

En inplanterad population av svartoxe (*Ceruchus chrysomelinus*) 17 år senare: etablering, vedval och framtid

MALIN KARLSSON, MATS JONSELL & PÄR ERIKSSON

Karlsson, M., Jonsell, M. & Eriksson, P.: En inplanterad population av svartoxe (*Ceruchus chrysomelinus*) 17 år senare: etablering, vedval och framtid. [A translocated population of *Ceruchus chrysomelinus* (Coleoptera: Lucanidae) 17 years later: establishment, wood usage and future.] – Entomologisk Tidskrift 134 (4): 207-220. Uppsala, Sweden 2013. ISSN 0013-886x.

In the Nordic countries, the wood-living lucanid beetle *Ceruchus chrysomelinus* is a rare species connected to natural forests. In Sweden, it is red-listed and classified as endangered (EN). In an action plan for its preservation done by the Swedish Environmental Protection Agency, it was suggested that the result of a translocation of *C. chrysomelinus* made in 1995 should be evaluated. The translocation was done by moving some logs containing high numbers of the beetle into an area devoid of the species but with expected suitable habitat. Our aim was thus to study this translocation, and specifically we asked if the establishment has been successful, how much the species have dispersed, which wood qualities the species use and how large supply of suitable wood there is on the site. The study was performed during 2012 in Pansaruddens nature reserve, a spruce dominated forest close to Uppsala in Sweden. Circular study plots were established with a radius of 75 m around the translocated logs in both sites. All lying dead wood trunks ≥ 10 cm in breast height within the study plots were investigated. Generalized linear models showed that the presence of *C. chrysomelinus* could be explained by high degree of decay, absence of white rot and by a large size of the log. The species had dispersed, but only very short distances were detected (< 10 m from the translocated logs). On average the total amount of lying dead wood for the two study plots were 52 respectively 35 m³/hectare. Only 4 % of the total dead wood supply was suitable for *C. chrysomelinus*, when considering the wood qualities found important for the species in this study.

Malin Karlsson & Mats Jonsell, Inst f ekologi, SLU, Box 7044, SE-750 07 Uppsala, Sweden. E-mail: mats.jonsell@slu.se
Pär Eriksson, Upplandsstiftelsen, Box 26074, SE-750 26 Uppsala, Sweden

Svartoxen, *Ceruchus chrysomelinus* (Coleoptera, Lucanidae) (Fig. 1), är en skalbagge som i Sverige bara hittats i naturskogar. Med det menas skogar där död ved skapats och fått brytas ned utan någon betydande påverkan av människan (Nilsson m.fl. 2000). Därför är den i Sverige rödlistad i kategorin EN, starkt hotad (Gärdenfors 2010).

Veden är viktig eftersom det är i förmultnande stockar som skalbaggen lägger sina ägg och

förökar sig. Främst förknippas arten med gran, men de flesta andra trädslag används (Ehnström 1999, Nilsson m.fl. 2000, Hedin 2010). Stockarna ska också vara grova och kraftigt nedbrutna (Ehnström 1999, Hedin 2010). Sådana granstockar finns lite här och var i svenska skogar, så dess krav på naturskogskvaliteter beror inte främst på vedtypen i sig utan på att den tycks kräva ganska stora kvantiteter och kanske främst lång kontinuitet av grov död ved. Om stora mängd



Figur 1. Svartoxen är en naturskogsspecialist som lever i brunrötade stockar och är rödlistad som starkt hotad (EN): – a) fullvuxen bagge (Foto: Gillis Aronsson), – b) larv (Foto: Pär Eriksson).

Ceruchus chrysolinus is a specialist of old growth forests and reproduce in decaying logs. In Sweden it is red-listed as Endangered: – a) imago, – b) larva.

der död ved finns över lång tid säkerställs att åtminstone någon andel av veden som finns inom spridningsavstånd är lämplig för arten. De kvantiteter som krävs är ovanliga i den skötta skogen, speciellt om man lägger till att denna skalbagge inte tycks ha så stark spridningsförmåga, vilket gör att mängden tillgänglig ved måste räknas ihop på en förhållandevis liten yta skog. År 1995 var medelvolymen död ved i de brukade svenska skogarna 6,1 m³/ha (Fridman & Walheim 2000), vilket kan jämföras med medeltalet för gammal brukad skog i den boreala zonen som är 60-90 m³/ha (Siitonen 2001). Utbredningsområdet för svartoxen ligger dock till största delen söder om den boreala zonen, i Sverige sträcker det sig från Skåne/Blekinge till Gästrikland (Hedin 2010, Ehnström 1999). I dessa områden har få mätningar av vedmängder i naturskog gjorts eftersom sådana skogar är ovanliga, men de data som finns visar på mer död ved i naturskogarna i söder, beroende på högre produktivitet (Nilsson m. fl. 2002). Framförallt gäller det grova träd. I Sydsvriges naturskogar fanns förmodligen upp till 200 m³ död ved/ha i de mest produktiva skogarna (Nilsson m. fl. 2002).

