

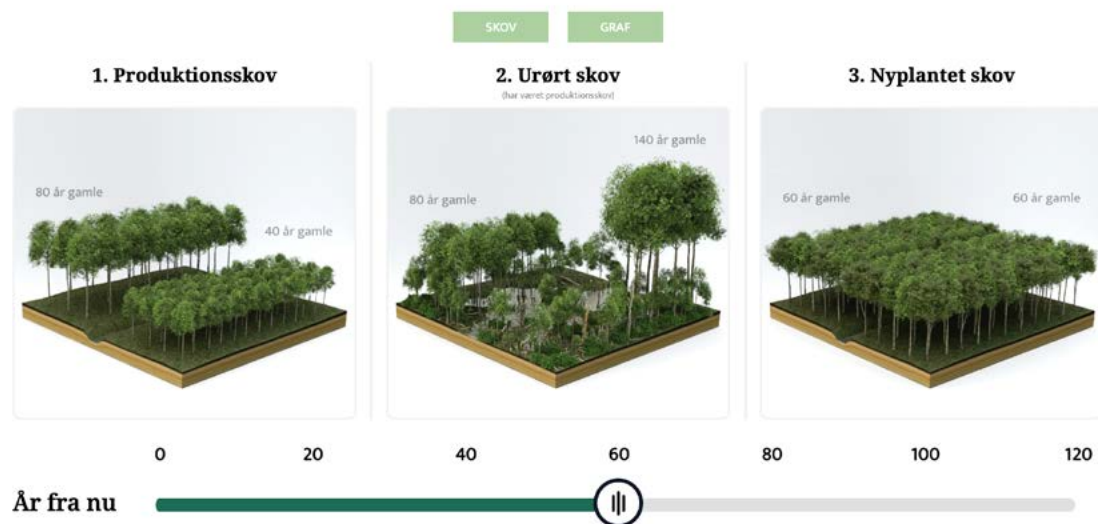
Af: Anders Højgård Petersen

# HVOR MEGET KULSTOF ER DER EGENTLIG I EN SKOV?

## Beregninger og faglige overvejelser bag skovsimulatoren

Vores skoleteam på Center for Makroøkologi, Evolution og Klima (CMEC) kom med en forespørgsel til mig: "Kan du beregne og illustrere, hvor meget kulstof der er lagret i forskellige typer og aldre af skov?". Formålet var at gøre den viden tilgængelig for lærere og elever i grundskolen i form af en model. Det udviklede sig til den interaktive model, som vi nu kalder skovsimulatoren. Den er gået hen og blevet en central del af "Et grønnere klima" og i undervisningsforløbet om skov som naturbaseret løsning.

Foto: Karsten Elmose Vad



Figur 1. Skovsimulatoren – som skovene ser ud 60 år efter start.

I dag er jeg meget glad for skovsimulatoren. Den viser på rigtig fin vis nogle grundlæggende principper om en vigtig problemstilling, baseret på faglig viden og konkrete data. Det var til gengæld, med en ikke ubetydelig faglig bekymring, at jeg i sin tid sagde ja til at bidrage med viden og ideer til simpelt at illustrere ovenstående aspekter. Det er nok en bekymring, som enhver ekspert inden for sit felt ville have i den situation. Simulatoren er en model. Og en model – matematisk, grafisk eller fysisk – vil til enhver tid være en forenkling af virkeligheden. Og jo enklere modellen skal være, og jo større ens faglige viden er, jo mere af denne viden – dvs. jo mere af virkeligheden – må man udelade. Denne artikel handler om den faglige baggrund for simulatorens scenarier og nogle af de overvejelser, der er gjort. Hvilke valg er der truffet? Hvad betyder de? Og hvilke informationer er udeladt?

#### Valg af bøgeskov som model

Et helt grundlæggende valg er, at simulatoren tager udgangspunkt i løvskov og ikke nåleskov. Det er især begrundet i, at løvtræer helt naturligt ville dominere Danmarks skove – og store dele af naturen i det hele taget – i fravær af os mennesker. Løvskov er derfor det mest relevante, når vi sammenligner produktionsskov med urørt skov udlagt af hensyn til biodiversiteten. Ren løvskov udgør dog i dag kun

44 % af det samlede danske skovareal på ca. 640.000 ha (6.400 km<sup>2</sup>), mens resten er overvejende nåleskov. Af den årlige hugst i de danske skove på ca. 5.000 m<sup>3</sup> træ udgør løvtræ 38 % og resten er nål.

