



## Forskellige opfattelser om klimaeffekten af urørt skov

Gundersen, Per; Vesterdal, Lars; Nord-Larsen, Thomas; Thybring, Emil Engelund

*Publication date:*  
2021

*Document version*  
Også kaldet Forlagets PDF

*Document license:*  
[Ikke-specificeret](#)

*Citation for published version (APA):*  
Gundersen, P., Vesterdal, L., Nord-Larsen, T., & Thybring, E. E., (2021). *Forskellige opfattelser om klimaeffekten af urørt skov*, 5 s.

Relevante modtagere – afklaring af fagligt grundlag



## SAGSNOTAT

25. FEBRUAR 2020

**Vedr.** Forskellige opfattelser om klimaeffekten af urørt skov.

**SKOV, NATUR OG BIOMASSE**

**Sagsbehandler** Per Gundersen, Lars Vesterdal, Thomas Nord-Larsen,  
Emil Engelund Thybring,

ROLIGHEDSVEJ 23, 1958  
FREDERIKSBERG C

**Kvalitetssikring** Vivian Kvist Johannsen, Niclas Scott Bentsen, Inger  
Kappel Schmidt

TLF 35331699

DIR

MOB 20300969

### *Kulstoflagring uden hugst af træ*

Der er to forskellige syn på ophobningen af kulstof i jord og biomasse over tid i urørte skove uden hugst af træ:

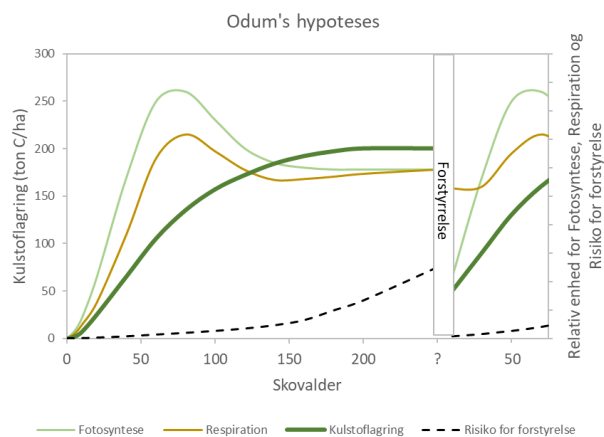
VKJ@IGN.KU.DK

[www.ign.ku.dk](http://www.ign.ku.dk)

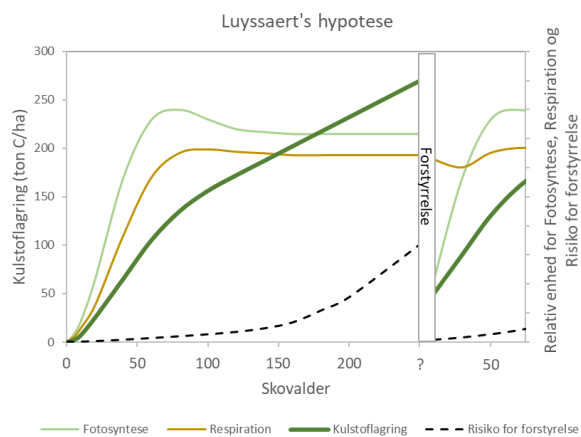
- Den klassiske opfattelse (Odum, 1969) baseret på termodynamiske overvejelser om en udvikling mod ligevægt i tilførsel og tab. Efter en længere periode (i DK godt 100 år) med høj kulstoflagring (fotosyntese større end respiration), aftager lagringen og skovøkosystemet når til en balance, hvor den mængde kulstof (CO<sub>2</sub>), der bliver fikseret ved fotosyntese, vender tilbage til atmosfæren igen ved respiration (figur 1A). Træerne vokser stadig og bliver større, men en stigende andel dør og rådner som følge af alderdom og konkurrence fra andre træer.
- Den alternative opfattelse baseret på en analyse af data fra målinger af gasudveksling (C-fluxe) over skove (Luyssaert et al. 2008). Her opnås der ikke en balance mellem fotosyntese og respiration, og skoven vedbliver med at ophobe kulstof (figur 1B). Ud fra flux-målingerne anslår forfatterne, at skove ældre end 200 år binder 2,4 tC/ha/år (heraf antages 1,3 tC/ha/år at blive bundet i jorden).

REF: VKJ

A



B



**Figur 1: Hypoteser for kulstoflagring i biomasse og jord (fremhævet grøn kurve) ved skovsuccession uden hugst af træ.** Kulstoflagringen (ton C/ha) er skaleret til niveauet i den urørte Suserup Skov. Fotosyntese (lys grøn kurve) og respiration (brun kurve) samt risiko for forstyrrelse (stiplet sort kurve) er i relative enheder. Figurernes højre panel viser konsekvensen af en forstyrrelse (f.eks. naturlig trædød, stormfald eller brand), der medfører et tab af en del af det lagrede kulstof og herefter, at successionen gentager sig. Udviklet med inspiration fra konceptuelle figurer i Odum (1969) og Schulze et al. (2009).