Sedan 1980 är svartoxen känd från 20 lokaler i landet (Hedin 2010), där de flesta ligger i områdena kring Vällen och Nedre Dalälven i Uppsala län (Eriksson 2000). Endast en procent

av den produktiva skogsmarken inom svartoxens utbredningsområde kan klassificeras som naturskog (Bernes 2011), och artens förekomst idag är mycket fragmenterad. Arter som kräver stora kvantiteter av död ved (50 m³/ha eller mer) kan inte bevaras i områden som är påverkade av rationellt skogsbruk, inte ens om man gör naturvårdsåtgärder (de Jong & Almstedt 2005). De kräver skyddade områden där gagnvirke inte tas ut (Ehnström 1999).

För att gynna och bevara svartoxen har Naturvårdsverket tagit fram ett åtgärdsprogram för arten (Hedin 2010). Det långsiktiga målet i åtgärdsprogrammet är att öka populationsstorleken och storleken på förekomstområdet till minst 30 lokaler som tillsammans omfattar minst 500 km². Ett av de kortsiktiga målen är att analysera tillgången på död ved på befintliga svartoxelokaler för att veta om framtiden för dessa är säkerställd.

Eftersom inte all ved är lämplig för arten är det viktigt att i ett sådant arbete veta vilken typ av ved som är lämplig. Det har aldrig gjorts några systematiska studier på dessa egenskaper, utan kunskapen baseras på observationer. Gamla, grova kraftigt brunrötade (ofta av klibbticka, *Fomitopsis pinicola*) stockar, huvudsakligen av gran (*Picea abies*) anges vara lämpliga (Ehnström 1999, Eriksson 2000, Hedin 2010, Telnov

Figur 2. Två lågor koloniserade av svartoxe låg en plats där framtidsutsikterna bedömdes dåliga (–a). Därför förflyttades de år 1995 med helikopter till Pansarudden (–b) där arten saknades men bedömdes kunna fortleva på lång sikt. Foto: Jörgen Hagelqvist.

Two logs colonised by *C. chrysomelinus* was found on a site with bad future predictions for the population (–a). Therefore they were translocated by helicopter (–b) from to the nature reserve Pansarudden, a site where the species did not occur but with good conditions for the future. This study was focused around these logs.



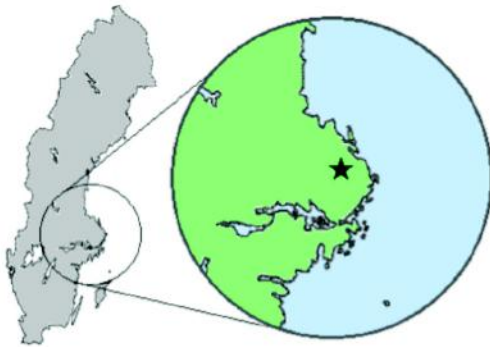
2005). Veden ska också vara fuktig, vilket gynnas av att stocken har markkontakt och att skogen är skuggig (Ehnström 1999, Hedin 2010).

Flytten

År 1994 hittades grova granlågor med svartoxe på ett hygge vid sjön Vällen i Uppsala län (Bengt Ehnström muntligen) (Fig. 2). Upplandsstiftelsen hade då nyligen inlett ett projektet "Ekologisk landskapsplanering" med syfte att främja biologisk mångfald i området (Eriksson 1997). Inom projektet bedömdes framtiden för populationen i dessa stockar som dålig då det inte fanns nya stockar att kolonisera i närheten. Man bestämde därför att de skulle flyttas några kilometer bort till det närläggna naturreservatet Pansarudden (som Upplandsstiftelsen äger och förvaltar). På Pansarudden fanns så vitt man vet inga svartoxar (Ehnström 1999, Eriksson 2010), men framtiden för arten bedömdes god om en population kunde etablera sig. Lågorna blev delade i fyra meterlånga bitar och flögs med helikopter till två platser i reservatet där tillgången på liggande död graved var stor.

En av åtgärderna som föreslogs av Hedin (2010) var att göra en uppföljning av förflyttningen till Pansaruddens naturreservat. Det är känt från 2006 att arten har spridit sig från sina ursprungslågor (Eriksson 2010), men inga mer avancerade eller detaljerade studier har ge-





Figur 3. Pansaruddens naturreservat (svart stjärna) ligger i Vällenaområdet i Uppland, i den hemiboreala klimatzonen. The nature reserve Pansarudden, where this study was made, is found in the hemiboreal zone in east Sweden.

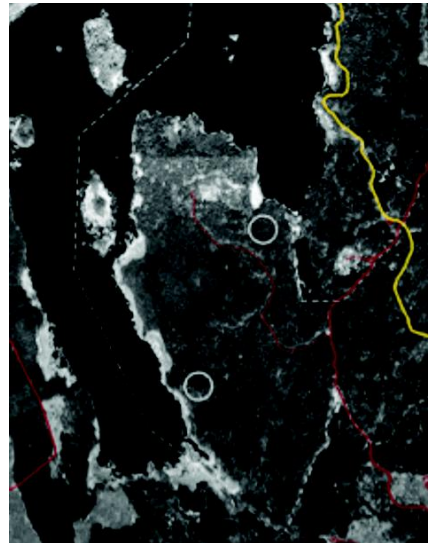
nomförts på dessa två populationer. Vi bör kunna dra viktiga lärdomar av att studera svartoxen i dessa populationer eftersom nyetableringen gör det möjligt att se på vilket sätt den sprider sig i området. Därför gjorde vi denna studie i vilken vi hade följande tre frågeställningar:

1. Hur har svartoxen spridit sig och koloniserat nya stockar runt de stockar som förflyttades till Pansaruddens naturreservat 1995?
2. Vad karakteriserar den döda ved som koloniserats av svartoxe i dessa två populationer?
3. Hur stor andel av veden i närområdet runt de två flyttade populationerna är lämplig för svartoxe?

