

A large, detailed photograph of a tree trunk in a forest. The trunk is heavily covered in green moss and ferns, indicating a moist and shaded environment. The background shows other trees and a dense canopy of green leaves.

Generell naturvårdshänsyn i hyggesfritt skogsbruk i Mellaneuropa

Jörg Brunet, SLU Future Forests, Skogsvetenskapliga fakulteten
FF rapport 23:1, november 2023

Generell naturvårdshänsyn i hyggesfritt skogsbruk i Mellaneuropa

En litteraturoversikt

Utgivningsår: November, 2023

Text och foto: Jörg Brunet, SLU, Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap, Alnarp

Adress: SLU, Future Forests Skogsmarksgränd, 901 83 Umeå

Tryck: Tryckeriets namn

Future Forests Rapportserie 2023:1

ISBN

978-91-8046-680-6 (Tryckt version)

978-91-8046-674-5 (Digital version)

DOI

<https://doi.org/10.54612/a.6hfoj1crip>

Vid citering uppge:

Brunet, J. 2023. Generell naturvårdshänsyn i hyggesfritt skogsbruk i Mellaneuropa - En litteraturoversikt. Future Forests Rapportserie 2023:1. Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå, 34 sidor.

Rapporten kan laddas ned från www.slu.se/futureforests

Epost, författare: jorg.brunet@slu.se

Ansvarig utgivare: Emma Holmström, programchef Future Forests

Grafisk form: Ayman Osman, SLU

Framsida: Gammal sykomorlönn (*Acer pseudoplatanus*) med rik epifytpåväxt som har sparats som hänsynsträd under lång tid i grandominerad bergsblandskog. Sonnleitn, Kärnten, Österrike, 2023.

Innehåll

Sammanfattning	7
Inledning	11
Hyggesfritt skogsbruk och trakthyggesbruk	11
Hyggesfritt skogsbruk i Europa	12
Avgränsning och syfte	13
Resultat	15
Hyggesluckornas storlek och föryngringen	15
Prioriterade habitatstrukturer vid generell hänsyn	16
Att välja hänsynsträd	16
Att spara död ved	18
Naturhänsyn och föryngring i ekbestånd	18
Naturhänsyn i bokskogar och andra skogar med skuggtåliga trädslag	20
Diskussion och slutsatser	23
Referenser	27

Förord

Frågan om utvecklingen av hyggesfritt skogsbruk i Sverige är komplex och involverar olika intressenter, inklusive skogsägare, miljöorganisationer, forskare och samhället i stort. Det finns utmaningar och olika åsikter om det bästa sättet att bedriva skogsbruk för ekonomiska, sociala och miljömässiga mål. Diskussionen om hyggesfritt skogsbruk i Sverige pågår, och olika projekt och initiativ testas för att integrera mer hållbara skogsbruksmetoder. I detta sammanhang är det av stor vikt att sammanställa den befintliga kunskapen som en grund för fortsatt kunskapsuppbyggnad.

I denna syntes sammanställer Professor Jörg Brunet från Sveriges lantbruksuniversitet kunskapsläget för generell naturvårdshänsyn i hyggesfritt skogsbruk i Mellaneuropa. Generell naturvårdshänsyn har en central funktion inom hyggesfria eller naturnära skogsbrukssystem som fokuserar på kontinuitet och undviker kalavverkning. Författaren reflekterar över resultatens betydelse för en möjlig utveckling och implementering under sydsvenska skogsförhållanden och belyser vikten av att integrera generell hänsyn i skogsbruket för att bevara biologisk mångfald, ekosystemtjänster och kulturvärden.

Arter som har minskat på grund av skogsbruk kräver främst gamla och grova levande och döda träd, men även föryngring av framtida substrat. Syntesen visar att föryngringen av värdefulla lövträd och bevarandet av biologisk mångfald inte säkerställs automatiskt genom hyggesfria metoder utan måste medvetet säkerställas genom att behålla dessa viktiga strukturer under varierande miljöförhållanden i ek- respektive bokskogar som brukas hyggesfritt. Den biologiska mångfalden av skogslevande arter kräver en dynamik med varierande luckstorlek av naturliga eller skötselbetingade störningar, oavsett skogstyp. Syntesen indikerar att en mosaik av olika skogsbruksformer inom landskap, gärna där naturliga successioner efter störningar tas i beaktande och sparande av döda träd tillåts, kan erbjuda kompletterande sätt

att bevara en rik biologisk mångfald i framtida skogsekosystem, särskilt med tanke på hotet från klimatförändringar.

Generell naturhänsyn implementerades på mitten av 90-talet, och det behövs fler långsiktiga studier av dess effekter både inom hyggesfritt skogsbruk och trakthyggesbruk. För att möjliggöra en mer långsiktig uppföljning inom olika skogsbruksformer i Sverige är det viktigt att den nationella miljöövervakningen av generell hänsyn utvecklas och etableras. Det är nödvändigt att etablera nya fältförsök för studier av generell naturhänsyn under olika skogsbruksformer samt att utveckla planeringsverktyg och modeller för att simulera och göra framskrivningar av naturhänsyn och dess värden inom hyggesfritt skogsbruk för bestånd och som en del av skogslandskapet. Det krävs också ytterligare landskapsstudier för att undersöka närmare var och under vilka miljöförhållanden samt skogsbruksformer som naturhänsynen gör störst nytta för att bevara biologisk mångfald, ekosystemtjänster och kulturvärden.

Denna syntes visar att frågan om hyggesfritt skogsbruk i Sverige är komplex och engagerar många olika intressenter, men att det finns viktiga lärdomar från andra länder. Syntesen betonar betydelsen av att sammanställa befintlig kunskap som grund för fortsatt utveckling inom området. Det är viktigt att notera att det kan förekomma variationer mellan länder och regioner, och betydande kunskapsluckor kring utvecklingen och tillämpningen av generell naturhänsyn inom hyggesfritt skogsbruk i Sverige och Mellaneuropa. Resultaten i denna syntes påvisar att en mosaik av olika naturhänsynsformer och skötselformer inom landskapet kan erbjuda kompletterande sätt att bevara en rik biologisk mångfald i framtida skogsekosystem.

MARI JÖNSSON, DOCENT NATURVÅRDSEKOLOGI OCH
EMMA HOLMSTRÖM DOCENT SKOGSSKÖTSEL, SLU
FUTURE FORESTS



Tätortsnära ädellövskog som sköts med hyggessfria metoder. Marburg, Hessen, Tyskland, 2009.

Sammanfattning

Bakgrund och syfte

I Sverige finns idag ett ökande intresse för skogsbruksmetoder som främjar beståndens småskaliga variation och undviker större kalytor. Dessa metoder kan sammanfattas under begreppet hyggesfritt skogsbruk. Inom begreppet hyggesfritt skogsbruk kan man skilja mellan tre huvudtyper: (1) Enkelstamsurval (blädning, plockhuggning); (2) Gruppvis huggning eller luckhuggning och (3) Skärnhuggning. Skärnhuggning utgör en övergångsform till kalhyggesbruk, där regelbunden skärnhuggning är mer lik kalhyggesbruk och oregelbunden skärnhuggning med långvariga skärmar är mer lik gruppvis huggning.

Denna rapport om generell naturvårdshänsyn i ett hyggesfritt skogsbruk sammanfattar studier från främst ädellöskogar och blandskogar i Mellaneuropa, kompletterad med några studier från angränsande länder samt USA.

Följande huvudfrågor behandlas:

- Vilka effekter har olika former av hyggesfritt skogsbruk på föryngringen och beståndens trädslagsblandning?
- Vilka habitatstrukturer prioriteras vid generell hänsyn i hyggesfritt skogsbruk?
- Vilka effekter har generell hänsyn på biologisk mångfald i ek- respektive bokskogar som brukas hyggesfritt?

Effekter av ett hyggesfritt skogsbruk på föryngringen har tagits med då den biologiska mångfalden i skogar är beroende av trädslagsammansättningen och därmed på lång sikt av vilka trädslag som kan föryngras.

Resultat

Föryngringsstudier visar tydligt att kontinuitets-skogsbruk med fullskiktad skog och uttag av enskilda träd gynnar ett fåtal skuggtåliga trädslag, främst bok, gran och silvergran. Ljuskrävande

trädslag med stort ekologiskt och ekonomiskt värde som tall och ek kan däremot inte föryngra sig i små luckor på de flesta ståndorter utan blir utkonkurrerade. Naturlig föryngring av ek och tall begränsas således till sand- och hållmarker som är för torra för gran och bok. Flera studier menar därför att ett kontinuitetsskogsbruk med endast enkelstamsuttag på sikt inte skapar förutsättningar för bevarande av biologisk mångfald och produktion av värdefulla virkessortiment.

Generell hänsyn i europeiskt hyggesfritt skogsbruk fokuserar främst på urval av hänsynsträd ("evighetsträd") och på att öka mängden död ved. Jämfört med sparande av hänsynsträd i det svenska kalhyggesbruket läggs mer tid och resurser på urvalet av hänsynsträd i hyggesfritt skogsbruk. De kan inventeras och markeras permanent och urvalet baseras ofta på trädens nuvarande eller potentiella mängd av mikrohabitat (Trens, tree-related microhabitats). Sådana mikrohabitat innefattar till exempel stamhåligheter, död ved i kronan, barksprickor och exponerad stamved. Förekomst av mikrohabitat ökar med trädens ålder och det är vanligt att välja de största och äldsta träden som hänsynsträd. Det är viktigt att tänka på framtida hänsynsträd redan vid den första röjningen i alla typer av skogsskötselsystem. Annars röjs värdefulla trädslag och trädformer bort långt innan de kan bli habitatträd. Att spara död ved är den andra viktiga naturvårdsåtgärden i hyggesfritt skogsbruk. Studier på insekter och svampar tyder på att det krävs minst 20 m³/ha död ved på landskapsnivå inklusive en stor variation i grovlek och mikroklimat för att större delen av de vedlevande arterna kan överleva på lång sikt.

Om man jämför med gruppvis huggning och skärmskogsbruk, och vid en jämförbar nivå av hänsynsträd och död ved, kan ett enkelstamsuttag leda till lägre biologisk mångfald för flera artgrup-

per. Medan det är känt sedan tidigare att en stor del av arterna i ekdominerade ädellövskogar gynnas av ljus och värme, är det överraskande att det även verka gälla för bokskogar där man tidigare trott att de allra flesta arter trivs bäst i slutna skog. Detta mönster gäller inte enbart för det totala artantalet utan även om man enbart tittar på typiska skogslevande arter. Studier som jämför produktionsskogar med skogsreservat som avsatts ganska nyligen pekar i samma riktning, då det ofta leder till att tidigare brukad skog har blivit tätare och det än så länge inte har uppstått större naturliga luckor och ackumulering av död ved. Det är dock viktigt att komma ihåg att ädellövnaturskogar som har varit obrukade länge generellt innehåller gamla träd och grov död ved i betydligt större mängd och variation än produktionsskogar, oavsett brukningsmetod. Bevarande av ädellövskogens biologiska mångfald på landskapsnivå är därför inte möjligt utan en tillräcklig hög andel skog utan virkesuttag.