De illustrerede principper er langt hen ad vejen de samme for løvskov som nåleskov. Kulstoflageret i skoven vokser, når en generation af træer vokser op, og det falder, når træerne høstes. Men da modellen viser konkrete tal for kulstoflageret over en konkret tidsskala, så har valget betydning. Vækststigheden af træerne, og dermed kulstoflageret, er forskellig fra træart til træart. Inden for løvtræerne er valget her faldet på bøg, fordi det er det mest anvendte løvtræ i dansk skovbrug. Men også for bøg vil væksten variere med de lokale forhold. Derfor viser simulatoren kun et gennemsnitligt eksempel. Figur 2 viser et godt eksempel på de konkrete data, som ligger bag udformningen af simulatoren.

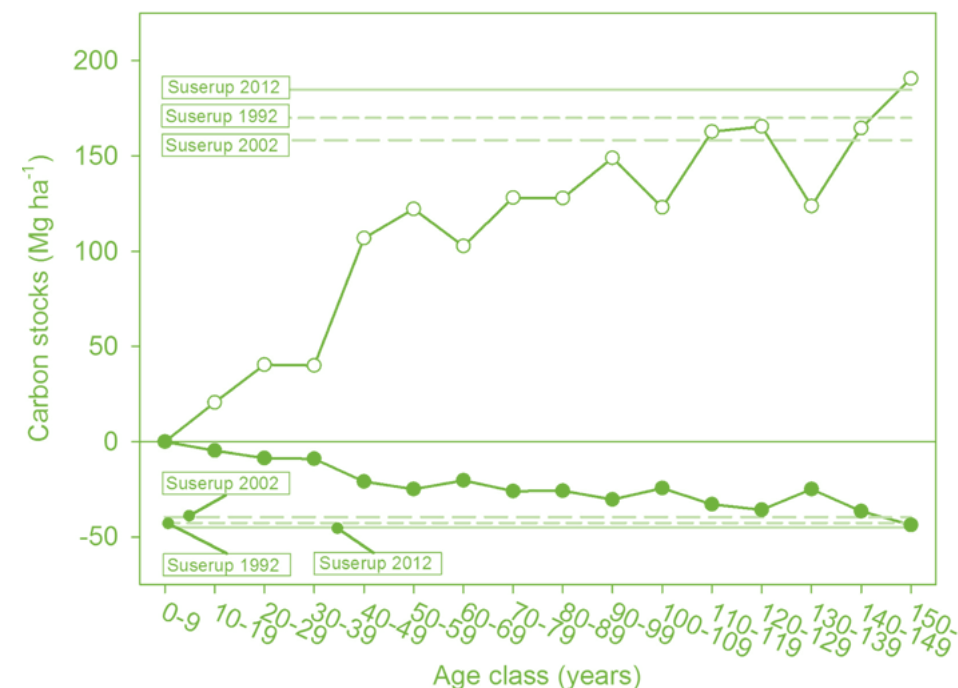
I sammenligning med løvskoven i simulatoren vil kulstoflageret i en nåleskov typisk vokse hurtigere, men til gengæld være mindre. Typisk vil "omdriftstiden" også være kortere for nål end for løv, dvs. tiden fra plantning til høst. Omdriftstiden i simulatorens bøgeskov er sat til 100 år, og kunne også være noget længere, mens den for eksempelvis rødgran kun ville være f.eks. 60 år. Omvendt, hvis der var tale om egeskov, så ville tilvæksten være langsommere end i bøgeskoven og omdriftstiden helt oppe over 150 år.



Foto: Patrick Robert Doyle



Anemoner i skovbunden.  
Foto: Karsten Elmose Vad



Figur 2. Et vigtigt eksempel på de målte data, som ligger til grund for skovsimulatorens scenarie for kulstof i bøgeskov. Figuren viser kulstoflageret (tons pr. hektar) i danske dyrkede bøgeskove af forskellig alder sammenlignet med den længe urørte Suserup Skov. Lageret i den overjordiske biomasse, dvs. i stammer, grene og dødt ved, er vist over x-aksen, mens tal for den underjordiske biomasse, dvs. i rødderne, er vist som negative tal under x-aksen. Lageret i Suserup ved tre forskellige målinger er vist som vandrette linjer. (Fra Nord-Larsen et. al 2019).