Material och metoder

Studieområde

Pansaruddens naturreservat (N 59°59.200' E 018°21.242') ligger ca 40 km öster om Uppsala (Fig. 3), inom det som kallas Vällenaområdet. Området är ovanligt rikt på arter som är beroende av gammelskogar av olika slag (Ehnström m. fl. 1993, Eriksson 1997, Eriksson 1999). Det domineras av barrskog, men inslaget



Figur 4. Stockar med svartoxe placerades på två olika platser (vita cirklar) i Pansaruddens naturreservat. Inventeringsytorna bestod av cirklar med 75 m radie centrerade runt resterna av lågorna.

The translocated logs were placed on two sites at Pansarudden (white circles). The two survey plots were centred around them with 75 m radius.

av lövträd, både trivallöv och ädellöv, är högre än genomsnittet för skogarna i Uppland, liksom förekomsten av naturskog.

Pansaruddens naturreservat har en yta på 297,4 ha och består mestadels av naturtypen ”västlig taiga”, vilken består av äldre naturskogsartad barr- och blandskog där inget skogsbruk bedrivits under senare år (Länsstyrelsen Uppsala län 2009). Skogen på Pansarudden har dock en historia av skogsbruk bakom sig, vilket märks genom att den ännu är tämligen ung (ca 100 år) och att det i stora delar av reservatet ännu inte finns speciellt mycket död ved. Men mängden död ved förväntas öka närmaste årtiondena i och med att skogen blir äldre. På några platser har dock större mängder träd dött, och stockarna med svartoxe förflyttades till två sådana platser (N59°58.810' E018°20.199' och N59°59.203' E018°20.585') år 1995 (Fig. 4).

Inventering

Runt de förflyttade stockarna (Fig. 4) upprättades cirkelformade inventeringsytor med en radie på 75 m. Stockarna var inte helt enkla

Tabell 1. Lista över de variabler som mättes i fält.

Variables measured in the field.

Variabel/ Variable	Beskrivning/ Description
Samtliga stockar/ All logs	
Avstånd till den förflyttade stocken/ Distance to translocated log	(m), Mättes med en Garmin Astro 220/ (m), Measured with a Garmin Astro 220.
GPS-koordinater/ GPS coordinates	Mättes med en Garmin Astro 220
Trädart/ Tree species	gran, björk, asp, klibbal, ask, sälg, ek/ spruce, birch, aspen, alder, ash, willow, oak.
Längd på låga/ Log length	(m)
Brösthöjdsdiameter/ Diam. breast height	(cm)
Nedbrytningsgrad/ Degree of decay	Klass 1-6 enligt/ Six classes according to Siitonen & Saaristo (2000)
Stockar i nedbrytningsklass 5-6/ Logs in decay class 5-6	
Diameter där svartoxe eftersöktes/ Diameter where beetle search was done	(cm), den 50 cm långa del av stocken där svartoxe eftersöktes/ 50cm-section where beetles were searched and some variables measured.
Kvarvarande bark/ Remaining bark	Klasser om/ Clases of 10 % (10 %, 20 %, 30 %...100 %)
Markkontakt/ Ground contact	(%), andel av stockens längd som är i kontakt med marken/ (%) of log length.
Fuktgrad/ Degree of moisture	(%, fuktinnehåll u), mättes med en GMR100/ (%) measured with a GMR100.
Röttyp/ Rot type	Brun- eller vitröta eller kombinationer av dessa/ Brown or white rot
Svampart/ Fungus species	Eventuella fruktkroppar artbestämades/ Fruiting bodies were determined.
Vegetationshöjd/ Height of vegetation	Klass 1-6, enligt metoden som beskrivs i texten.
Krontäckning/ Canopy cover	Klass 1-4, enligt Siitonen & Saaristo (2000)
Förekomst av svartoxe/ Occurrence of <i>C. chrysomelinus</i>	Förekomst eller icke förekomst av adulta eller larver. En levande individ krävdes för att räknas som förekomst/

att lokalisera, eftersom de nu är mycket för-
 mulnande och övervuxna med mossa (Fig. 5),
 men med GPS koordinater och en letande löstes
 detta. Samtliga stockar inom inventeringsytorna
 som hade en brösthöjdsdiameter om minst 10
 cm mättes in. Inventeringen genomfördes under
 juni månad 2012.