Slutsatser

Resultaten visar att den biologiska mångfalden av skogslevande arter inte kan bevaras utan en dynamik med varierande luckstorlek av naturliga eller skötselbetingade störningar, oavsett skogstyp. Ett hyggesfritt skogsbruk med varierande luckstorlek (ca 0,02-0,5 ha, inklusive oregelbundet skärmskogbruk) verkar därför ha bättre förutsättningar att bevara ädellövskogarnas biologiska mångfald än enkelstamsuttag. Detta innebär vidare att även mer storskaliga störningar i ädellövskog genom storm eller svår torka spelar en viktig roll för att bevara den biologiska mångfalden. I samband med ett hyggesfritt skogsbruk i ädellövskog innebär det att man bör tillåta naturliga successioner och att man sparar en del av de döda träden i sådana områden.

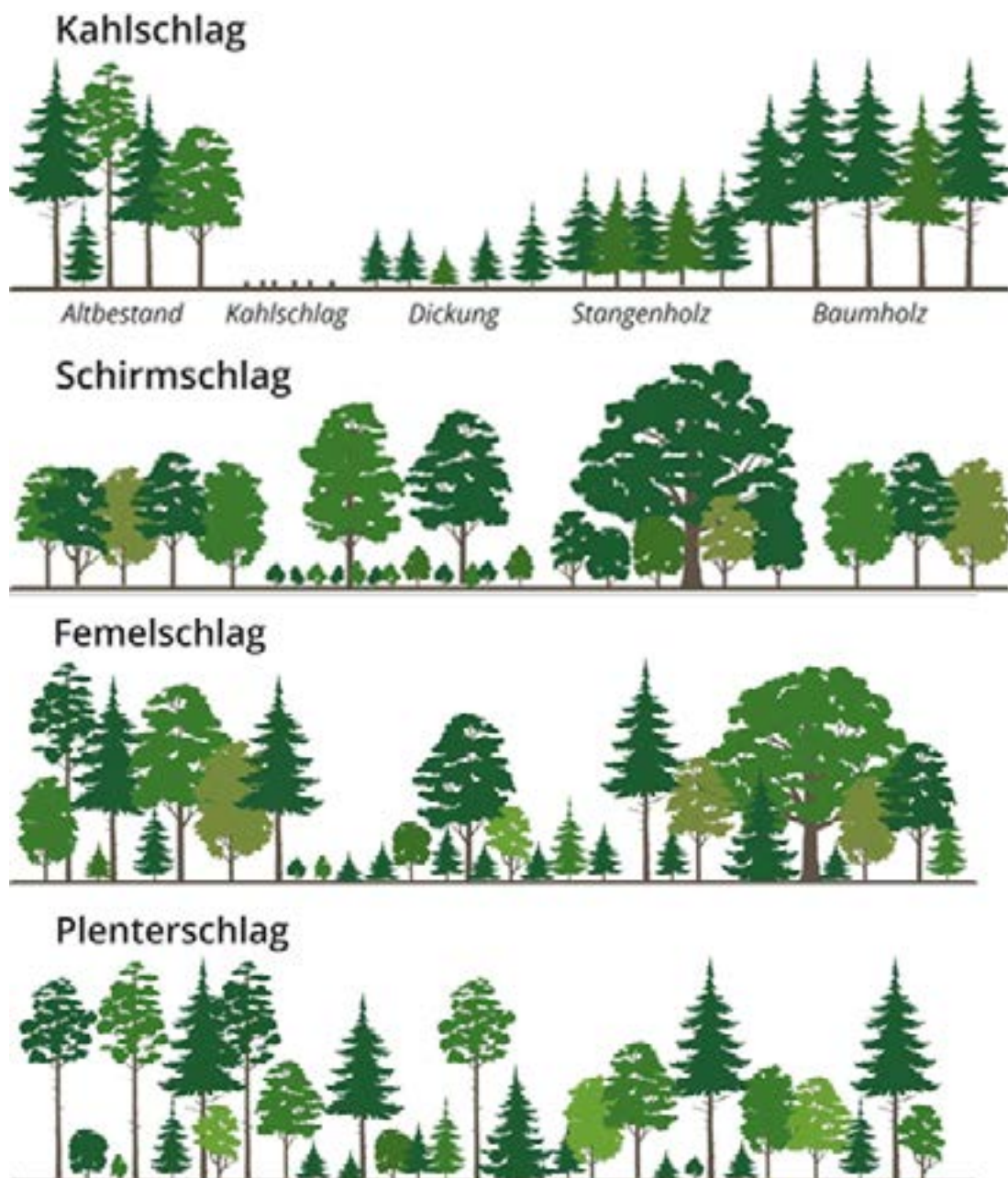
I de länder där hyggesfritt skogsbruk dominerar, missgynnas ljus- och värmekrävande arter som är beroende av öppna förhållanden efter kraftiga störningar. I Sverige, där kalhyggesbruket dominerar, missgynnas istället arter som trivs bäst i mer slutna eller halvöppna gamla skogar med småskalig störningsdynamik. En ökning av andelen skog som brukas hyggesfritt kommer därför att ha positiva effekter på biologisk mångfald på landskapsnivå om det kombineras med lämplig naturhänsyn. Utformningen av en väl fungerande naturhänsyn i ett hyggesfritt skogsbruk i södra Sverige är alltså

förmodligen beroende av hur skogsbruket bedrivs i landskapet som helhet. Om kalhyggesbruket dominerar och hyggesfria arealer är små, finns inget större behov för hänsyn som gynnar arter som behöver mer storskaliga störningar. I landskap dominerade av ädellövskog som brukas hyggesfritt, kan det däremot behövas en ganska stor variation av luckornas storlek och form för att behålla ljuskrävande pionjärträdsdrag och andra arter som hör till skogars tidiga utvecklingsfaser. Än så länge saknas dock långtidsstudier på landskapsnivå som har undersökt om det förhåller sig på det sättet.



Schematiska exempel för beståndsstrukturen över tiden i fyra olika skogsbrukssystem:

- (1) Kalhyggesbruk (clear cut, Kahlschlag)
- (2) Skärmhuggning (shelterwood, Schirmschlag)
- (3) Gruppvis huggning (group selection, Femelschlag)
- (4) Enkelstamsurval (single-tree selection, Plenterschlag, här ingår blädning)



Figur 1. Schematiska exempel för beståndsstrukturen i olika skogsbrukssystem. Källa: <https://waidwissen.com>

Inledning

Hyggesfritt skogsbruk och trakthyggesbruk

Över stora delar av Europa finns ett ökande intresse för skogsbruksmetoder som främjar beståndens småskaliga variation i artsammansättning och struktur och undviker större kalytor (Hazell & Thomasson 2008, Mason et al. 2022). Dessa metoder kan sammanfattas under begreppet hyggesfritt skogsbruk. Mason et al. (2022) uppskattar att 20–30 procent av Europas skogsareal för närvarande brukas med olika varianter av hyggesfritt skogsbruk. Luckstorleken är i de flesta fall inte större än 0,5 ha, även om flera luckor kan förekomma i samma bestånd.

Skärnhuggning (2) utgör en övergångsform till kalhyggesbruk (1, figur 1), där regelbunden skärnhuggning är mer lik kalhyggesbruk och oregelbunden skärnhuggning med långvariga skärmar är mer lik gruppvis huggning. Medan (1) och (2) resulterar i likåldriga bestånd, skapas olikåldriga bestånd när man tillämpar gruppvis huggning (3) och enkelstamsurval (4).

Hyggesfritt skogsbruk, d.v.s. enkelstamsurval, luckhuggning och i viss mån skärnhuggning, bedrivs i regel i den gruppen av skogsskötselsystem som kallas för naturnära skogsbruk (close-to-nature forest management). Det är viktigt att komma ihåg att naturnära skogsbruk kännetecknas av fler grundläggande principer än att undvika större hyggen. I regel omfattar naturnära skogsbruk följande delar (Larsen 2005, Hazell & Thomasson 2008, Bauhus et al. 2013, Aßmann et al. 2016, Borass et al. 2017):

- Att minimera markstörningar, inklusive restaurering av en naturlig hydrologi
- Ståndortsanpassning av trädslagsblandningen mot s.k. skogsutvecklingstyper
- Stamvis eller gruppvis avverkning istället för kalavverkning
- Fokus på ekosystemstabilitet, inklusive hållbar viltförvaltning

- Fokus på naturliga processer, särskilt naturlig föryngring
- Fokus på individuella träd i både produktion och naturvård
- Fokus på olikåldriga, skiktade blandskogar

På alla dessa punkter skiljer sig det naturnära skogsbruket starkt från det traditionella svenska trakthyggesbruket som kännetecknas istället av kraftig markberedning, plantering av förädlad plantmaterial, fokus på beståndsegenskaper och slutavverkning av likåldriga enskiktade bestånd (Roberge et al. 2020).

Större delen av skogarna i Sverige brukas för virkesproduktion. För att samtidigt bevara skogarnas biologiska mångfald behövs ett väl utvecklat system av integrerad naturhänsyn i brukad skog och rätt urval av formellt skyddade skogar. Gemensamt för både det hyggesfria skogsbruket och trakthyggesbruket är att naturvårdsarbetet följer den s.k. integrerade modellen (integrative forest management, Kraus & Krumm 2013, Krumm et al. 2020). Det betyder att man dels integrerar naturvårdsåtgärder i alla produktionsskogar, och dels avsätter skogar av olika storlek för naturvårdsändamål. En viktig skillnad är att naturvårdshänsyn i Sverige sker i likåldriga, oftast planterade bestånd, främst i samband med föryngringsavverkning, medan den i ett hyggesfritt skogsbruk sker i en olikåldrig eller åtminstone tvåskiktad skog med en kontinuerlig förekomst av ett relativt slutet trädskikt (Gustafsson et al. 2012, 2020).

Skogsbruk för virkesproduktion minskar mängden nyckelstrukturer för biologisk mångfald oavsett skogsskötselsystem, särskilt gamla träd med mikrohabitat (s.k. Trems) och grov död ved. Bristen av dessa strukturer i produktionsskogen kan delvis kompenseras genom olika hänsynsåtgärder. I ett trakthyggesbruk omfattar lämnad naturhänsyn



Ädellövbekant som sköts med enkelstamsurval. Skuggtåliga trädslag dominerar och skötselmålet i detta område är sykomorlönn av högsta kvalitet samt boktimmer. Hainich, Thüringen, Tyskland, 2005.

dock endast en del av den naturliga habitatvariationen i naturskogen. Hänsynsträd och död ved är till största delen solexponerade och även hänsynsytor påverkas i regel starkt av kanteffekter på hyggena. På trakthyggen saknas således fuktiga och skuggiga miljöer runt gamla träd och död ved. Dessa miljöer gynnas i ett hyggesfritt skogsbruk där det å andra sidan kan råda brist på varma och solexponerade gamla och döda träd.