Forskerne ved IGN har fagligt belæg for, at skove, der lades urørte, over en årrække vil udvikle sig mod et maksimalt kulstoflager som i figur 1A. De vil således indeholde et stort lager af bundet kulstof, men ikke længere udgøre et 'sink' for atmosfærisk CO<sub>2</sub>. Vurderingen har baggrund i a) en alvorlig kritik af grundlaget for Luyssaerts konklusioner, b) at danske observationer understøtter hypotesen om ligevægt, c) at der ikke er kendte processer eller mekanismer, som kan begrunde betydelig kulstoflagring. Disse aspekter uddybes i det følgende:

### *Kritik af datagrundlag og konklusioner i Luyssaert et al.*

Forskerne på IGN har en række alvorlige kritikpunkter til artiklen (Luyssaert et al. 2008) og til de data som ligger til grund for konklusionerne (Gundersen et al. 2020). Dette selv om artiklen er publiceret i Nature og ofte bliver citeret og fremhævet som konsensus viden. De væsentligste kritikpunkter er i kort form bl.a.:

- De rapporterede C-fluxe i Luyssaert et al. er for høje til at kunne passe ind i IPCCs kulstofbudget for kloden.
- Den anslåede ophobning i jorden på 1,3 tC/ha/år er meget høj i lyset af eksisterende viden om skovjordes kulstofbinding. Raten svarer til, at jordens kulstofindhold fordobles på 100 år, hvilket er usandsynligt, når det har taget 10.000 år at opbygge det nuværende indhold (i Suserup Skov 131 tC/ha).
- Ophobning af 2,4 tC/ha/år i biomasse og jord kræver en samtidig ophobning af ca. 50 kg N/ha/år fordi både levende og dødt organisk materiale indeholder begge grundstoffer. Den mængde kvælstof er ikke tilstede.
- Luyssaert et al. konkluderer at skove ældre end 200 år binder 2,4 tC/ha/år, men deres data, der har 12 skove ældre end 200 år, viser at bindingen i gennemsnit er 1,6 tC/ha/år. Det har ikke været muligt at finde en forklaring på, at resultaterne ikke kan reproducere.
- En analyse af andre data (for fotosyntese og respiration) i databasen fra Luyssaert et al. viser, at i urørte skove er respirationen større end tilvæksten og skoven bliver dermed en kilde til atmosfærisk CO<sub>2</sub> frem for en 'sink', men forfatterne har ikke skelnet mellem skov med hugst af træ og urørte skov.
- En del af forklaringen på punkterne ovenfor kan skyldes usikkerhed og bias i C-flux-måling. De rapporterede C-fluxe er overvejende baseret på en metode (eddy covarians) som generelt giver 1 til 1,7 tC/ha/år højere C-fluxe end beregnet baseret på biometriske metoder (Campioli et al. 2016). Vi kan ikke afgøre hvilken metode, der er rigtig, men den væsentlige bias er problematisk.

### *Danske observationer*

I Suserup Skov ved Sorø er de ældste træer 300 år gamle og skoven har været stort set 'urørt' de seneste 100 år. Efter gentagne opgørelser af kulstoflageret i skoven i 1992, 2002 og 2012 var konklusionen, at der ikke kunne påvises et signifikant optag af kulstof i skoven (Nord-Larsen et al. 2018). Målinger af høj kvælstofudvaskning under rodzonen fra skoven indikerer ligeledes, at der ikke sker en kulstoflagring, da kulstof og kvælstof er tæt forbundne i alt organisk materiale (Gundersen, 2020).

### *Mekanismen for fortsat høj kulstoflagring er ikke forklaret*

For at acceptere en ny alternativ hypotese som ny viden og forkaste den gamle 'etablerede' hypotese, bør den nye hypotese være a) understøttet af valide og robuste data og b) understøttet af processer og mekanismer, der giver en bedre forklaring end tidligere. Som gennemgået ovenfor er der sat spørgsmålstejn ved datagrundlaget. Der er heller ikke fremkommet dokumentation for de mekanismer, som skulle modificere princippet om en udvikling mod ligevægt eller mekanismer, som drastisk ændrer ligevægtsniveauet for kulstoflagring, især ikke

mht. ophobning i jorden. En mindre øgning i fotosynteseniveauet som følge af den øgede CO<sub>2</sub> koncentration i atmosfæren og øget kvælstoftilgængelighed, kan forklare øget kulstoflagring i biomasse. Men en kulstoflagring på 2,4 tC/ha/år kræver, at respirationen ikke stiger, selv om lageret af kulstof stiger. Dvs. at nedbrydeligheden af oplagret organisk materiale skulle falde med tiden hen gennem successionen. Vi kender ikke til mekanismer, der kan forklare et sådant fænomen.