Alla variabler som mättes summeras i Tabell
 1. **Avståndet till den förflyttade stocken** och
GPS-koordinater mättes med en GPS av mär-
 ket Garmin GPSMAP® 62s för samtliga lågor.
 Även **längd, diameter i brösthöjd, trädart**
 samt **nedbrytningsgrad** noterades för dessa. I
 de fall då endast en del av ett träd fanns kvar
 och utgjorde en låga eller då en stam var bruten
 i flera delar mättes diametern 150 cm från den
 grövsta änden av lågan. Nedbrytningsgraden
 bestämdes genom att se hur långt in i stam-
 men man kan sticka en kniv, enligt Siitonen &
 Saaristo (2000). Deras skala är 6-gradig, där 1
 = hård ved med floemet fortfarande färskt eller
 använt av barkborrar; 2 = hård ved men mer än
 ett år gammal; 3-6 = är mjukare ved där klassen
 definieras av hur långt man kan sticka in en kniv;

3 = 0,5-2 cm; 4 = 2-4 cm; 5 = \geq 5 cm där stocken
 fortfarande är cylindrisk; 6 = \geq 5 cm och stocken
 ihopfallande. Detta gjordes på flera ställen längs
 hela lågan och lågans **högsta och lägsta värde**
för nedbrytningsgrad noterades. Om det hög-
 sta värdet för nedbrytningsgrad hamnade inom
 klasserna 1-4 ansågs lågan opassande för svart-
 oxen och inga mer mätningar utfördes på den. På
 övriga lågor utfördes vidare mätningar på den
 plats där lågans nedbrytningsgrad var högst.

På de lågor som klassades som nedbryt-
 ningsmässigt lämpliga för svartoxen mättes
 ytterligare fem kvaliteter på veden: **Andel**
kvarvarande bark uppskattades i tioprocent-
 klasser (dvs. 0%, 10%, 20%...100%). Längden
 på den del av lågan som hade **markkontakt**
 mättes i fält och omräknades senare till procent.
Fuktgraden i veden mättes med en GMR100,
 vilken vanligen används till mätningar av fuk-
 tinnehåll i olika byggnadsmaterial genom att
 mäta elektriskt motstånd i materialet. Värdet ges
 i % (fuktinnehåll u). Instrumentet ställdes in för
 att använda den förinprogrammerade karakter-
 istikkurvan "Wood group C" (som används vid



Figur 5. Stockbitarna som flyttades har på de nästan två decennier som gått sedan 1995 i stort sett förmultnat helt, – a) nyflyttade stockbitar 1995; – b) Det som återstod 2006. Foto: Pär Eriksson.

The translocated logs have almost decayed entirely during almost two decades. – a) newly translocated in 1995; – b) the remains in 2006, 6 years before this study was done.

mätningar i trä av bl.a. *Picea* spp., *Betula* spp., *Alnus glutinosa* och *Populus tremula*). **Röttyp** i form av brunröta, vitröta eller en blandning av dessa, noterades. När det fanns synliga fruktkroppar av vedsvampar noterades även **svampart** av dessa.

Två yttre faktorer som skulle kunna påverka lågan mättes också. **Krontäckningsgraden** uppskattades i fyra olika klasser för öppenhet och skugga enligt Siitonen and Saaristo (2000). **Höjden på markvegetationen** (buskar, ris,

örter och gräs men inte träd >5 cm diameter) mättes i sex olika klasser: 1) ingen markvegetation eller mossor, 2) blåbärsris, 3) låga örter, 4) höga örter, 5) buskar och sly <5m samt 6) buskar och sly >5m.

Förekomsten av svartoxe undersöktes genom att öppna en 50 cm lång bit av stocken med kniv på det ställe där nedbrytningsgraden var högst. **Fuktgrad, röttyp** och **diametern där svartoxe eftersöktes** mättes på samma ställe. Endast förekomst eller icke förekomst av larv

Tabell 2. Resultat från regressionsanalysen där varje variabel testades för sig för hur väl de kunde beskriva förekomsten av svartoxe i en stock. Analysen grundar sig på totalt 416 stockar.

Results from GLM models which tested if occurrences of *C. chrysomelinus* in a log could be explained by each variable univariately. The analysis is based on 416 logs.

Variabler	p-värde	Koefficient
Avstånd från förflyttad låga/ Distance from translocated log	0,0002*	-0,13
Lågans trädslag, gran <i>Picea abies</i> / Tree species of the log is spruce	0,085	16,3
Lågans trädslag, björk <i>Betula pendula</i> / Tree species of the log is birch	0,19	-16,2
Lågans trädslag, övriga träddarter/ Tree species of the log is other tree sp.	0,31	-15,1
Nedbrytningsklass (medel för stocken)/ Decay class (average for log)	0,49	0,51
Nedbrytningsklass (stockens högsta värde)/ Decay class (max for log)	0,0083*	18,8
Nedbrytningsklass (stockens lägsta värde)/ Decay class (min for log)	0,77	-0,14
Lågans längd/ Length of log	0,018*	0,15
Brösthöjdsdiameter/ Diameter at breast height	0,044*	0,074
Diameter där svartoxe eftersöktes/ Diameter where beetles were searched	0,073	0,076
Kvarvarande bark/ Remaining bark	0,21	-0,035
Markkontakt (m)/ Ground contact (m)	0,061	0,14
Markkontakt (%)/ Ground contact (%)	0,90	0,0017
Fuktgrad/ Degree of moisture	0,34	0,037
Förekomst av brunröta/ Presence of brown rot	0,16	14,4
Förekomst av vitröta/ Presence of white rot	0,0077*	-1,88
Förekomst av klibbticka/ Occurrence of <i>Fomitopsis pinicola</i>	0,82	0,026
Förekomst av fnöskticka/ Occurrence of <i>Fomes fomentarius</i>	0,30	-15,1
Förekomst av knölticka/ Occurrence of <i>Antrodia serialis</i>	0,42	-15,1
Krontäckningsgrad/ Canopy cover	0,11	-0,90
Vegetationshöjd/ Vegetation height	0,16	0,50

eller adult av svartoxe undersöktes (inte antal). Eftersom sökandet efter svartoxe innebär att substratet förstörs så avslutades letandet så snart en individ påträffats. Att minimera förstörelsen av habitat var också en anledning till att inte större bitar än 50 cm av stockarna undersöktes.