Hyggesfritt skogsbruk i Europa

Skogsbruket i till exempel Tyskland, Schweiz eller Slovenien bedrivs idag i regel med olika metoder av hyggesfritt skogsbruk (Gustafsson et al. 2020, Krumm et al. 2020). Även i de danska statsskogarna har man övergått till hyggesfritt skogsbruk (Larsen 2005, 2012, Andersen & Krog 2020). I den nordtyska delstaten Niedersachsen sattes 1991 ett program för långsiktig ekologisk skogsutveckling (LÖWE) som kombinerar virkesproduktion,

naturvård och sociala värden. Programmet har sedan dess reviderats ett antal gånger och guidar skötsel och förvaltning av skogarna i delstaten. Framväxten av programmet och av de faktorer som gjorde processen möjlig är intressant att studera (Borass et al. 2017), och sätter ljus på både likheter och avgörande skillnader jämfört med utvecklingen i Sverige under samma tidsperiod.

Det milda klimatet i Mellaneuropa gynnar ädla lövträd som bok och ek medan granen utan människans påverkan endast skulle växa i bergstrakter med ett kallare klimat motsvarande det i Skandinavien (Leuschner & Ellenberg 2017). Ädellövskog som sköts med naturnära metoder liknar i sin struktur i regel naturskogar med luckdynamik och behåller ett stabilt beståndsklimat och ostörda markförhållanden. Utan annan naturhänsyn saknar den emellertid både riktigt gamla träd och grov död ved (Gustafsson et al. 2012, 2020). Natur-



Bokföryngring under skärm och ett hänsynsträd med tickor. Marburg, Hessen, Tyskland, 2012.

hänsyn i sådan skog fokuserar därför på enskilda hänsynsträd (evighetsträd, habitat trees, Gustafsson et al. 2020). Även avsättning av större eller mindre trädgrupper och kantzoner förekommer, men är viktigare i trakthyggesbruket.

Naturlig föryngring och utvecklingen av skiktade blandskogar är viktiga komponenter i alla länder där naturnära skogsbruk bedrivs i någon större omfattning. Skillnader finns till exempel i behandlingen av införda trädslag. I Danmark ingår flera införda trädslag i olika skogsutvecklingstyper, medan man i flera andra länder minskar andelen införda trädslag, särskilt om de visat sig vara invasiva, med negativa effekter på biologisk mångfald. Generellt kan man dock säga att hotet mot biologisk mångfald och skogsekosystemens stabilitet är större från andra invasiva arter än träd. Detta gäller särskilt skadeorganismer som insekter och svampar (Ellison et al. 2005, Kautz et al. 2017).

Avgränsning och syfte

Denna rapport om generell naturvårdshänsyn i ett hyggesfritt skogsbruk sammanfattar studier från Mellaneuropa, kompletterad med några studier från angränsande länder samt USA.

Följande huvudfrågor behandlas:

- Vilka effekter har olika former av hyggesfritt skogsbruk på föryngringen och beståndens trädslagsblandning?
- Vilka habitatstrukturer prioriteras vid generell hänsyn i hyggesfritt skogsbruk?
- Vilka effekter har generell hänsyn på biologisk mångfald i ek- respektive bokskogar som brukas hyggesfritt?

Effekter av ett hyggesfritt skogsbruk på föryngringen har tagits med då den biologiska mångfalden i skogar är beroende av trädslagsammansättningen och därmed på lång sikt av vilka trädslag som kan föryngras.



En gammal hänsynsbok med många olika mikrohabitat. Flims, Graubünden, Schweiz, 2018.

Resultat

Hyggesluckornas storlek och föryngringen

Beståndsluckorna som uppstår vid enkelstamsurval är i regel för små för föryngringen av ljuskrävande trädslag och gynnar främst skuggtåliga trädslag som bok, gran och silvergran (Mason et al. 2022). Gruppvis luckhuggning är ett mer flexibelt system då man kan variera luckstorleken och därmed gynna både ljuskrävande och skuggtåliga trädslag under föryngringsprocessen om luckornas storlek varierar mellan ca 0,05 och 0,5 ha (Brang et al. 2014).

Kern et al. (2017) diskuterar utmaningar och möjliga lösningar rörande hyggesfritt skogsbruk i Nordamerika. Struktur och störningsregimer i nordamerikanska och europeiska skogar har stora likheter och studien är därför relevant även för europeiska tempererade skogar. Författarna argumenterar för flexibilitet och större variation i luckors storlek och form. För lyckad föryngring räcker det inte att luckan är av lämplig storlek för trädslaget som man vill föryngra. Föryngringen påverkas även av många andra faktorer. Frötillgången är en viktig faktor och varierar kraftigt i tid och rum. Vissa arters frön behöver exponerad mineraljord som groddbädd, till exempel tall och björk. Detta kan vara ett problem inte minst i ett naturnära skogsbruk där man vill minimera markstörningar och därför inte markbereder.

I många skogar finns redan småplantor och småträd av skuggtåliga trädslag på plats när man hugger en lucka för föryngring. De har då ett försprång som nyetablerade, mer ljuskrävande trädslag inte kan hämta upp även om luckan är tillräckligt ljus. Detta gynnar generellt gran och bok, som dessutom är mindre utsatta för viltbete än ek och tall (Madsen & Hahn 2008, Forrester et al. 2014). I blandad ädelövskog föryngras flera träd och buskar lätt vegetativt genom stubb- eller rotskott efter avverkning. Den negativa konkurrenseffekten på föryngringen av till exempel ek kan vara densamma som med

befintliga underbestånd. Därför kan det vara nödvändigt med återkommande röjning av till exempel hassel och avenbok så länge ekarna inte har fått ett nödvändigt försprång i höjdtillväxten.

Föryngringsförhållandena varierar ofta kraftigt efter stormskador eller skadeangrepp inom det påverkade området. Detta betyder att det i regel finns möjligheter att etablera blandade bestånd med flera trädarter. Detta gäller särskilt för medelstarka störningar som inte är lika väl undersökta som föryngringsförhållandena i små luckor eller stora stormfällan och kalhyggen. I den naturliga skogsdynamiken spelar de en viktig roll då de skapar mer heterogena luckor (Nagel et al. 2006, Hanson & Lorimer 2007). Detta leder också till en större mångfald i den övriga vegetationen (Kern et al. 2017).

Generellt gäller att en större variation i luckstorleken och formen av luckorna resulterar i en större artmångfald i den naturliga föryngringen. Att arbeta för en blandad föryngring med flera trädslag ställer visserligen högre krav på kontinuerlig skötsel men skapar å andra sidan förutsättningar för mer hållbara skogar, både i ekologiskt och ekonomiskt hänseende (Kern et al. 2017).

Bauhus et al. (2013) analyserar kontinuitetsskogsbrukets begränsningar för anpassning av skogsbruket till klimatförändringar och menar att storskaliga störningar har inte bara negativa effekter utan kan även låta skogsekosystem anpassa sig till nya klimatförhållanden. Ett småskaligt kontinuitetsskogsbruk med små luckor främjar stabilitet och fördröjer därmed en omstrukturering av skogen till förändrade klimat- och andra ståndortsförhållanden. Å andra sidan kan en sådan omställning göras kontinuerligt i mindre beståndsluckor medan man ekonomiskt kan låsa sig till ett i längden ohållbart trädslag i kalhyggesbruket om man väljer ”fel” vid planteringstillfället. Brang et al. (2014) argumenterar för att en flexibel tillämp-

ning av gruppvis avverkning är mest lämplig för ett klimatanpassat skogsbruk. Genom att ha luckor från ca 0,05 till 0,5 ha kan man gynna både skuggtåliga och ljuskrävande trädslag. Det är dock viktigt att komma ihåg att också många andra faktorer än ljuset påverkar naturförnyringen (Kern et al. 2017).

Prioriterade habitatstrukturer vid generell hänsyn

Generell hänsyn i europeiskt kontinuitetsskogsbruk fokuserar främst på urval av hänsynsträd ("evighetsträd") och att öka mängden död ved (Kraus & Krumm 2013), och är även reglerad i skogsbrukets miljöcertifiering (FSC/PEFC) i de länder där ett sådant skogsbruk bedrivs i större skala (till exempel Danmark, Frankrike, Schweiz, Tyskland, Österrike). Dessa regler föreskriver att lämna stora levande träd, samt döda stående träd och lågor som generell hänsyn. Ibland lämnas även trädgrupper men avsättning av större hänsynsytor är inte lika vanligt som i kalhyggesbruket (Gustafsson et al. 2020).

Jämfört med sparande av hänsynsträd i det svenska kalhyggesbruket, som i regel sköts av skördarföraren och kan variera mycket angående naturvärde, läggs mer tid och resurser på urvalet av hänsynsträd i hyggesfritt skogsbruk. De kan inventeras och markeras permanent och urvalet baseras ofta på trädens nuvarande eller potentiella mängd av mikrohabitat (Trens, tree-related microhabitats). Sådana mikrohabitat innefattar till exempel stamhåligheter, död ved i kronan, barksprickor och exponerad stamved (Larrieu et al. 2018, Bütler et al. 2020). Det finns ett ökande antal studier om urval av hänsynsträd i relation till vem som väljer och varför, huruvida förekomst av Trens har samband med artförekomster och vilka kostnader avsättningen innebär. Inte oväntat finns ett tydligt positivt samband mellan förekomst av mikrohabitat och stamdiameter (Bütler et al. 2013) och det är vanligt att välja de största och äldsta träden i en skog som evighetsträd. I hyggesfria system bör både stora och små hänsynsträd bli permanent markerade så att de inte avverkas av misstag då det avverkas oftare och mer småskaligt i hyggesfritt skogsbruk (Bütler et al. 2013). Sist men inte minst är det viktigt att tänka på framtida hänsynsträd redan vid den första röjningen i alla typer av skogsskötselsystem. Annars röjs värdefulla trädslag och trädformer bort långt innan de kan bli habitatträd (Bauhus et al. 2009).

Bütler et al. (2013) rekommenderar att minst 5–10 habitatträd bör sparas per hektar. Inom hyggesfritt skogsbruk ska sådana träd innehålla mikrohabitat och/eller vara mindre vitala träd med låga virkesvärden som annars skulle bli utgallrade. Gutzat & Dormann (2018) sammanfattar kunskap om hänsynsträd för hållbyggande fåglar och konstaterar att stamdiameter, trädets och trädkronans vitalitet är bra variabler för urval av sådana träd. Stora träd, döda träd och träd med brutna kronor valdes nämligen generellt av hållbyggare oberoende av skogstyp. För lövträd krävdes en stamdiameter på minst 30 cm. Basile et al. (2020a, 2020b) fann att Trens inte kan användas som en tillförlitlig indikator för träd som väljs för hållbyggande av hackspettar. Istället väljer hackspettar gärna träd som är ca 15–20 cm grövre än medeldiametern. Vill man gynna hackspettar gäller det alltså att spara några större träd i ett hyggesfritt skogsbruk, även när de har nått sin måldiameter. När man sparar habitatträd och vill optimera mängden och variationen av trädens mikrohabitat bör man fokusera på att välja de mest lämpliga träden och inte ta för mycket hänsyn till trädens läge. Att spara träd i grupper är alltså mindre viktigt i ett hyggesfritt skogsbruk jämfört med kalhyggesbruket (Asbeck et al. 2020).

