi definerede al opvækst som træer med DBH < 10 cm. Tilsvarende analyse blev lavet for at teste forskelle i dominansstruktur af træerne. Vi beskrev bøgens dominans i den enkelte bevoksning ved at tage den relative andel af træernes grundflade som udgøres af bøg i hvert felt.

Tilgængeligheden af vand blev bestemt med Topografisk Vandindeks (TWI), der er et mål for, hvordan et punkt eller område topografisk er placeret i landskabet og dermed hvor vand forventes at akkumulere i et område (Ågren et al. 2014). Effekten af

jordens vandindhold (TWI) på den relative udbredelse af bøg blev testet med en mixed linear model med TWI som indikator og andelen af bøg som respons.

## RESULTATER

### Abiotiske faktorer

Generelt er koncentrationen af kulstof og kvælstof lavere i jordens øverste lag i de intensivt dyrkede skove, hvilket er forventeligt med udtag af biomasse og dermed næringsstoffer (Tabel 2). Jordens evne til at binde vand er bl.a. relateret til kulstofmængden, og jordens vandindhold er da også markant lavere i de intensivt drevne skove. Tilsvarende er indholdet af kationer som calcium også betydeligt lavere i de intensivt drevne skove, og jorden er generelt mere sur.

### Strukturelle forskelle

Strukturen i den urørte skov er markant forskellig fra den intensivt drevne skov og i mindre grad forskellig fra skove med plukhugst (Tabel 3; Figur 2). Generelt har den urørte skov højere værdier for alle strukturelle parametre, vi har taget i betragtning.

Den største forskel ses for dødt ved (DW, Figur 2 og 3), hvor volumen af det døde ved er markant højere i de urørte bevoksninger sammenlignet med de intensivt



Stående og liggende dødt ved i den urørte del af Nørreskov. Foto: Peter Friis Møller.  
*Standing and laying dead wood in the unmanaged Nørreskov*

drevne bevoksninger. Kun den strukturelle heterogenitet for hele bevoksningen er højest i den forstligt drevne skov, hvilket skyldes, at der her både er unge og gamle bevoksninger i en mosaik af monokulturer. Den vertikale heterogenitet målt som variationen i kronehøjden på punkt-niveau med Lidar er derimod højere i den urørte skov.

Mængden af dødt ved ser ud til at stige med alderen på bevoksningen for alle tre driftstyper. Træalder er her estimeret ud fra stamme diameter af det største træ i hver 15-m cirkel (DBH<sub>max</sub>; Figur 3 til højre). Stigningen er betydeligt større i både den urørte skov og i skovene med plukhugst end i den intensivt drevne skov.

#### **Vedplanternes diversitet og sammensætning**

Vi opmålte i alt 11,365 stammer fordelt på 25 forskellige arter af vedplanter. Artsantallet af vedplanterne på bevoksningsniveau varierede fra kun 4 arter i Strøgårdsvang

til 13 arter i Rådmandshaves C-parcel. Der var ikke signifikant forskel mellem driftstyperne ( $P = 0.20$ ) på bevoksningsniveau (Figur 4, venstre). Hvis vi i stedet kigger på diversiteten i de enkelte 15-m cirkler (alpha-diversitet) er den højere, hvor der anvendes plukhugst ( $P = 0.03$ ) eller skoven er urørt ( $P < 0.01$ ), i forhold til den forstligt drevne skov (Tabel 3; Figur 4 til højre). Vi fandt ingen signifikant forskel i vedplanternes diversitet mellem plukhugst og den urørte skov ( $P = 0.93$ ).

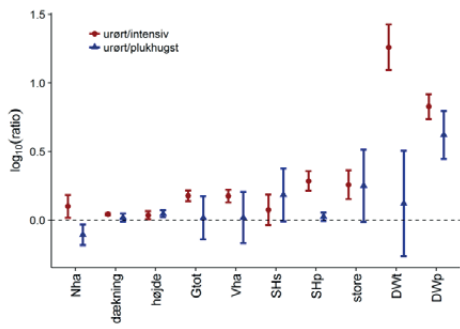
Sammensætningen af vedplanter varierede mere mellem lokaliteterne end mellem driftstyperne indenfor en lokalitet. Skovene er udvalgt som bøgedominerede bevoksninger, og bøgen er også den dominerende art på tværs af alle skovene. Der er dog store forskelle. I Rådmandshaves A-parcel (RAAD\_A) udgjorde bøgen 8 % af stammernes grundflade mod 99 % i den urørte del af Nørreskov (NOER\_A). Tilsvarende variation fandt vi i opvæksten af bøg,

hvor der i den forstligt drevne del af Farum Lillevang (FALI\_B) og i RAAD\_A ikke var bølgeopvækst, hvorimod bøgen udgjorde 99 % af opvæksten i Strøgårdsvang (se mere om regeneration af skoven i Riis-Nielsen et al. 2017). Der er ikke signifikant forskel på bogens dominans eller bogens andel af opvæksten mellem skovdriftstyperne.