Statistisk analys

För att undersöka hur väl de variabler som mättes i fält kunde beskriva förekomst eller icke förekomst av svartoxe i en stock gjordes logistiska (binomialfördelning och logit link) regressionsmodeller i statistikprogrammet JMP 9.0. Data från båda inventeringsytorna sammanfördes till ett set i analysen. Först testades alla variabler var för sig. Därefter testades olika multivariata modeller för att se om några nya variabler blev signifikanta i kombination med andra. Metoden för att välja ut variabler för de multipla modellerna var baklänges-selektion, där icke signifikanta ($p > 0.05$) variabler plockades bort från modellen en efter en. Konsekvent plockades den variabel som hade högst p-värde bort från modellen. Även modeller med två variabler testades. Kombinationerna bestod då av en variabel som var signifikant samt en som inte

var det då de tidigare testats var för sig.

För att beräkna andelen lämplig ved av den totala vedvolymen användes volymen (m^3) av hela stockar som hade lämpliga egenskaper enligt inventeringen. Samtliga vedegenskaper som var signifikanta i testet användes för att avgöra vilka stockar som var lämpliga.

Resultat

Totalt undersöktes 416 döda stockar med en total volym om 154 m^3 . Räknat per markyta motsvarar detta 52 m^3 /hektar i område 1 och 35 m^3 /hektar i område 2. Förekommande träddarter var gran *Picea abies*, björk *Betula pendula*, asp *Populus tremula*, klibbal *Alnus glutinosa*, ask *Fraxinus excelsior*, sälg *Salix caprea* och ek *Quercus robur*. Vanligast var gran som utgjorde 86 % av den totala volymen död ved i de båda områdena. Björk utgjorde 6 % av volymen och övriga lövträd 8 %. De två områdena skilde sig något i fördelningen mellan barr- och löved (område 1: barr=89 %, löv=11 %, område 2: barr=82 %, löv=18 %).

Stockar med levande individer av svartoxe påträffades i båda områdena, två stockar i område 1 och tre stockar i område 2.

Tabell 3. Resultat från multivariata regressionsanalyser som testade hur väl olika variabler i olika kombinationer beskriver förekomsten av svartoxe i en stock. Analysen grundar sig på totalt 416 stockar.

Results from multivariate GLMs testing how combinations of variables could explain presence of *C. chrysomlinus* in a log. Analyses are done on 416 logs. Translation of variable names in Table 2.

Variabler i modeller	p-värde	Koefficient
Modell	<,0001*	
Avstånd	0,0021*	-0,15
Vitröta	0,0003*	-4,76
Längd	0,024*	0,33
Brösthöjdsdiameter	0,90	-0,014
Fuktgrad	0,75	0,021
Modell	0,022*	
Brunröta	0,48	12,3
Vitröta	0,018*	-1,78
Modell	0,045*	
Längd	0,14	0,12
Brösthöjdsdiameter	0,46	0,033
Modell	0,0015*	
Vitröta	0,0028*	-2,19
Brösthöjdsdiameter	0,016*	0,10
Modell	>0,0001*	
Avstånd	0,0004*	-0,13
Nedbrytningsgrad	0,021*	20,6
Modell	0,0003*	
Avstånd	0,0013*	-0,12
Längd	0,19	0,069
Modell	0,0007*	
Avstånd	0,0001*	-0,14
Markkontakt (%)	0,51	0,0090

Vedegenskaper

I den statistiska analysen testades 21 variabler för om de kunde beskriva förekomsten av svartoxe (Tabell 2). Fem variabler visade sig vara signifikanta:

Den variabel som hade starkast effekt (lägst p-värde, $p=0,0002$) var avståndet till den förflyttade stocken som hade en stark negativ koefficient (=lutning på regressionslinjen, Tabell 2). Alltså minskar sannolikheten att svartoxe finns i en stock med ökat avstånd från den förflyttade stocken. Avståndsvariabeln testades även i ett flertal multipla modeller där utfallet alltid blev att avstånd var signifikant (Tabell 3).

Vitröta var signifikant negativt för svartoxe ($p=0,0077$), dvs förekomst av vitröta karaktäriserar en stock som inte är koloniserad av svartoxe. Inga vitrötade stockar var koloniserade, förutom en stock som huvudsakligen var brunrötad men hade ett litet inslag av vitröta (Fig. 6a). Brunröta visade ingen signifikant effekt. Även när brun- och vitröta testades tillsammans i en modell var bara vitröta signifikant (Tabell 3).

Enbart stockar i nedbrytningsklass 6 var koloniserade av svartoxe (Fig. 6b). Enbart det högsta värdet på nedbrytningsgraden per stock gav signifikant resultat ($p=0,0083$). Det lägsta påträffade värdet eller medelvärdet av nedbrytningsgrad visade ingen effekt. Alltså påverkas förekomsten av svartoxe i en stock inte av nedbrytningsgraden i stocken i sin helhet, utan enbart av stockens toppnotering avseende nedbrytningsgrad. Koefficienten för kategorin var positiv och hög (+18,75).