Asbeck et al. (2022) fann att värdefulla mikrohabitat som röthål och andra stamskador var vanligare i naturskogar jämfört med skogar som brukades hyggesfritt. Detta beror på att sådana skador minskar virkesvärdet och träden, som ofta är senvuxna och undertryckta, blir därför i stor utsträckning utgallrade även i ett naturnära skogsbruk. Att bedriva ett hyggesfritt skogsbruk betyder alltså inte automatiskt att livsmiljöer för skogslevande arter finns i högre grad än i kalhyggesbruket. I båda fallen behövs ett medvetet arbete för att spara och utveckla de strukturer som arterna är beroende av och som inte finns där om man enbart fokuserar på virkesproduktion. Det handlar främst om gamla träd och död ved av olika arter och i olika former, i både skuggiga och soliga lägen (Bütler et al. 2013, Fritz & Heilmann-Clausen 2010, Gustafsson et al. 2020).

Att välja hänsynsträd

Flera stora forskningsprojekt pågår med målet att optimera balansen mellan produktions- och miljöaspekter, inklusive analyser av urvalskriterier för hänsynsträd och annan naturhänsyn. Ett av



Här får vandraren veta att det är ett hänsynsträd: "Hackspettsträd, lämnad som livsmiljö till fåglar och fladdermöss". Trädet är som syns även livsmiljö för mossor och lavar. Flims, Graubünden, Schweiz, 2018.

de större projekten är ConFoBi vid universitet i Freiburg i sydvästra Tyskland (Storch et al. 2020). I detta projekt studeras även samhällskontexten, därför att den naturhänsyn som görs i praktiken påverkas av flera olika faktorer. Skogsägarnas mål, kunskap och traditioner och motivation är avgörande för det praktiska utförandet av hänsynsåtgärder och möjliga målkonflikter behöver undersökas för att kunna utveckla hållbara skötselkoncept (Rosenkranz et al. 2014, Storch et al. 2020).

Joa et al. (2020) och Cosyns et al. (2020) konstaterar att det finns en inneboende konflikt mellan produktion av kvalitetsvirke och naturhänsyn i form av gamla träd och grov död ved. I hyggesfritt skogsbruk behöver denna konflikt främst hanteras på trädnivå inom bestånden. Urval av hänsynsträd påverkas härvid av fler faktorer än trädens innehåll av mikrohabitat. Skogsförvaltarens personliga bakgrund, erfarenhet och skötsel mål kan vara väl så viktiga, särskilt när det handlar om så kallade konfliktträd, alltså träd med både höga ekonomiska och ekologiska värden. I det typiska fallet i svensk ädellövskog handlar det om stora ekar. Joa

et al. (2020) har till exempel visat att professionella skogsförvaltare ofta fokuserar på trädens ekonomiska värden och således även på kvalitetsfel som ibland kan höja det ekologiska värdet och därmed minska konfliktpotentialen. Naturvårdare har å andra sidan en tendens att vid urval av hänsynsträd främst fokusera på trädens ekologiska potential, oberoende av deras ekonomiska värden. Här fanns en tydlig konflikt mellan båda grupper där skogsförvaltare vill skörda värdefulla timmerträd innan de utvecklar för stora ekologiska värden medan naturvårdare gärna väljer samma stora timmerträd som hänsynsträd på grund av deras framtida naturvårdspotential. Att sammanföra skogsförvaltare och ekologer för gemensam diskussion är en viktig del för att optimera urvalsprocessen av hänsynsträd i hyggesfritt skogsbruk (Cosyns et al. 2020). Ett intressant resultat av studien var att deltagarna inte använde sig av mikrohabitatkatalogen som tillhandahölls i särskilt hög grad vid övningen utan mer förlitade sig på en övergripande visuell bedömning baserad på sin tidigare erfarenhet. Med tanke på tidspressen kan man nog utgå ifrån att det inte är annorlunda i det dagliga arbetet. Slutsatsen

blir att man behöver ta hänsyn till arbetsvillkoren och professionens normer vid arbetet med urval av hänsynsträden. Att tillhandahålla mer information påverkar inte nödvändigtvis urvalsprocessen (Joa et al. 2020). Vidare är det viktigt att kontinuerligt och kritiskt granska befintliga poängsystem för naturvärdebedömning och hålla de uppdaterade mot det aktuella kunskapsläget. Estetiska bedömningar spelade en överraskande liten roll vid urvalsprocessen, förmodligen för att dessa upplevs som mer subjektiva och svårare att kvantifiera. I praktiken kan dock olika personers fascination för individuella träd spela en viktig roll för att bevara träd med ett särskilt utseende (Joa et al. 2020).



Högstubbar, lågor, grenar och toppar. Även i produktions-skogen behövs hela variationsbredden för att gynna arter som är beroende av död ved. Marburg, Hessen, Tyskland, 2012.

Att spara död ved

Att spara död ved är tillsammans med urval av hänsynsträd den andra viktiga naturvårdsgärden i både trakthyggesbruk och hyggesfritt skogsbruk (Gustafsson et al. 2012, 2020). Müller & Bütler (2010) sammanfattade kunskapsläget och fann att det krävs 30–50 m³/ha död ved inklusive en stor diameterspridning i låglands-lövskogar för att större delen av den vedlevande faunan skulle kunna överleva på lång sikt. De mest krävande arterna behöver dock större reservat med volymer död ved som är typiska för naturskogar (ca 80–100 m³/ha). Den döda vedens temperatur och fuktighet är viktiga faktorer för arters förekomst. Stående ved är i regel torrare än lågor och innehåller olika arter. Medan många insekter föredrar solexponerad ved, gynnas vedsvampar och mossor mer av fuktiga förhållanden (Lachat et al. 2013).



Naturlig förnyring under gles ekskärm, inklusive hänsynsträd och högstubbar. Förnyringen består av ek och bok och det kommer att behöva röjas och gallras regelbundet runt unga ekar. Spessart, Bayern, Tyskland, 2018.

Effekten av att spara en högstubbe, en låga eller ett evighetsträd för ved- och trädlevande arter skiljer sig beroende på skogsbrukssystem. I trakthyggesbruk gynnas främst ljus- och värmeberoende arter, medan skuggtåliga och fuktighetskrävande arter gynnas i hyggesfria bestånd där mikroklimatet förändras mycket mindre efter en avverkning än på ett större hygge. Studier i svenska ekskogar har visat att många vedlevande insekter gynnas mer av död ved i öppna lägen, medan många vedsvampar och mollusker gynnas av död ved på skuggiga fuktiga platser (Götmark 2013). Det har också visat sig att den totala diversiteten ökar med gradienter i mikroklimat, och därmed är lägre i hyggesfria skogar (Schall et al. 2018). Tyvärr finns än så länge ganska få studier om effekter av att tillskapa död ved i tempererade löv- och blandskogar där man har undersökt effekten av olika variabler under mer kontrollerade förhållanden (Sandström et al. 2019, men se nedan Seibold et al. 2016, Uhl et al. 2019, Lettenmaier et al. 2022).

Naturhänsyn och förnyring i ekbestånd

I Mellaneuropa har ädellövskogar som skyddats under de senaste årtiondena i allmänhet lämnats för fri utveckling, oavsett skogstyp. Uppföljningar av utvecklingen i skogsreservat har visat att de flesta av dessa skogar har blivit tätare vilket har missgynnat den ljuskrävande eken och den ekberoende floran och faunan, medan skuggtåliga trädslag ökar med tiden, särskilt bok (Götmark 2013, Horak et al. 2014, Sebek et al. 2015, Mölder et al. 2019, Kozel et al. 2021). Horak et al. (2014) visade att flertalet taxonomiska artgrupper i tjeckiska ekskogar gynnas av mer öppna och solvarma förhållanden. Den bästa optionen innebar i detta fall strikt skydd utan

aktiva skötselåtgärder. Insikten att ett strikt skydd av ekskogar leder till förlust av biologisk mångfald har under senare år lett till en omvärdering av skötselstrategierna i skyddade ekskogar. Denna kunskap har också bäring på skötseln och naturvårdshänsyn i brukade ekskogar (Mölder et al. 2019).

Äldre ekskogar som sköts hyggesfritt idag har en gång uppkommit under öppna förhållanden orsakade efter kraftiga störningar. För ekdominerade skogar betyder det att plockhuggning inte är ett långsiktigt alternativ för att behålla eken, då det inte blir någon framgångsrik förnygring av den ljuskrävande eken i små luckor. Om man stegvis hugger ut enskilda ekar i produktionsbestånd när de når sin måldiameter, kommer förnyringen bestå av mer skuggtåliga trädslag än ek. Hyggesfritt skogsbruk med små luckor i blandbestånd med ek och bok leder nämligen nästan alltid till att boken konkurrerar ut eken (Lüpke 1998, Ligot et al. 2013). Luckstorleken bör initialt vara åtminstone 0,05 ha för att ekplantor ska få tillräckligt med ljus för att kunna växa, och luckorna behöver senare utvidgas till 0,2 ha eller mer (Lüpke 1998). Även skärmställning där inte mer än runt 30 % krontäckning sparas används för att förnygra ek (Ligot et al. 2013, Mölder et al. 2019), men då behöver man se efter ett eventuellt redan etablerat underbestånd av mer skuggtåliga trädslag och röja bort det (Lüpke, 1998).

Luckhuggning (max 0,25 ha) inom ramen för den svenska definitionen för hyggesfritt skogsbruk kan därmed fungera för småskalig ekförnygring, liksom förnygring under skärm utan att underskrida den tillåtna grundytan (Appelqvist et al. 2021). I båda alternativen är konkurrens från andra mer skuggtåliga trädslag, särskilt bok, avenbok och gran, ett potentiellt problem som kan kräva riktade röjningar för att behålla eken (Mölder et al. 2019). Generellt ligger den rekommenderade luckstorleken för ekförnygring mellan 0,2 ha and 2 ha (Mölder et al. 2019).

I sydsvenska blandskogar kan eken förnygra sig fläckvis i större luckor eller under en tallskärm. Här finns möjlighet att ta vara på denna naturliga förnygring och aktivt gynna unga ekar mot konkurrerande trädslag (Ståål 1986). En långsiktig individriktad skötsel är då nödvändig för att gynna och utveckla dessa ekar i blandskog, både för produktion och som framtida evighetsträd.