#### **Hydrologiens betydning for bogens dominans**

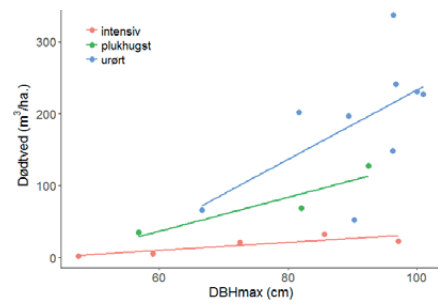
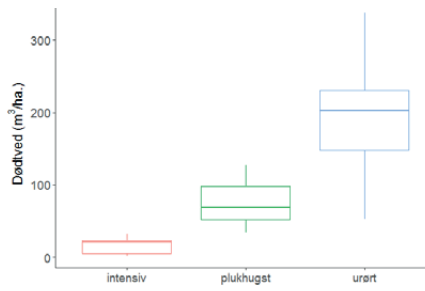
Bøgens relative forekomst i skovene er korreleret med det topografiske vandindeks, som er et proxy for jordens fugtighed (Figur 5). Med stigende fugtighed falder bogens dominans ( $P < 0.01$ ). Der var ingen effekt af skovdriftstype på denne sammenhæng.

Stigende forekomst af bøg viste sig at have en signifikant negativ betydning for diversiteten af andre vedplanter på plot niveau (alpha-diversitet) (Figur 6). Til trods for relationen mellem bøgedominans og TWI,



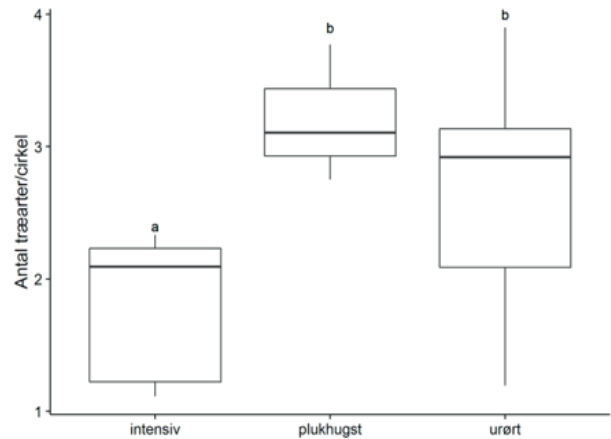
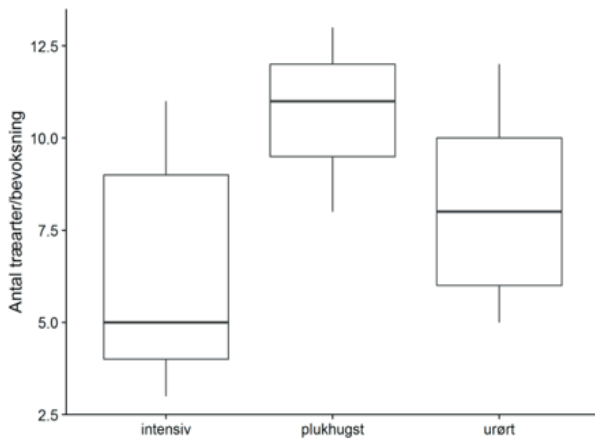
Figur 2. Sammenligning af skovstrukturer i urørt og forstligt drevne skove. Se statistikafrnit for beregning af  $\text{Log}_{10}$  ratioen mellem urørte og intensivt drevne skove (rød) eller mellem skove, der er urørte eller med plukhugst (blå). Fejllinjen (SE) viser 95% konfidensinterval og indikerer statistisk positiv eller negativ signifikans, hvis barren ikke inkluderer 0-linjen.

Comparison of forest structural variables to abandonment of silvicultural management. Differences calculated using  $\text{log}_{10}$  response ratios between unmanaged stands against selectively (blue) and intensively managed stands (red). Error bars are 95% confidence intervals indicating statistical significant positive or negative effects if bars do not include zero.