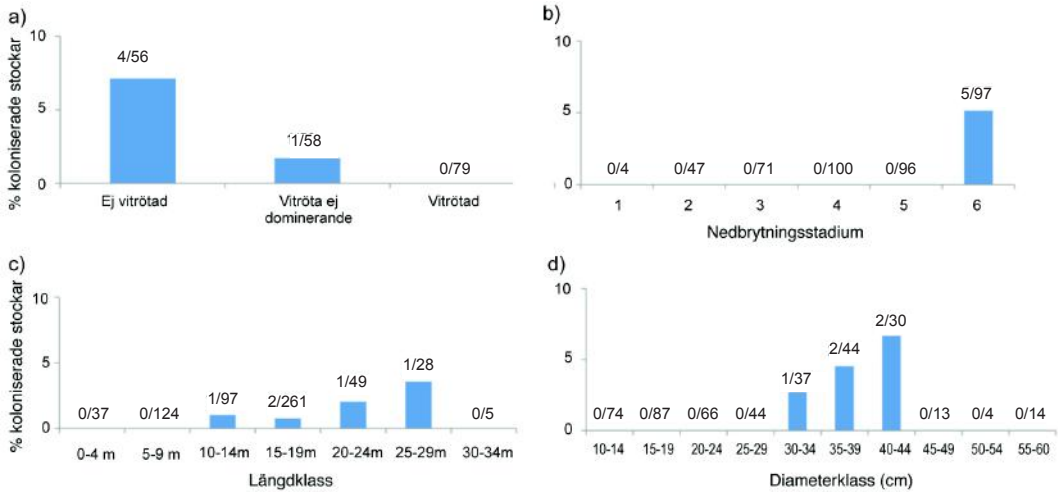
Två variabler som beskriver stockstorlek var signifikanta, längd och brösthöjdsdiameter (Tabell 2). Men stockens diameter på just den plats där svartoxe eftersöktes var inte signifikant. När längd och brösthöjdsdiameter testades tillsammans var modellen signifikant ($p=0,0454$), men inte variablerna själva (Tabell 3). I en modell med brösthöjdsdiameter och vitröta fick brösthöjdsdiameter ett lägre p-värde än då det testades för sig (Tabell 3). Svartoxe hittades endast i stockar som var ≥ 10 m långa och hade en brösthöjdsdiameter ≥ 30 cm (Fig. 6 c och d).

Ingen av variablerna trädart, kvarvarande bark, markkontakt, fuktgrad, förekomst av klibbticka *F. pinicola*, vegetationshöjd och krontäckningsgrad var signifikanta. Ingen av dessa variabler blev heller signifikanta i modeller där de kombinerades med andra variabler.

Mängden lämplig ved

I båda områdena var mängden död ved högst närmast den cirkelformade ytans mittpunkt och avtog gradvis ut mot områdenas ytterkanter (Fig. 7). I centrum fanns en täthet som motsvarade över 200 m³/hektar medan det längst ut bara fanns 10,5 respektive 4,0 m³/hektar.

Vi beräknade hur stor andel av den totala volymen död ved som var lämplig för svartoxe. Som definition av lämplig ved användes de vari-



Figur 6. Andelen stockar med olika egenskaper som var koloniserade av svartoxe. Här visas de egenskaper som var statistiskt signifikanta i regressionsmodeller (Tabell 2). – a) förekomst av vitröta, svartoxe hittades huvudsakligen i stockar som var brunrötade. – b) Nedbrytningsstadium, samtliga koloniserade stockar hade den högsta nedbrytningsgraden, nedbrytningsklass 6. – c) Stocklängd, inga stockar som var kortare än 10 m var koloniserade, – d) diameter i brösthöjd, alla koloniserade lågor hade en brösthöjdsdiameter som var minst 30 cm. Ovanför staplarna anges antalet koloniserade stockar samt det totala antalet stockar i gruppen.

Proportion of logs with different properties that were colonised by *Ceruchus chrysomelinus*. Graphs show the variables that were statistically significant in regression models (Tabell 2): – a) Occurrence of white rot, – b) Decay class (according to Siitonen & Saarisalo 2006), – c) Length of logs, – d) diameter at breast height. Numbers above bars show number of colonised logs and the total number of logs in the group.

abler som gav signifikant resultat i regressionsanalysen. Cirka 22 % av den totala mängden död ved hade rätt nedbrytningsgrad, dvs stadiet 6. När kriteriet ingen vitröta lades till fanns 7 % av den totala volymen kvar. När brösthöjdsdiameter ≥ 30 cm lades till sjönk siffran till 5,5 %. Med det sista kriteriet längd ≥ 10 m inkluderat visade det sig att endast 4 % av den totala volymen död ved i områdena bestod av lämpliga stockar för svartoxe. I antal var det 9 stockar som hade lämpliga egenskaper, vilket utgör 2,1 % av det totala antalet.

Fördelningen av den lämpliga veden var koncentrerad närmast mitten där den största mängden låg i de båda områdena och avtog utåt kanterna (Fig. 8). Alltså tenderar fördelningen av lämplig ved att följa samma mönster som den totala mängden död ved.