### Hvor meget kulstof rummer en skov?

Størrelsen af kulstoflageret i (fremtidige) gamle urørte skove vil i det hele taget være behæftet med stor variation. Mange steder vil skovene være domineret af bøg som i simulatoren, men der vil også være mange andre træarter. Og eksempelvis fugtige og våde områder vil være domineret af bl.a. eg, birk og rødøl snarere end bøg. Det vil på sigt også vise sig mange steder i eksisterende bøgeskove, der lægges urørt; når den naturlige hydrologi genetableres på arealer, der i mange år har været drænet med gravede grøfter for at øge træproduktionen. Våde og fugtige områder vil typisk også være mere lysåbne og have et mindre kulstoflager i træernes biomasse. Det samme gælder særligt tørre eller næringsfattige områder, f.eks. i Vestjylland. Omvendt kan de våde områder have et betydeligt større lager af kulstof i jorden end mere tørre arealer, hvilket heller ikke er med i simulatoren. Tilsvarende vil græsning med store planteædere (naturlige såvel som udsatte) samt forstyrrelse i form af f.eks. stormfældning og brand have betydning for, hvor tæt eller åben skove-

ne er og dermed kulstoflagerets størrelse.

### Skovdrift er ikke bare skovdrift

Der er også andre forskelle på, hvordan man driver skovene end blot omdriftstiden. I den dyrkede skov illustrerer simulatoren såkaldt renafdrift. Det vil sige, at alle træerne i et givet areal fældes på en gang, når de er hugstmodne. Herefter plantes en ny generation af træer (Figur 3, øverst). Det er den enkleste måde at illustrere nedgangen i kulstoflageret, når træerne høstes og stigningen, når den ny generation vokser op. Her har vi imidlertid også foretaget et valg. I dag benyttes renafdrift nemlig især i nåleskove. I løvskov benyttes oftest et princip som kaldes skærmforyngelse (Figur 3, midt). Det indebærer, at de hugstmodne træer høstes over et antal gange fordelt på 20-30 år (ud af den samlede såkaldte omdriftstid på 100-130 år). Samtidig lader man den ny generation af træer (kaldet foryngelsen) vokse op under denne "skærm" af tilbageværende ældre træer. Herved beskyttes de unge træer mod bl.a. udtørring og skadelig opvækst af græs. Ved den-



Træruin i en dansk bøgeskov. Foto: Rune Engelbreth Larsen

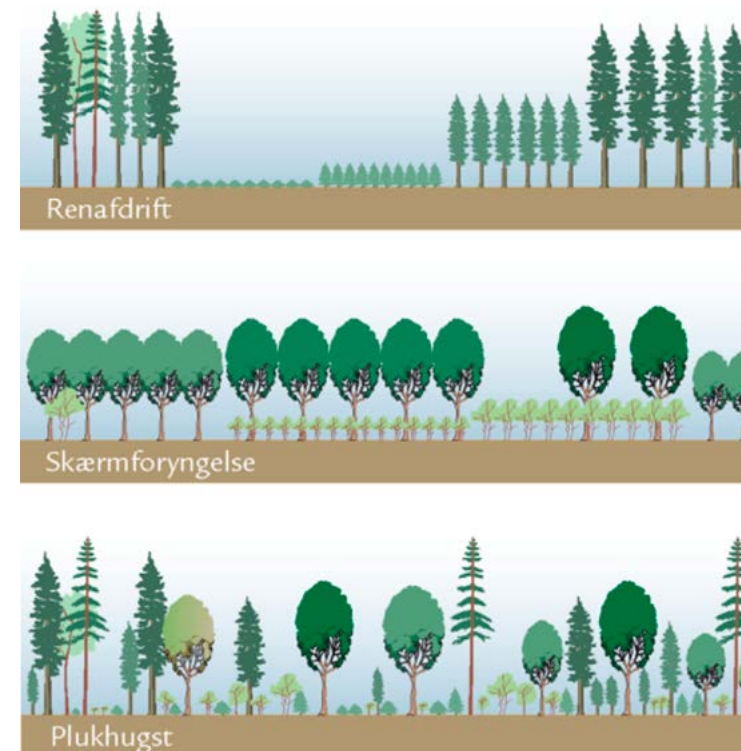
ne driftsform sker der stadig en tilvækst af kulstoflageret i årene fra de sidste gamle træer er fældet og frem til de første træer af den ny generation fældes. Overgangene i kulstoflageret er dog blødere end i simulatoren.