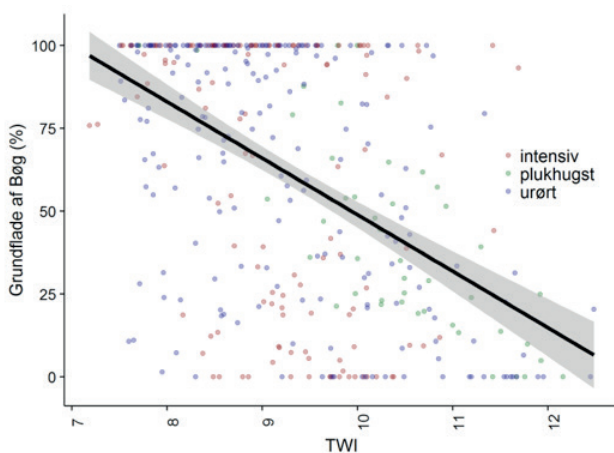
Figur 3. Dødt ved i de tre driftsklasser (venstre) og dødt ved som funktion af de største træer (DBHmax; højre graf), som kan tolkes som bevoksningsalder. DBHmax:  $P < 0.05$ ; driftstype:  $P < 0.05$ ,  $R^2 = 0.76$ .

Dead wood in the three forest management types (left) and as a function of the largest tree in each 15-m plot. The size of the largest tree is used as a proxy for age of the stand. Dead wood: DBHmax:  $P < 0.05$ ; Management types:  $P < 0.05$ ,  $R^2 = 0.76$ .



Figur 4. Vedplanternes diversitet i relation til skovdriftstyper. Venstre graf viser diversiteten på bevoksningsniveau og højre graf viser alfa-diversiteten af vedplanterne i 15-m cirkler.

Woody species richness between different forest management types. To the left, the stand level diversity (gamma) and to the right is plot level diversity (alpha).



Figur 5. Sammenhængen mellem bøgens dominans i de undersøgte østdanske skove og jordens fugtighed målt som det topografiske vandindeks (TWI). Regressionslinjen viser den signifikante sammenhæng testet med mixed effect model.

Relationship between dominance of beech (*Fagus sylvatica*) and Topographic wetness index (TWI). Regression lines of the overall relationships are used to illustrate the significant trends identified with the mixed effect models.

fandt vi ingen direkte effekt af vand på alpha diversiteten af træarterne.

### Vand i skoven

Vi har brugt to forskellige mål for vand; det topografiske vandindeks (TWI) og direkte målinger af jordens vandindhold. Førstnævnte er et indirekte mål for, hvor vi kan forvente højt vandindhold, men dræning og forskelle i jordbundsstrukturen kan sløre dette forhold. De direkte målinger af jordvand er foretaget som punktmålinger og er derfor ikke kontinuert. Da det tager en del dage at komme rundt til alle skovene, er dette mål også behæftet med fejl. Vi har efterfølgende været tilbage og kortlægge skovenes våde områder, hvilket giver et tydeligt billede af forskellene mellem driftstyperne (Figur 7).

### DISKUSSION OG KONKLUSION

Skoves strukturelle diversitet har stor betydning for lysforholdene og levesteder for planter og dyr (Brunet et al. 2010). De undersøgte skove viser store strukturelle forskelle. Forskellene er ikke éntydigt relateret til forskelle mellem urørte skove og forstligt drevne skove. Data viser, at forst-

ligt drevne skove potentielt kan matche de urørte skove mht. biomasse, densitet og volumen, men på nogle parametre med stor betydning for biodiversiteten som mængden af dødt ved, antallet af store træer og den strukturelle heterogenitet er der meget stor forskel på skovdriftstyperne. Desuden er der betydelig færre våde områder i de forstligt drevne skove pga. omfattende dræning. Vi har få skove med plukhugst, men data indikerer at den naturnære skovdrift, som nu praktiseres i statskovene, ser ud til at reducere nogle af de negative påvirkninger fra traditionel, intensiv skovdrift.