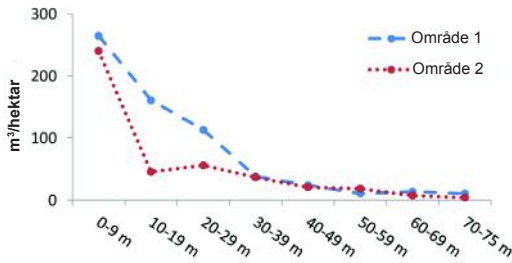
Volymen av de lågor som var koloniserade med svartoxe var cirka 2 % av den totala vedvolymen och ungefär hälften av den lämpliga volymen död ved.

Spridningsmönster

Samtliga koloniserade stockar, utom en, fanns mindre än 10 m från den ursprungliga (förflyttade) stocken i de inventerade områdena (Fig. 9). Tillsammans hade de två områdena 12 stockar mindre än 10 m från ursprungsstocken, varav 3 hade lämpliga egenskaper. Alla dessa tre lågor var koloniserade. Här fanns även en koloniserad låga som inte räknades som lämplig enligt den statistiska analysen (pga ett litet innehåll av vitröta). I resterande avståndsklasser fanns enbart en lämplig stock per klass, med undantag för avståndsklass 10-19 m där ingen stock var lämplig (Fig. 9). Den femte koloniserade stocken fanns inom avståndsklassen 40-49 m.

Diskussion

Så här långt har förflyttningen av svartoxe till Pansaruddens naturreservat varit lyckad. Redan 2006 genomfördes en liten inventering där tre stockar med levande individer hittades (Eriksson 2010) och nu, 2012, hittades fem kolonise-



Figur 7. Fördelningen av all liggande död ved (med brösthöjdsdiameter ≥ 10 cm) inom de två inventerade områdena. Medelvolymen död ved var $52 \text{ m}^3/\text{hektar}$ för område 1 och $35 \text{ m}^3/\text{hektar}$ för område 2.

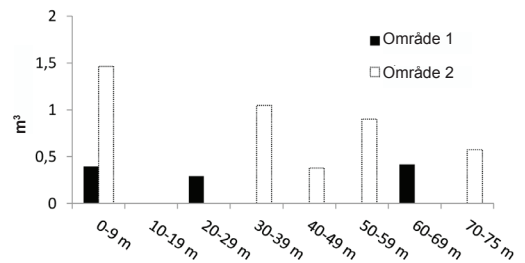
Distribution of all laying dead wood (with diameter at breast height ≥ 10 cm) with the two surveyed areas. Average volume of dead wood in the areas was $52 \text{ m}^3/\text{hektar}$ and $35 \text{ m}^3/\text{ha}$ respectively.

rade stockar. Men i ett långsiktigt perspektiv så är det tydligt att svartoxens överlevnad på de två lokalerna i Pansarudden hänger på ganska få stockar även på de platser där det finns större ansamlingar av ved (Fig. 10).

Kvalitéer på lämplig ved

Den låga andelen lämplig ved bestäms främst av att svartoxen har krav på fyra olika egenskaper hos veden. Våra studier bekräftade i stort det som nämns i litteraturen (Ehnström 1999, Eriksson 2000, Hedin 2010, Telnov 2005): i) en hög nedbrytningsgrad (klass 6), ii) frånvaro av vitröta, iii) stocklängd minst 10 m och iv) brösthöjdsdiameter minst 30 cm. Ofta brukar det också anges att stockarna ska vara fuktiga (Hedin 2010, Palm 1955, Telnov 2005) vilket gjorde att vi förväntade oss att hög markkontakt skulle vara en positiv faktor. Den gav dock inget utslag i de statistiska analyserna. Förmodligen är de flesta stockar tillräckligt fuktiga så länge de ligger i slutet skog, åtminstone om de är grova nog. Större stockar bryts ner långsammare och har mer konstant fuktighet och temperatur (Stokland m. fl. 2012). Det borde vara till fördel för svartoxen som har en generationstid på minst två år och även stannar i samma låga under flera generationer (Palm 1959).

Våra resultat visade att brösthöjdsdiametern bör vara minst 30 cm medan Hedin (2010) nämner 20 cm som gränsvärde för lämpliga lågor. Även Palm (1955) och Nilsson m.fl. (2000)



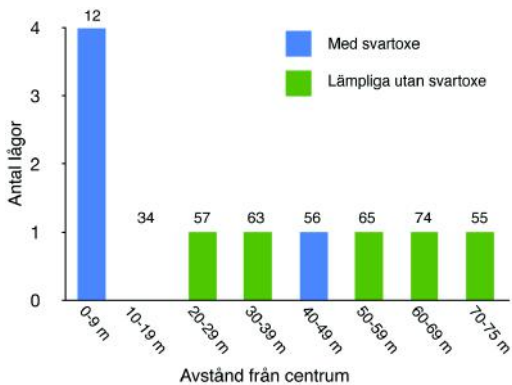
Figur 8. Volymen lämplig död ved för svartoxe var högst närmast mittpunkten i de två inventerade områdena.