Endnu en anden tilgang til skovdriften er at benytte såkaldt plukhugst. Her høstes træerne løbende i takt med at de bliver hugstmodne, og samtidig lader man løbende ny træer vokse op (figur 3 nederst). Denne driftsform indgår f.eks. i statsskovenes koncept for såkaldt "naturnær skovdrift" og er udbredt i bl.a. Tyskland. Ved denne drift kan kulstoflageret, modsat simulatorens, være ret stabilt over tid, men dog typisk være lavere end i en naturlig urørt skov.

#### Kulstoflageret i og udenfor skoven

Et sidste vigtigt aspekt er, at simulatoren kun belyser kulstoflageret i skoven. Heri ligger da også den væsentligste pointe i urørt skov som naturbaseret løsning. Omlægning af dyrket skov til naturlig urørt

skov er central i forhold til bevarelse af biodiversitet og genetablering af naturlige økosystemer. Samtidig er der en positiv sidegevinst for klimaet, ved at kulstoflagret typisk øges i forhold til en dyrket skov, hvorved der optages CO<sub>2</sub>, som efterfølgende holdes ude af atmosfæren. Simulatoren viser til gengæld ikke det fulde billede i forhold til CO<sub>2</sub> og klima i den dyrkede skov. Blandt andet er der også et kulstoflager i diverse høstede træprodukter i møbler og bygninger osv. Dette kulstof udledes dog igen som CO<sub>2</sub> på kortere eller længere sigt, når produkterne i sidste ende nedbrydes eller afbrændes. Derfor er det især den såkaldte substitutionseffekt der komplicerer billedet. Med substitutionseffekten menes det, at træprodukterne erstatter energi- og CO<sub>2</sub>-tunge byggematerialer som beton og stål eller fossile brændsler som kul og olie. Herved sparer man udledning af "ny CO<sub>2</sub>" fra undergrunden, og dermed begrænses den samlede pulje af CO<sub>2</sub> i atmosfæren, som skal håndteres af hensyn til klimaet. Betydningen af



Figur 3. Eksempler på forskellige principper for, hvordan skove kan drives med henblik på træproduktion. "Renafdrift" benyttes mest i nåleskov, mens "skærmforyngelse" i dag er den mest udbredte driftsform i løvskov. Eksemplerne er yderligere forklaret i teksten. Figur: Jørgen Strunge.

denne substitutionseffekt på længere sigt er dog meget usikker af forskellige årsager.

#### En vigtig problemstilling

Skovsimulatoren er en model. Og som det fremgår viser den en stærkt forenklet virkelighed. Men jeg synes, at det lykkes godt her at illustrere en meget vigtig problemstilling. Problemstillingen beskriver nogle helt basale økologiske mekanismer i et skov-økosystem og er samtidig yderst aktuell i dag, hvor skovenes rolle i bekæmpelse af klimaforandringer – og biodiversitetskrisen – i den grad er på dagsordenen. Jeg håber samtidig, at dette kapitel bidrager til en forståelse blandt de relevante lærere af de vigtigste simplificeringer og udeladelser i simulatoren – samt at noget af det måske endda kan videreformidles til eleverne, alt efter niveau.

Scan QR- koden her og oplev skovsimulatoren.



#### Kilder:

- Nord-Larsen, T.; Vesterdal, L.; Bentsen, N.S.; Larsen, J.B. (2019). Ecosystem carbon stocks and their temporal resilience in a semi-natural beech-dominated forest. *Forest Ecology and Management* 2019, 447, 67-76, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.05.038>.

**Anders Højgård Petersen**  
Biolog og specialkonsulent  
Center for Makroøkologi,  
Evolution og Klima, Globe Institute,  
Københavns Universitet