### *Kulstofftab efter forstyrrelse*

For begge opfattelser (figur 1) gælder, 'at træerne ikke vokser ind i himlen', fordi der på et tidspunkt optræder forstyrrelser (fx stormfald, brand, tørke, insektangreb, sygdom, død pga. alder). Sandsynligheden for, at en forstyrrelse optræder, er ukendt, men kan antages at stige med træernes alder og biomasse (Schulze et al. 2009). En forstyrrelse vil, afhængig af omfang, over en årrække medføre frigivelse af en væsentlig del af det oplagrede kulstof ved respiration tilbage til atmosfæren (døde træer rådner). Samtidig genstarter ny kulstofophobning i jord og biomasse (højre side af figurene).

### *Konklusion*

Der er ikke noget i vores analyse, som indikerer, at urørte skove skulle vedblive at lagre kulstof over lange tidsspænd. I skove, som lades urørte, vil der over tid indfinde sig en ligevægt, hvor assimilering af CO<sub>2</sub> fra atmosfæren vha. fotosyntesen vil opvejes af respiration fra træerne og fra nedbrydning af jordens organiske stof. Ved udlæg af mellemaldrende skove til urørt skov (og især efter en evt. overgangshugst) vil der i en årrække (måske op til 50 år) være en kulstoflagring i biomasse og jord indtil de når den nævnte ligevægt. Derfor kan skove, der lægges urørt, have en gavnlig effekt på CO<sub>2</sub> lagringen inden for en kort tidshorisont, der afhænger af den konkrete udgangstilstand. Effekten vil dog være faldende med tiden.

### *Perspektiver*

Urørt skov kan kun i ringe grad anvendes som et klima-virkemiddel i et længere tidsperspektiv, fordi skoven ikke vedbliver en 'sink' for atmosfærisk kulstof. Urørt skov er vigtig for at bevare og fremme biodiversitet, men som ved alle andre dispositioner af arealanvendelse, må beslutningen tages på et oplyst og fagligt baseret grundlag vedrørende de samlede miljøeffekter.

Fastholdelse af en høj kulstoflagring i skovene – også i et længere tidsperspektiv – stimuleres af, at successionen genstartes, som når der løbende udtages træ, fordi ligevægten ikke indtræder. Anvendelsen af det udtagne træ til produkter fx i byggeriet, vil fortsat lagre det kulstof, der blev bundet i træets biomasse. Derudover vil træprodukter kunne fortrænge materialer, som kræver store mængder energi og dermed CO<sub>2</sub>-udledning at producere (fx beton, stål, aluminium, mineraluld, mm.). I de fleste tilfælde har denne fortrængning en større effekt på atmosfærens CO<sub>2</sub>-indhold end kulstoflagring i træprodukterne (Sathre & O'Connor 2010).

*Referencer:*

- Campioli, M. et al. (2016). Evaluating the convergence between eddy-covariance and biometric methods for assessing carbon budgets of forests. *Nat. Commun.* 7, 13717  
<https://www.nature.com/articles/ncomms13717>
- Gundersen (2020). Professor: Urørt skov er godt – men træerne stopper med at binde CO<sub>2</sub>. *Altinget/Miljø* 20. februar 2020. <https://www.altinget.dk/miljoe/artikel/professor-nitratudvaskning-faar-uroerte-skove-til-at-stoppe-co2-binding>
- Gundersen et al. (2020). Old-growth forest carbon sinks overestimated. *Fortroligt udkast*
- Luyssaert S, Schulze E-D, Börner A, Knohl A, Hessenmöller D, Law B E, Ciais P and Grace J (2008) Old-growth forests as global carbon sinks. *Nature* 455, 213  
<https://www.nature.com/articles/nature07276>
- Nord-Larsen T, Vesterdal L, Bentsen NS og Larsen JB 2019. Ecosystem carbon stocks and their temporal resilience in a semi-natural beech-dominated forest. *Forest Ecology and Management* 447, 67-76. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.05.038>
- Odum, E. P. (1969) The strategy of ecosystem development. *Science* 164, 262–270. DOI: 10.1126/science.164.3877.262
- Sathre R, O'Connor J (2010) Meta-analysis of greenhouse gas displacement factors of wood product substitution. *Environmental Science and Policy* 13, 104-114.  
<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2009.12.005>
- Schulze ED., Hessenmoeller D., Knohl A., Luyssaert S., Boerner A., Grace J. (2009) Temperate and Boreal Old-Growth Forests: How do Their Growth Dynamics and Biodiversity Differ from Young Stands and Managed Forests?. In: Wirth C., Gleixner G., Heimann M. (eds) *Old-Growth Forests. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)*, vol 207. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-92706-8\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-540-92706-8_15)