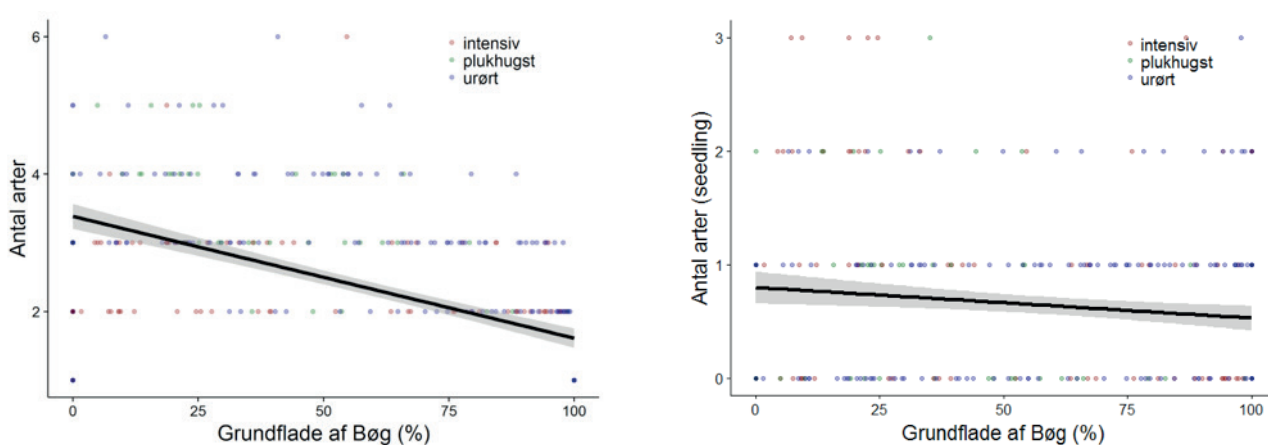
Diversiteten i vedplantearter er ikke forskellig mellem skovdriftstyperne på bevoksningsniveau, hvorimod diversiteten i de enkelte punkter er signifikant højere i de urørte skove. Denne forskel er rumlig, og afspejler skovdriften som en mosaik af monokulturer.

På bevoksningsniveau er der større forskel mellem skovene end mellem driftstyperne, hvilket afspejler de geografiske forskelle. Det peger på, at edafiske vilkår, topografi og historiske faktorer også er væsentlige

faktorer, som bør inddrages, både når man evaluerer diversiteten og når man udpeger områder til biodiversitetsformål (Johannsen et al. 2017).

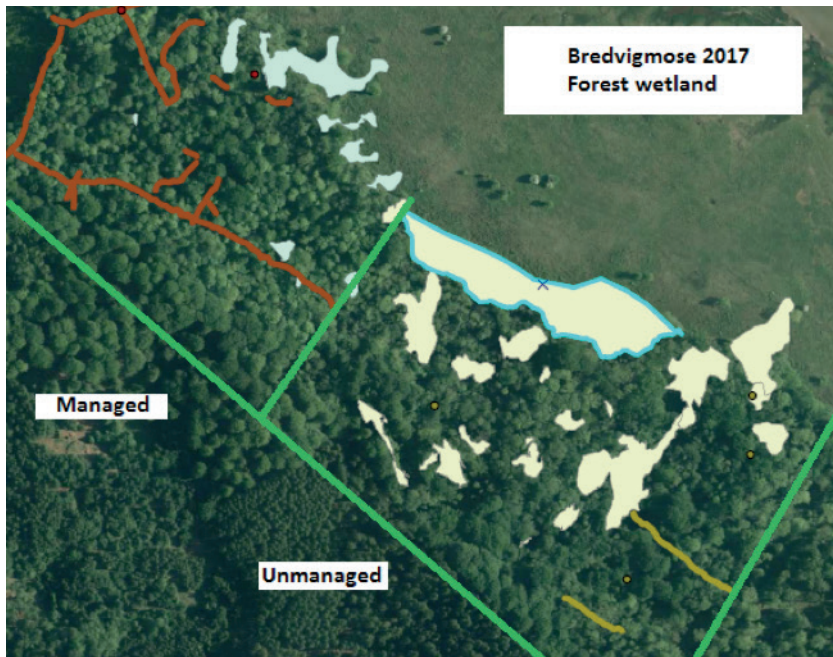
Jordbundsanalyserne viser en stigning i pH og indholdet af ombyttelige kationer ved omlægning til urørt skov eller plukhugst, som kan have en positiv effekt på biodiversiteten. Til gengæld viser data også, at der er mere kvælstof i de urørte skove, så omlægning til urørt skov løser ikke problemet med høj kvælstofdeposition. I de forstligt drevne skove vil udtag af biomasse fjerne noget af kvælstoffet. Samtidig fjerner man også en del af basekationerne, så næringsstofsammensætningen på sigt kan ændres.