Det är viktigt att komma ihåg att eken i regel förnygrar sig bra i öppna gräsdominerade miljöer eller under ett glest trädskikt av till exempel tall (Bobiec et al. 2018). Har det på så sätt blivit ett ekdominerat bestånd, leder successionen ofta till att skuggtåliga trädarter (bok, gran, lind, alm) och hassel vandrar in under ekkronorna och på sikt konkurrerar ut ekarna utan kraftiga återkommande störningar. Eken behöver därför flytta runt i landskapet för att överleva, vilket den gör med hjälp av nötskrikan som sprider dess ollon. Det moderna landskapet med sin dominans av intensivt brukad åkermark och täta produktions-skogar har gjort att denna dynamik i stort sett har upphört (förutom i tallskogar). Ibland kan det vara mest effektivt att etablera ung ekskog genom sådd eller plantering på åkermark än att satsa på ekförnygring på skogsmark med osäkert slutresultat. Bobiec et al. (2018) påpekar vidare att de ekologiska nischer som fanns i det äldre halvöppna odlingslandskapet och som passade eken och dess ekologi försvann med den agrara revolutionen och den efterföljande strikta uppdelningen i skogsmark och öppen odlingsmark.



Hänsynsträd av ek i beståndskant. Lahntal, Hessen, Tyskland, 2011.

Mölder et al. (2019) menar att en återgång till äldre skötselformer i modifierad version är nödvändig för att bevara värdefulla ekmiljöers biologiska mångfald. Skottskogsskötsel med överståndare av ek (s.k. medelskog, coppice with standards, Mittelwald) kan vara en sådan skötselform som möjliggör kontinuerlig ekförnygring. Ekförnygring blir då möjlig efter röjningen av underbeståndet, om man gör den i samband med ollonår, samtidigt som ekskogens

Ljus- och värmeberoende flora och fauna gynnas regelbundet (se exemplet Iphofen i Thomasson et al. 2008). Den stora biologiska mångfalden i detta traditionella skötselsystem och i betade ekhagar beror förmodligen på att deras struktur har större likheter med det naturlandskap där arterna utvecklades och där eken växte innan människan hade utrotat de stora växtätarna som satte sin prägel på landskapet (elefanter, noshörningar, uroaxar och visenter, Andersson & Appelquist 1990).



Före detta medelskog med ek och avenbok i underbeståndet. Ett skötselalternativ för att gynna både biologisk mångfald och ekföryngring skulle kunna vara att hugga hela underbeståndet i luckor om ca 0,25 ha. Några stammar lämnas som lågor och man behöver hålla fritt runt ekplantor. Med tiden kommer avenboken skydda ekstammarna och främja kvalitetsdaningen. Lahntal, Hessen, Tyskland, 2010.

De flesta ädellövskogar med höga naturvärden i Sverige är inte naturskogar utan snarare i olika stadier av igenväxning efter tidigare skötsel som selektiv huggning, skottskog, skogsbete eller lövängs- och hamlingsbruk. De är därför fortfarande ofta i ett mellanstadium i utvecklingen mot naturskog som kan vara mycket artrik och som man kanske vill upprätthålla genom ett hyggesfritt skogsbruk, med både fördelar för biologisk mångfald och virkesproduktion genom att behålla eken i systemet.

De studier i Sverige som mest liknar luckhuggningen och som har undersökt effekter på biologisk mångfald är de som utförts inom ramen för ekprojektet vid Göteborgs universitet (Götmark 2013). Genom att jämföra orörda referensytor (1 ha) med behandlingsytor där man tog ut ca 30% av grund-

tan (främst i underbeståndet), kunde man se att de flesta artgrupper gynnades av gallringen (kärllväxter, skalbaggar, lavar, mossor). Endast vissa vedsvampar och snäckor missgynnades av uttagen i ekprojektet.

Nordén et al. (2012) fann till exempel tydliga positiva effekter av naturvårdsgallring runt stora ekar på diversiteten av både lavar och mossor. Detta berodde på en kombination av ökad kolonisation och minskade lokala utdöenden i gallrad skog jämfört med orörda kontrolltytor. Paltto et al. (2011) fann dubbelt så många rödlistade lavar på gammelekar i öppna lägen jämfört med ekar i tätare skog. I igenväxande ekmiljöer kan den negativa effekten vara en långtidseffekt där ljusberoende lavar långsamt försvinner när krontaket sluter sig och underbeståndet blir tätare. Utdöendeskulden betalas med tiden.

Gran & Götmark (2019) fann att den klart positiva effekten som naturvårdsgallring har på vedlevande skalbaggar i ekskog är kvar i åtminstone tio år efter gallringen. Den positiva effekten på vedlevande insekter av att öppna upp krontaket kan dels bero på en ökning av mängden blommor i kombination med mer död ved som gynnar blombesökande vedlevande skalbaggar, till exempel många långhorningar, och dels en ökning av mängden solexponerad död ved som är ett viktigt substrat för många arter. Resultaten tyder på att den ökning av öppenheten genom gallring som behövs för att bevara en värmegynnad vedinsektsfauna inte är så stor utan kan uppnås redan med måttlig gallring som den som gjordes i ekprojektet (Bouget et al. 2013).

Naturhänsyn i bokskogar och andra skogar med skuggtåliga trädslag

Nascimbene et al. (2013) sammanfattade hur skogsbruket påverkar epifyter i europeiska ädellövskogar. Ljus är en nyckelfaktor för epifytiska lavar och de flesta lavar trivs bäst i halvskugga. Lavfloran utarmas däremot i skogar med täta krontak och underbestånd vilket innebär att regelbunden öppning av krontaket med mindre luckor skapar bättre ljusförhållanden än långa faser med igenväxning (Moning et al. 2009, Nordén et al. 2012, Nascimbene et al. 2013). Det finns dock exempel där selektiv avverkning hade negativa effekter på lavar, som till exempel lunglav (Edman et al. 2008). Negativa effekter av ett konventionellt skärmskogsbruk på substrattillgången i bokskog

kan mildras genom längre omloppstider och genom att ställa hänsynsträd i grupper. Artdiversiteten ökar vidare med antalet trädslag i bestånden.



Generell hänsyn i bokskog i form av död ved (bokhögstubbe) och sparande av sällsynta trädslag (idegran). Rügen, Mecklenburg-Vorpommern, Tyskland, 2019.

Studier i halländska bokskogar visade att beståndens mängd av mikrohabitat var den enskilt mest betydelsefulla faktorn för förekomsten av naturvårdsinträsanta trädlevande mossor och lavar (Fritz et al. 2008). Vid detaljstudier av enskilda träd visade sig samverkan mellan högt bark pH, hög trädålder och stamskador bäst förklara antal av funna naturvårdsinträsanta arter (Fritz et al. 2009a, 2009b). Studier av olika stamskador visade att röthål var den enda skadetyp som gav signifikant högre bark pH. Flera sällsynta arter växte främst nedanför röthål, vilket tyder på en ekologisk koppling mellan rötsvampar och substratkrävande epifyter (Fritz & Heilmann-Clausen 2010). Gamla klena senvuxna bokstammar med röthål har ofta gallrats bort i brukade bokskogar men bör istället ha hög prioritet som hänsynsträd. Partier med sådana värdefulla träd bör också alltid sparas som hänsynsytor (Fritz 2008). Bevarandet av sådana träd i bokskog kan integreras i olika skötselsystem men storskalig och kraftig utglesning av beståndet vid förnygringshuggning i skärmskogsbruk har negativ effekt då det leder till en för kraftig förändring av mikroklimatet och för stark solexponering. Gamla rötade epifytbokar har lågt virkesvärde och målkonflikten är mindre än i ekskogar där värdefulla gamla epifytekar med grov bark också kan ha höga virkesvärden. I bokskogar är det dock viktigt att senvuxna träd inte gallras bort innan de utvecklar mikrohabitat för epifyter. Ett långsiktigt bevarande av en värdefull lavflora

förutsätter alltså att rätt hänsynsträd väljs och sparas. Här krävs kunskap av skogsförvaltare att känna igen lämpliga epifytträd redan vid röjning och gallring.

Müller et al. (2019) jämförde likåldriga och olikåldriga brukade med obrukade bokskogar och undersökte skillnader i mossfloran. Olikåldriga brukade bokskogar hade flest arter, följt av likåldriga, medan obrukade skogar innehöll minsta antalet arter. Skillnaden berodde främst på att det fanns fler ved- och marklevande arter i brukade skogar. Slutsatsen blev att substratkontinuitet var viktigare än valet av skötselsystem men typiska skogsarter reagerade negativt på brukningsintensiteten, d.v.s. lägre mängd gamla, grova träd. Olikåldriga brukade skogar innehöll flest arter på bark och sten. Ökande krontäckning hade positiva effekter på barklevande arter men negativa på övriga artgrupper. Denna och andra studier som jämför olika skötselsystem tyder på att en värdefull och artrik trädlevande mossflora inte är strikt beroende av ett visst skötselsystem per se, utan snarare av mängden gamla hänsynsträd och deras kontinuerliga förekomst. Bardat & Aubert (2007) fann att arter som fanns i gamla likåldriga ädellövskogar saknades både i skogar med selektiv huggning och i skottskogar med överståndare, förmodligen för att det inte hade sparats gamla hänsynsträd i de två senare.

Seibold et al. (2016) placerade lågor och grenar av bok och silvergran i soliga och skuggiga provytor i Bayern och undersökte faunan av vedlevande skalbaggar efter tre år. Artsammansättningen skiljde sig tydligt mellan de två typer av provytor, med fler arter i soliga provytor. Då mikroklimatet tillsammans med variationen av vedsubstraten påverkade mångfalden av vedskalbaggar mest blev slutsatsen att man bör skapa luckor i täta bokskogar för att gynna den vedlevande faunan.

Uhl et al. (2022) undersökte vedsvampar och vedlevande skalbaggar två år efter att lågor, låg- och högstubbar hade skapats i luckor (25x25m) och under slutet krontak i bayerska produktionsskogar av bok. Även här ökade en kombination av substrat i soliga och skuggiga lägen mångfalden av vedlevande arter. Bokskogar som sköts med luckhuggning erbjuder förmodligen en större mikroklimatisk variation än skogar som sköts med

enkelstamuttag eller homogen skärmhuggning. Lettenmaier et al. (2022) undersökte död ved som placerats i bayerska blandskogar av bok, gran och silvergran och konstaterar att solexponering ökar vedlevande skalbaggs diversitet genom att skapa ett mer varierat mikroklimat, både inom och mellan lågor. Här var en större variation av lågans yttemperatur positivt korrelerad med antalet arter. Det är därför lämpligt att lämna eller skapa lågor och högstubbar både i hyggesluckor och i slutna delar av beståndet.

Leidinger et al. (2020) hittade större mångfald av kärlväxter och vedlevande skalbaggar i brukade bokskogar i norra Bayern med god generell hänsyn jämfört med skogar som hade varit obrukade under en tid och förklarade det med ljusbrist i de senare. I obrukade skogar fanns däremot fler arter av fladdermöss medan det inte fanns tydliga skillnader för svampar.