Vores data viser, at dominans af bøg betyder lavere diversitet af andre vedplanter i både kronelaget og i opvæksten. Tilsvarende mønster er observeret i Białowieża National Park, Polen (Miścicki 2012). Til gengæld viser vores data også, at det er på den tørre bund, at bøgen dominerer og at dens betydning falder med stigende vandindhold i jorden. I de urørte skove bliver drængrøfterne ikke vedligeholdt og over en årrække vil den naturlige hydrologi gen-



Figur 6. Sammenhængen mellem bøgens dominans og artsantallet af andre vedplanter (venstre) eller artsantal af opvækst < 1 m (højre). Regressionslinjen viser den signifikante sammenhæng identificeret med mixed effect models.

*Relationship between dominance of beech (*Fagus sylvatica*) and species richness of trees DBH >10 (left) and seedlings (right). Regression lines of the overall relationships are used to illustrate the significant trends identified with the mixed effect models.*



Figur 7. Kortlægning af vådområder i Bredvigmosen i urørt og forstligt drevet parcel, 2017. I den forstligt drevne del af skoven er der mange aktive dræningskanaler. *Forest wetlands in unmanaged and managed stands in Bredvigmosen in 2017.*

oprettes og fugtige områder opstå, hvorved bøgen mistrives. Både de permanent vanddækkede områder, som de temporære vandhuller vil skabe huller i kronedækket. Der er behov for monitorering af skovudviklingen i de urørte skove og vurdering om f.eks. skovgræsning er nødvendig for at skabe varierede lysforhold eller om den naturlige skovudvikling, naturlig hydrologi, og hjortegræsning giver tilstrækkelig dynamik og muligheder for regeneration af mange vedplantearter.

#### CITERET LITTERATUR

Brunet J, Fritz Ö & Richnau G 2010. Biodiversity in European beech forests – a review with recommendations for sustainable forest management. *Ecological Bulletins* 53: 77–94.

Gossner MM, Schall P, Ammer C, Ammer U, Engel K, Schubert H, Simon U, Utschick H, & Weisser WW 2014. For-

est management intensity measures as alternative to stand properties for quantifying effects on biodiversity. *Ecosphere* 5: art113.

Johannsen VK, Rojas SK, Schumacher J & Nyed PK 2017. Kortlægning af skov med højt potentiale for biodiversitet. IGN Rapport. November 2017, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet, Frederiksberg.

Larsen JB & Nielsen AB 2007. Nature-based forest management—Where are we going? Elaborating forest development types in and with practice. *Forest Ecology and Management* 238, 107–117.

Højgård Petersen A, Lundhede T, Bruun HH, Heilmann-Clausen J, Thorsen BJ, Strange N & Rahbek C 2016. Bevarelse af biodiversiteten i de danske skove: en analyse af den nødvendige indsats, og hvad den betyder for skovens andre samfundsgoder. Center for Makroøkologi, Københavns Universitet, 127 s.

Lindenmayer DB, Franklin JF, & Fischer J 2006. General management principles and a checklist of strategies to guide forest biodiversity conservation. *Biological Conservation* 131: 433–445.

Miscicky S 2012. Structure and dynamics of temperate lowland natural forest in the Bialowieza National Park, Poland. *Forestry*, Vol. 85, No 4.

Møller PF 1997. Biologisk mangfoldighed i dansk naturskov: en sammenligning mellem østdanske natur- og kulturskove. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS). 184 pp.

Møller PF 2017. Møller PF. 2017. Projektet ”Biologisk mangfoldighed i naturskov - en sammenligning mellem østdanske natur- og kulturskove”. Projektets baggrund og formål. *Flora & Fauna* 123(2-4).

Nord-Larsen T, Johannsen VK, Riis-Nielsen T, Thomsen IM, Suadicani K, Vesterdal L & Jørgensen BB 2016. Skove og plantager 2015: Forest statistics 2015. Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet.

Nord-Larsen T, Riis-Nielsen T & Ottosen MB 2017. Forest resource map of Denmark. Mapping of Danish forest resources using ALS from 2014–15. Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet, Frederiksberg. 25 pp + data-lag

Riis-Nielsen T, Schmidt IK, Kepfer-Rojas S, Nielsen AO, Knudsen MA, Byriel DB & Justesen MJ (2017) Skovbundsflora og træ-regeneration af træer i urørt og forstligt drevet skov. *Flora og Fauna* 123 (2-4).

Paillet Y, Bergès L, Hjältén J, Ódor P, Avon C et al. 2010. Does biodiversity differ between managed and unmanaged forests? A meta-analysis on species richness in Europe. *Conservation Biology*, 24(1): 101–112.

Ågren AM, Lidberg W, Strömberg M, Ogilvie J & Arp PA 2014. Evaluating digital terrain indices for soil wetness mapping - a Swedish case study. *Hydrology and Earth System Sciences* 18(9), 3623–3634.