Blandskogen i Alperna är ofta olikåldrig och domineras än så länge av gran. Boken är vanlig men inte lika dominerande som på andra håll i Mellaneuropa. Oberstdorf, Bayern, Tyskland, 2012.

Schall et al. (2018) jämförde biologisk mångfald (15 olika artgrupper) i likåldriga bokskogar brukade med skärmhuggning och olikåldriga bokskogar med enkelstamsuttag i Thüringen (mellersta Tyskland). Det visade sig att mångfalden på landskapsnivå var större i skogslandskap med en mosaik av homogena bestånd med olika åldrar än i ett landskap dominerat av olikåldrig bokskog. Detta berodde förmodligen på att variationen i ljusförhållandena blir större med skärmskogsbruk än med stamvis blädning. Långsiktigt negativa effekter av skärmskogsbruk uppstår när arter som inte överlever skärmhuggning och den efter-

följande ungskogsfasen inte lyckas återkoloniserar när skogen blir äldre. Sådana effekter bör kunna undvikas genom att hålla skärmhyggerna relativt små, kanske 0,2–2 ha, så att även svårspredda arter kan kolonisera. Att öppna krontaket och skapa luckor av varierande storlek verkar resultera i ett artrikare skogslandskap än att hålla krontaket permanent mer eller mindre slutet genom måldiameterhuggning. Slutsatsen blir att båda extremer, stora kalhyggen och enkelstamsuttag skapar skogslandskap med låg strukturvariation jämfört med system med medelstora ingrepp som luckhuggning och oregelbundet skärmskogsbruk.



Naturlig förnygring efter luckhuggning i bokblandskog. Haßfurt, Bayern, Tyskland, 2018.

I en uppföljande studie hävdar Schall et al. (2020) att mångfalden också är större i bokskogslandskap brukade med skärmskogsbruk än i obrukade bokskogar. Bruun & Heilmann-Clausen (2021) ifrågasätter emellertid att dessa resultat är allmänt giltiga för bokskogars biologiska mångfald. De påpekar att mängden död ved i de jämförda skogarna inte är representativ för brukade bokskogar och boknaturskogar i Europa. De obrukade bokskogarna i studien hade inte varit skyddade särskilt länge och innehöll faktiskt mindre död ved än de brukade (22 respektive 28 m³/ha). Europeiska boknaturskogar som har varit obrukade länge generellt innehåller död ved i betydligt större mängd och variation (130 m³/ha eller mer) och därmed också en större mångfald av arter knutna till död ved (Brunet et al. 2010). Brukade bokskogar i Sverige till exempel innehåller idag i regel endast några få kubikmeter död ved då även grenar och toppar skördas och används som biobränsle. Bevarande av bokskogens biologiska mångfald på landskapsnivå är därför i regel inte möjligt utan en tillräcklig hög andel skog utan virkesuttag (Brunet et al. 2010, Bruun & Heilmann-Clausen 2021).

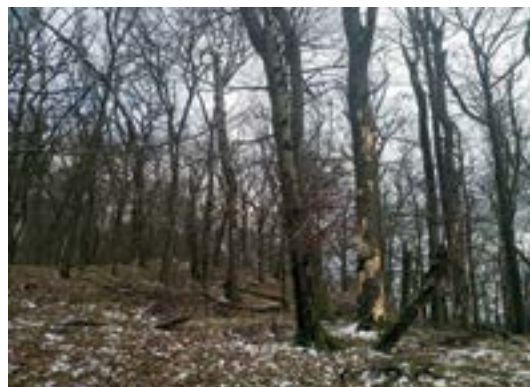
Diskussion och slutsatser

Målen med naturhänsyn är generellt lika mellan kalhygges- och hyggesfritt skogsbruk: man vill säkra en kontinuitet av strukturer och arter på beståndsnivå, man vill öka den strukturella komplexiteten och man vill säkra konnektiviteten av livsmiljöer och populationer i landskapet (Gustafsson et al. 2020). I kalhyggesbruket uppstår dock en övervikt av solexponerade strukturer medan mer eller mindre beskuggade livsmiljöer dominerar i hyggesfria skogar, i alla fall i blädningsskogar med måldiameterhuggning av enskilda träd. I skogslandskap utan hyggen behövs därför ett ökat fokus på hänsynsträd och död ved i olika typer av mer solexponerade miljöer, som luckor i beståndet och kantzoner mot öppna områden. Det gäller även att utnyttja tillfällen som skapas av större storm- eller torkskador i form av solexponerad död ved och större ytor för naturlig förnygring av ljuskrävande trädslag (Nagel et al. 2014, Seibold et al. 2015).

I det hyggesfria skogsbruket i Mellaneuropa fokuserar man främst på urval av lämpliga hänsynsträd (habitatträd) samt åtgärder för att spara död ved, delvis styrt av nationella certifieringsregler (Bollmann et al. 2020, Gustafsson et al. 2020). Samtidigt måste skogsförvaltarna idag hantera skogsskador som uppträder i mycket större skala än luckorna i ett hyggesfritt skogsbruk. Förutom återkommande stormskador leder pågående klimatförändringar idag till exempel oftare till svår sommartorka som försvagar trädens vitalitet och gör de även känsligare för skadeangrepp, till exempel från granbarkborre. Under senare år har det lett till att gran-skogar har dött över stora arealer i Mellaneuropa vilket på kort sikt även tar bort förutsättningar för ett hyggesfritt skogsbruk. Även bokskogar har drabbats hårt av sommartorka vilket skapar större luckor än planerat i bestånden.

Att integrera dessa skadade skogsarealer i det pågående skogsbruket är en stor utmaning men ger även intressanta möjligheter för en omställning till

långsiktigt mer hållbara skogsekosystem. I detta sammanhang är det viktigt att från början integrera naturliga förnygringsprocesser och reststrukturer från den skadade skogen (död ved) i den skogliga restaureringsprocessen, både för att gynna naturvärden och för att skapa motståndskraftiga skogar (Bollmann & Braunisch 2013, Bollmann et al. 2020).



Bokar som har dött efter återkommande svår sommartorka. För vedlevande arter har det inneburit ett betydande tillskott av grov död ved. Rimberg, Hessen, Tyskland, 2023.

Många vedlevande arter har ganska speciella substratkrav. Därför kan en stor mångfald av vedlevande arter endast utvecklas när det finns en mångfald av vedsubstrat. Det innebär en mångfald av trädslag, stamdimensioner, nedbrytningsgrader och ljus- och fuktighetsförhållanden. En sådan mångfald kan gynnas av aktiva skötselmetoder. Vill man skapa varierade ljusförhållanden för död ved, är luckhuggning av trädgrupper bättre än uttag av enskilda stammar, där det i regel förblir ganska mörkt i den lilla luckan som uppstår och där även det skuggande underbeståndet är kvar. I bokskogar bör luckorna vara tillräckligt stora för att andra trädslag kan blandas med bok i förnygringen. I ekskogar kan skottskogsskötsel med behållen ekskärm (medelskogsbruk) skapa artrika halvöppna miljöer under förnygringsfasen.



I de lövskogsdominerade delarna av mellersta Tyskland är det numera ovanligt med större kalhyggen. I mitten till vänster finns ett öppet område med bokföryngring där man har avverkat flertalet skärmsträd. Rimberg, Hessen, Tyskland, 2022.

Det behövs alltså både kontinuitet och störningar i olika rumsliga och tidsskalor för att bevara skogens biologiska mångfald. På landskapsnivå behövs mellan 20–50 m³/ha död ved som med fördel kan vara ojämnt fördelat mellan bestånden (Gossner et al. 2013). Lättspridda arter behöver kontinuerlig tillgång till kortlivade livsmiljöer, medan svårspridda arter är anpassade till stabila livsmiljöer i gammelskogen. Förutom gammelskogsstrukturer och hänsynsytor med gammal skog behövs även föryngringsytor som liknar föryngringen efter naturliga störningar. Detta innebär exponerade större hänsynsträd och grov liggande och stående död ved, samt en delvis naturlig föryngring av andra arter än den som planteras (Krauss & Krumm 2013). Den delen av ädellövskogarnas biologiska mångfald som behöver öppna och halvöppna miljöer finns idag även i kulturlandskapet utanför skogen, till exempel i trädklädda beteshagar, alléer och parkmiljöer. Behovet av öppenhet i skogslandskapet behöver därför analyseras tillsammans med det omgivande landskapet.

Det är slutligen viktigt att komma ihåg att det hyggesfria skogsbruket, så som det tillämpas i Mellaneuropa, inte enbart handlar om att undvika kalhyggen, utan är del av ett övergripande skogsbrukskoncept med många fler beståndsdelar, till exempel att arbeta med naturföryngring utan markberedning. Ett bra exempel på detta är det s.k. LÖWE programmet för statsskogarna i den tyska delstaten Niedersachsen (Borass et al. 2017, Winkel & Spellmann 2019). LÖWE programmet var en politisk kompromiss där skogsnäringen gick andra samhällsaktörer under tiden runt 1990 till mötes i betydligt större utsträckning än den svenska skogssektorn under samma tidsperiod. Det ledde till ett paradigmskifte med ett i grunden förändrat skogsbruk i Tysklands statliga skogar medan man i Sverige främst fokuserade på en förbättrad naturhänsyn inom det befintliga kalhyggesbruket. I Sverige ifrågasätts den integrerade modellen med naturhänsyn i alla brukade skogar numera från två håll, dels av skogssektorn som vill intensifiera skogs-

bruket när en ökande bioekonomi efterfrågar mer biomassa från skogarna, men även från naturvården och friluftslivet som menar att kalhyggesbruket leder till utarmning av den biologiska mångfalden och lägre sociala värden i skogslandskapet.

Vilken roll kan det hyggesfria skogsbruket spela i Sveriges skogar? Även om det idag finns ett ökande intresse bland skogsägarna är det inte troligt att det på sikt kommer ersätta det nuvarande skogsbruket över stora arealer. På många skogsfastigheter finns dock olikåldriga eller skiktade be-

stånd där ett hyggesfritt brukande passar bättre än kalhuggning följt av markberedning och plantering. Detta gäller inte minst ädellövskogen i södra Sverige där det redan idag är relativt ovanligt med kalhyggen och en stor del av bestånden föryngras naturligt under skärm, inte minst bokskogarna. Resultaten i denna översikt visar att rätt utförd naturhänsyn i ett oregelbundet skärmskogsbruk eller varierad luckhuggning ger goda förutsättningar att bevara skogarnas biologiska mångfald och att kontinuerligt bevara skogskaraktären och skogskänslan i ädellövskogar och i blandskogar.

Omföring av granplanteringar till blandskog är en viktig del av det naturnära skogsbruket. Marburg, Hessen, Tyskland, 2012.





Referenser

- Andersen, B.E.; Krog, M. 2020. Rold Skov – Active measures aiming at integrating nature conservation elements in a multifunctional forest. In: Krumm, F.; Schuck, A.; Rigling, A. (eds), 2020: How to balance forestry and biodiversity conservation – A view across Europe. European Forest Institute (EFI); Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL), Birmensdorf, pp 222–235.
- Andersson, L.; Appelqvist, T. 1990. Istidens stora växtätare utformade de nemorala och boreonemorala ekosystemen. En hypotes med konsekvenser för naturvården. Svensk Botanisk Tidskrift 55, 707–719.
- Appelqvist, C.; Sollander, E.; Norman, J.; Forsberg, O.; Lundmark, T. 2021. Hyggesfritt skogsbruk – Skogsstyrelsens definition. Rapport 2021/8. Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Asbeck, T.; Messier, C.; Bauhus, J. 2020. Retention of tree-related microhabitats is more dependent on selection of habitat trees than their spatial distribution. European Journal of Forest Research 139, 1015–1028.
- Asbeck, T.; Kozák, D.; Spínu, A.P.; Mikoláš, M.; Zemlerová, V.; Svoboda, M. 2022. Tree-related microhabitats follow similar patterns but are more diverse in primary compared to managed temperate mountain forests. Ecosystems 25, 712–726.
- Abmann, M.; Böckmann, T.; Fenner, S.; Hauskeller, H.-M.; Kleinschmit, W.; Meyer, P.; Overbeck, M.; Pampe, A.; Petereit, A.; Schröder, M.; Spellmann, H.; Weigel, C.; Wollborn, P. 2016. 25 Jahre ökologische Waldentwicklung den Niedersächsischen Landesforsten – Eine Bilanz. Aus dem Walde – Schriftenreihe Waldentwicklung in Niedersachsen. Heft 60. Niedersächsische Landesforsten, Braunschweig.
- Basile, M.; Asbeck, T.; Jonker, M.; Knuff, A.K.; Bauhus, J.; Braunisch, V.; Mikusinski, G.; Storch, I. 2020. What do tree-related microhabitats tell us about the abundance of forest-dwelling bats, birds, and insects? Journal of Environmental Management 264, 110401.
- Basile, M.; Asbeck, T.; Pacioni, C.; Mikusinski, G.; Storch, I. 2020. Woodpecker cavity establishment in managed forests: relative rather than absolute tree size matters. Wildlife Biology 2020: wlb.00564.
- Bardat, J.; Aubert, M. 2007. Impact of forest management on the diversity of corticolous bryophyte assemblages in temperate forests. Biological Conservation 139, 47–66.
- Bauhus, J.; Puettmann, K.; Messier, C., 2009. Silviculture for old-growth attributes. Forest Ecology and Management 258, 525–537.
- Bauhus, J.; Puettmann, K.J.; Kühne, C. 2013. Close-to-nature forest management in Europe: does it support complexity and adaptability of forest ecosystems? In: Messier, C.; Puettmann, K.J.; Coates, K.D. (Eds.). Managing Forests as Complex Adaptive Systems: building resilience to the challenge of global change. Routledge, The Earthscan forest library, pp. 187–213.
- Bobiec, A.; Reif, A.; Öllerer, K. 2018. Seeing the oakscape beyond the forest: a landscape approach to the oak regeneration in Europe. Landscape Ecology 33, 513–528.
- Bollmann, K.; Braunisch, V. 2013. To integrate or to segregate: balancing commodity production and biodiversity conservation in European forests. In: Kraus D.; Krumm F. (eds) Integrative Approaches as an Opportunity for the Conservation of Forest Biodiversity. European Forest Institute, Joensuu, Finland, pp. 18–31.
- Bollmann, K.; Kraus, D.; Paillet, Y.; Jonsson, B.G.; Gustafsson, L.; Mergner, U.; Krumm, F. 2020. A unifying framework for the conservation of biodiversity in multi-functional European forests. In: Krumm, F.; Schuck, A.; Rigling, A. (eds), 2020: How to balance forestry and biodiversity conservation – A view across Europe. European Forest Institute (EFI); Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL), Birmensdorf, pp 27–45.

- Borrass, L.; Kleinschmit, D.; Winkel, G. 2017. The “German model” of integrative multi-functional forest management—Analysing the emergence and political evolution of a forest management concept. *Forest Policy and Economics* 77, 16–23.
- Bouget, C.; Larrieu, L.; Nusillard, B.; Parmain, G. 2013. In search of the best local habitat drivers for saproxylic beetle diversity in temperate deciduous forests. *Biodiversity and Conservation* 22, 2111–2130.
- Brang, P.; Spathelf, P.; Larsen, J.B.; Bauhus, J.; Bonina, A.; Chauvin, C.; Drössler, L.; Garcia-Güemes, C.; Heiri, C.; Kerr, G.; Lexer, M.J.; Mason, B.; Mohren, F.; Mühlethaler, U.; Nocentini, S.; Svoboda, M. 2014. Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change. *Forestry* 87, 492–503.
- 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.
- Bruun, H.H.; Heilmann-Clausen, J. 2021. What is unmanaged forest and how does it sustain biodiversity in landscapes with a long history of intensive forestry? *Journal of Applied Ecology* 58, 1813–1816.
- Bütler, R.; Lachat, T.; Larrieu, L.; Paillet, Y. 2013. Habitat trees: key elements for forest biodiversity. In: Kraus D.; Krumm F. (eds) *Integrative Approaches as an Opportunity for the Conservation of Forest Biodiversity*. European Forest Institute, Joensuu, Finland, pp. 84–91.
- Bütler, R.; Lachat, T.; Krumm, F.; Kraus, D.; Larrieu, L. 2020. *Field Guide to Tree-related Microhabitats. Descriptions and size limits for their inventory*. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL, 59 pp.
- Cosyns, H.; Joa, B.; Mikoleit, R.; Krumm, F.; Schuck, A.; Winkel, G.; Schulz, T. 2020. Resolving the trade-off between production and biodiversity conservation in integrated forest management: comparing tree selection practices of foresters and conservationists. *Biodiversity and Conservation* 29, 3717–3737.
- Edman, M.; Eriksson, A. M.; Villard, M. A. 2008. Effects of selection cutting on the abundance and fertility of indicator lichens *Lobaria pulmonaria* and *Lobaria quercizans*. *Journal of Applied Ecology* 45, 26–33.
- Ellison, A.M.; Bank, M.S.; Clinton, B.D.; Colburn, E.A.; Elliott, K.; Ford, C.R.; Foster, D.R.; Kloeppel, B.D.; Knoepp, J.D.; Lovett, G.M.; Mohn, J.; Orwig, D.A.; Rodenhouse, N.L.; Sobczak, W.V.; Stinson, K.A.; Stone, J.K.; Swan, C.M.; Thompson, J.; Von Holle, B.; Webster, J.R. 2005. Loss of foundation species: consequences for the structure and dynamics of forested ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment* 3, 479–486.
- Forrester, J.A.; Lorimer, C.G.; Dyer, J.H.; Gower, S.T.; Mladenoff, D.J. 2014. Response of tree regeneration to experimental gap creation and deer herbivory in north temperate forests. *Forest Ecology and Management* 329, 137–147.
- Fritz, Ö. 2008. Röttsvampar gynnar naturvårdsintressanta lavar och mossor i bokskog. Fakta Skog 12/2008. SLU.
- Fritz, Ö.; Gustafsson, L.; Larsson K. 2008. Does forest continuity matter in conservation? – A study of epiphytic lichens and bryophytes in beech forests of southern Sweden. *Biological Conservation* 141, 655–668.
- Fritz, Ö.; Caldiz, M.; Brunet, J. 2009a. Interacting effects of tree characteristics on the occurrence of rare epiphytes in a Swedish beech forest area. *The Bryologist* 112, 488–505.
- Fritz, Ö.; Niklasson, M.; Churski, M. 2009b. Tree age is a key factor for the conservation of epiphytic lichens and bryophytes in beech forests. *Applied Vegetation Science* 12, 93–106.
- Fritz, Ö.; Heilmann-Clausen, J. 2010. Rot holes create key microhabitats for epiphytic lichens and bryophytes on beech (*Fagus sylvatica*). *Biological Conservation* 143, 1008–1016.
- Gossner, M.M.; Lachat, T.; Brunet, J.; Isacson, G.; Bouget, C.; Brustel, H.; Brandl, R.; Weisser, W.W.; Müller, J. 2013. Current near-to-nature forest management effects on functional trait composition of saproxylic beetles in beech forests. *Conservation Biology* 27, 605–614.
- Götmark, F. 2013. Habitat management alternatives for conservation forests in the temperate zone: review, synthesis, and implications. *Forest Ecology and Management* 306, 292–307.
- Gran, O.; Götmark, F. 2019. Long-term experimental management in Swedish mixed oak-rich forests has a positive effect on saproxylic beetles after 10 years. *Biodiversity and Conservation* 28, 1451–1472.
- Gustafsson, L.; Baker, S.C.; Bauhus, J.; Beese, W.J.; Brodie, A.; Kouki, J.; Lindenmayer, D.B.; Lohmus, A.; Pastur, G.M.; Messier, C.; Neyland, M.; Palik, B.; Sverdrup-Thygeson, A.; Volney, W.J.A.; Wayne, A.;

- Franklin, J.F. 2012: Retention forestry to maintain multifunctional forests: A world perspective. *BioScience* 62, 633–645.
- Gustafsson, L.; Bauhus, J.; Asbeck, T.; Augustynczyk, A.L.D.; Basile, M.; Frey, Gutzat, F.; Hanewinkel, M.; Helbach, J.; Jonker, M.; Knuff, A.; Messier, C.; Penner, J.; Pyttel, P.; Reif, A.; Storch, F.; Winiger, N.; Winkel, G.; Yousefpour, R.; Storch, I. 2020. Retention as an integrated biodiversity conservation approach for continuous-cover forestry in Europe. *Ambio* 49, 85–97.
- Gutzat, F.; Dormann, C.F. 2018. Decaying trees improve nesting opportunities for cavity-nesting birds in temperate and boreal forests: A meta-analysis and implications for retention forestry. *Ecology and Evolution* 8, 8616–8626.
- Hanson, J.; Lorimer, C. 2007. Forest structure and light regimes following moderate wind storms: implications for multi-cohort management. *Ecological Applications* 17, 1325–1340.
- Hazell, P.; Thomasson, T. 2008. Hyggesfritt skogsbruk i ädellövskog – En litteratursammanställning. Rapport 19–2008. Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Horák, J.; Vodka, S.; Kout, J.; Halda, J.P.; Bogusch, P.; Pech, P. 2014. Biodiversity of most dead wood-dependent organisms in thermophilic temperate oak woodlands thrives on diversity of open landscape structures. *Forest Ecology and Management* 315, 80–85.
- Joa, B.; Paulus, A.; Mikoleit, R.; Winkel, G. 2020. Decision making in tree selection – contemplating conflicting goals via Marteloscope exercises. In: *Rural Landscapes: Society, Environment, History* 7/3; 1–14.
- Kautz, M.; Meddens, A.J.H.; Hall, R.J.; Arneeth, A. 2017. Biotic disturbances in Northern Hemisphere forests – a synthesis of recent data, uncertainties and implications for forest monitoring and modelling. *Global Ecology and Biogeography* 26, 533–552.
- Kern, C.C.; Burton, J.I.; Raymond, P.; D’Amato, A.W.; Keeton, W.S.; Royo, A.A.; Walters, M.B.; Webster, C.R.; Willis, J.L. 2017. Challenges facing gap-based silviculture and possible solutions for mesic northern forests in North America. *Forestry* 90, 4–17.
- Kozel, P.; Sebek, P.; Platek, M.; Benes, J.; Zapletal, M.; Dvorsky, M.; Lanta, V.; Dolezal, J.; Bace, R.; Zbuzek, B.; Cizek, L. 2021. Connectivity and succession of open structures as a key to sustaining light-demanding biodiversity in deciduous forests. *Journal of Applied Ecology* 58, 2951–2961.
- Kraus, D.; Krumm, F. (eds), 2013. *Integrative Approaches as an Opportunity for the Conservation of Forest Biodiversity*. European Forest Institute, Joensuu, Finland, 284 pp.
- Krumm, F.; Schuck, A.; Rigling, A. (eds), 2020. *How to balance forestry and biodiversity conservation – A view across Europe*. European Forest Institute (EFI); Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL), Birmensdorf, 640 pp.
- Lachat T.; Bouget C.; Bütler R.; Müller J. 2013. Deadwood: quantitative and qualitative requirements for the conservation of saproxylic biodiversity. In: Kraus D.; Krumm F. (eds) *Integrative Approaches as an Opportunity for the Conservation of Forest Biodiversity*. European Forest Institute, Joensuu, Finland, pp. 92–103.
- Larrieu, L.; Paillet, Y.; Winter, S.; Bütler, R.; Kraus, D.; Krumm, F.; Lachat, T.; Michel, A.K.; Regnery, B.; Vandekerckhove, K., 2018. Tree related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: A hierarchical typology for inventory standardization. *Ecological Indicators* 84, 194–207.
- Larsen, J.B. (ed.) 2005. *Naturnær skovdrift*. Dansk Skovforening, København.
- Larsen, J.B. 2012: Close-to-Nature Forest management: The Danish approach to sustainable Forestry. In: Garcia, J.M.; Casero, J.J.D. (eds.) *Sustainable Forest management – Current research*, InTech open science 2012, 119– 218.
- Leidinger, J.; Weisser, W.W.; Kienlein, S.; Blaschke, M.; Jung, K.; Kozak, J.; Fischer, A.; Mosandl, R.; Michler, B.; Ehrhardt, M.; Zech, A.; Saler, D.; Graner, M.; Seibold, S. 2020. Formerly managed forest reserves complement integrative management for biodiversity conservation in temperate European forests. *Biological Conservation* 242, 108437.
- Lettenmaier, L.; Seibold, S.; Bäessler, C.; Brandl, R.; Gruppe, A.; Müller, J.; Hagge, J. 2022. Beetle diversity is higher in sunny forests due to higher microclimatic heterogeneity in deadwood. *Oecologia* 198, 825–834.
- Leuschner, C.; Ellenberg, H. 2017. *Vegetation Ecology of Central European Forests*. Springer Nature.

- Ligot, G.; Balandier, P.; Fayolle, A.; Lejeune, P.; Claessens, H. 2013. Height competition between *Quercus petraea* and *Fagus sylvatica* natural regeneration in mixed and uneven-aged stands. *Forest Ecology and Management* 304, 391–398.
- Lüpke, B. von 1998. Silvicultural methods of oak regeneration with special respect to shade tolerant mixed species. *Forest Ecology and Management* 106, 19–26.
- Madsen, P.; Hahn, K. 2008. Natural regeneration in a beech-dominated forest managed by close-to-nature principles - a gap cutting based experiment. *Canadian Journal of Forest Research* 38, 1716–1729.
- Mason, W.L.; Diaci, J.; Carvalho, J.; Valkonen, S. 2022. Continuous cover forestry in Europe: usage and the knowledge gaps and challenges to wider adoption. *Forestry* 95, 1–12.
- Mölder, A.; Meyer, P.; Nagel, R.-V. 2019. Integrative management to sustain biodiversity and ecological continuity in Central European temperate oak (*Quercus robur*, *Q. petraea*) forests: An overview. *Forest Ecology and Management* 437, 324–339.
- Moning, C.; Werth, S.; Dzioc, F.; Bässler, C.; Bradtka, J.; Hothorn, T.; Müller, J. 2009. Lichen diversity in temperate montane forests is influenced by forest structure more than climate. *Forest Ecology and Management* 258, 745–751.
- Müller, J.; Boch, S.; Pratic, D.; Socher, S.A.; Pommer, U.; Hessenmöller, D.; Schall, P.; Schulze, E.D.; Fischer, M. 2019. Effects of forest management on bryophyte species richness in Central European forests. *Forest Ecology and Management* 432, 850–859.
- Nagel, T.A.; Svoboda, M.; Diaci, J. 2006. Regeneration patterns after intermediate wind disturbance in an old-growth *Fagus-Abies* forest in southeastern Slovenia. *Forest Ecology and Management* 226, 268–278.
- Nagel, T.A.; Svoboda, M.; Kobal, M. 2014. Disturbance, life history traits, and dynamics in an old-growth forest landscape of southeastern Europe. *Ecological Applications* 24, 663–679.
- Nascimbene, J.; Thor, G.; Nimis, P.L. 2013. Effects of forest management on epiphytic lichens in temperate deciduous forests of Europe - A review. *Forest Ecology and Management* 298, 27–38.
- Nordén, B.; Paltto, H.; Claesson, C.; Götmark, F. 2012. Partial cutting can enhance epiphyte conservation in temperate oak-rich forests. *Forest Ecology and Management* 270, 35–44.
- Paltto, H.; Nordberg, A.; Nordén, B.; Snäll, T. 2011. Development of secondary woodland in oak wood pastures reduces the richness of rare epiphytic lichens. *PLoS ONE* 6, e24675.
- Roberge, J.M.; Fries, C. (eds). 2020. Forest management in Sweden - Current practice and historical background. Rapport 2020/4. Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Rosenkranz, L.; Seintsch, B.; Wippel, B.; Dieter, M. 2014. Income losses due to the implementation of the habitats directive in forests - Conclusions from a case study in Germany. *Forest Policy and Economics* 38, 207–218.
- Sandström, J.; Bernes, C.; Junninen, K.; Löhmus, A.; Macdonald, E.; Müller, J.; Jonsson, B.G. 2019. Impacts of dead wood manipulation on the biodiversity of temperate and boreal forests. A systematic review. *Journal of Applied Ecology* 56, 1770–1781.
- Schall, P.; Gossner, M.M.; Heinrichs, S.; Fischer, M.; Boch, S.; Prati, D.; Jung, K.; Baumgartner, V.; Blaser, S.; Böhm, S.; Buscot, F.; Daniel, R.; Goldmann, K.; Kristin Kaiser, K.; Kahl, T.; Lange, M.; Müller, J.; Overmann, J.; Renner, S.C.; Schulze, E.D.; Sikorski, J.; Tschapka, M.; Türke, M.; Weisser, W.W.; Wemheuer, B.; Wubet, T.; Ammer, C. 2018. The impact of even-aged and uneven-aged forest management on regional biodiversity of multiple taxa in European beech forests. *Journal of Applied Ecology* 55, 267–278.
- Schall, P.; Heinrichs, S.; Ammer, C.; Ayasse, M.; Boch, S.; Buscot, F.; Fischer, M.; Goldmann, K.; Overmann, J.; Schulze, E.D.; Sikorski, J.; Weisser, W.W.; Wubet, T.; Gossner, M.M. 2020. Can multi-taxa diversity in European beech forest landscapes be increased by combining different management systems? *Journal of Applied Ecology* 57, 1363–1375.
- Sebek, P.; Bace, R.; Bartos, M.; Benes, J.; Chlumská, Z.; Dolezal, J.; Dvorsky, M.; Kovar, J.; Machac, O.; Mikatova, B.; Perlik, M.; Platek, M.; Polakova, S.; Skorpik, M.; Stejskal, R.; Svoboda, M.; Trnka, F.; Vlasin, M.; Zapletal, M.; Cizek, L. 2015. Does a minimal intervention approach threaten the biodiversity of protected areas? A multi-taxa short-term response to intervention in temperate oak-dominated forests. *Forest Ecology and Management* 358, 80–89.

- Seibold, S.; Bässler, C.; Brandl, R.; Büche, B.; Szallies, A.; Thorn, S.; Ulyshen, M.D.; Müller, J. 2016. Microclimate and habitat heterogeneity as the major drivers of beetle diversity in dead wood. *Journal of Applied Ecology* 53, 934–943.
- Seibold, S.; Brandl, R.; Buse, J.; Hothorn, T.; Schmidl, J.; Thorn, S.; Müller, J. 2015. Association of extinction risk of saproxylic beetles with ecological degradation of forests in Europe. *Conservation Biology* 29, 382–390.
- Ståål, E. 1986. Eken i skogen och landskapet. Södra Våxjö.
- Storch, I.; Penner, J.; Asbeck, T.; Basile, M.; Bauhus, J.; Braunisch, V.; Dormann, C.F.; Frey, J.; Gärtner, S.; Hanewinkel, M.; Koch, B.; Klein, A.-M.; Kuss, T.; Pregernig, M.; Pyttel, P.; Reif, A.; Scherer-Lorenzen, M.; Segelbacher, G.; Schraml, U.; Staab, M.; Winkel, G.; Yousefpour, R. 2020. Evaluating the effectiveness of retention forestry to enhance biodiversity in production forests of Central Europe using an interdisciplinary, multi-scale approach. *Ecology and Evolution* 10, 1489–1509.
- Thomasson, T.; Arvidsson, E.; Cato, N.-G.; Dahlberg, A.; Hazell, P.; Isacson, G.; Kardell, Ö.; Karlsson, M.; von Proschwitz, T.; Röstel, Å. 2008. Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk i ädellövskogar – slutrapport för delprojekt Ädellöv. Rapport 20/2008. Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Uhl, B.; Krah, F.-S.; Baldrian, P.; Brandl, R.; Hagge, J.; Müller, J.; Thorn, S.; Vojtech, T.; Bässler, C. 2022. Snags, logs, stumps, and microclimate as tools optimizing deadwood enrichment for forest biodiversity. *Biological Conservation* 270, 109569.
- Winkel, G. & Spellmann, H. (eds.). *Naturschutz im Landeswald – Konzepte, Umsetzung und Perspektiven*. BfN-Skripten 542. 2019. Bundesamt für Naturschutz.



SCIENCE AND
EDUCATION **FOR**
SUSTAINABLE
LIFE