The volume of wood suitable for *C. chrysomelinus* the surveyed to areas, related to distance from the centre from the survey areas.

nämner att arten kan finnas i ganska klen ved. I våra två inventeringsytter fanns sex lågor inom spannet 20-29 cm med för övrigt lämpliga kvalitéer, men inga svartoxar påträffades i dem. Att svartoxar även kan hittas i klen ved kan ha med så kallad "sink-source" dynamik att göra (Puliam 1988). I ett source-habitat är betingelserna så bra att produktionen är positiv, dvs varje moder får i genomsnitt mer än en dotter. När denna "source" producerar så mycket individer att de bra habitaten är upptagna kan individer börja kolonisera platser med mindre fördelaktiga kvalitéer – s.k. sink-habitat. På Pansarudden har arten just etablerat sig och därför är populationen inte tillräckligt stark för att "spilla över" i något sämre, dvs klenare, lågor. Så även om lågor ner till 20 cm i diameter kan användas av svartoxe tyder våra resultat på att de är av sämre kvalitet som svartoxehabitat.

Metoden

Sannolikt är populationsstorleken i den här studien underskattad eftersom vi enbart sökte i en 50 cm lång del av varje stock. Anledningen till det var att sökandet innebär att man förstör livsmiljön när man gräver sönder veden. Oftast är bara en liten del av stocken koloniserad (Ehnström 1999). Det kan bero på att hela stocken inte är lämplig vid samma tidpunkt på grund av t.ex. varierande nedbrytningsgrad, eller bara slump var en hona har lagt sina ägg. Genom att välja den mest nedbrutna delen av stocken för



Figur 9. Antal stockar med svartoxe i och lämpliga okoloniserade stockar på olika avstånd från den förflyttade stocken. En koloniserad stock ansågs inte som lämplig enligt de statistiska modellerna, beroende på förekomst av vitröta i den. Siffran ovan staplarna anger det totala antalet stockar på varje avstånd. Båda de inventerade områdena inkluderas i figuren.

Number of logs colonised by *C. chrysomelinus* at different distances from the centre of the survey areas (=the translocated logs). Data from the two survey areas are pooled. Numbers above bars show number of colonised logs, numbers of suitable logs and the total number of logs in the group.

eftersök av skalbaggen ökade vi chansen att finna arten genom att det förmodligen är den ved som varit användbar längst för skalbaggen på respektive låga och därmed har störst chans att hysa arten.

Tillgång på lämplig ved

Mängden liggande död ved på våra två undersökningsytor var 52 respektive 35 m³/hektar. Jämfört med de vedmängder som Hedin (2010) anger som goda förutsättningar för en svartoxepopulation är detta lågt. Han anger att det bör vara minst 10 lämpliga lågor som är >20 cm i diameter samt minst 5 lämpliga lågor som är >40 cm i diameter per hektar. Vi hade ungefär 4,3 sådana stockar/ha, dvs långt under de 15 stockar/ha som föreslås. Men inte heller andra svartoxelokaler i Vällenområdet har högre nivåer. På fyra lokaler mättes mellan 11 och 38 m³/ha (medeltal 24,5 m³/ha) ved in (Eriksson 2002). Förmodligen är detta för lite för svartoxen på längre sikt. En sak som pekar mot det är flera

observationer av att den inte lyckats sprida sig till näraliggande till synes lämplig ved (Eriksson per. obs), något som den kanske hade klarat av om källpopulationerna varit större, så som i en opåverkad naturskog.

Opåverkade naturskogar har högre nivåer av död ved än de som nämns för Vällenområdet ovan. Det är väntat eftersom området är långt ifrån opåverkat av skogsbruk, trots att det hyser svartoxe och många andra naturskogskvalitéer. Siitonen (2001) anger mellan 37 och 117 m³/liggande död ved för boreala granurskogar. I Vällen liksom i huvuddelen av svartoxens utbredningsområde måste man dock förvänta sig högre ursprungsnivåer än så, eftersom de ligger söder om den boreala zonen, och man har högre tillväxthastighet söderut. Det är dock svårt att få fram mått på mängden död ved från opåverkade skogar söder om den boreala regionen eftersom all mark brukats av människan. Nilsson m.fl. (2002) uppskattar efter mätningar i några av de minst påverkade skogarna i Europa att 150 m³ liggande ved/ha var vanligt. Speciellt bör grova träd ha varit vanligare söderut (Nilsson m.fl. 2002). De krav på vedmängder som Hedin (2010) anger lämpliga för svartoxen bör sålunda vara i nivå med vad de ursprungliga skogarna i svartoxens utbredningsområde innehöll.

En viktig fråga för svartoxens framtid på Pansarudden är hur mängderna av lämplig ved för svartoxe kommer utvecklas de närmaste årtiondena. Med tanke på att man sannolikt tillvaratagit vindfällerna på Pansarudden tills för några årtionden sedan så borde de totala vedmängderna i reservatet öka de närmaste årtiondena. Eftersom området ligger i gränslandet mellan borealt och nemoralt, så borde dock dödvedsmängderna inte bli dramatiskt högre än de vi mätt i provytorna. Inventeringsytorna i denna studie tillhör de allra största ansamlingarna av ved som finns i dagsläget så fram tills hela reservatets skogar börjat producera död ved är svartoxen ganska beroende av vad som händer just i dem.

Hur mängden lämplig ved för svartoxen utvecklas behöver dock inte vara proportionellt mot den totala mängden ved. I provytorna fann vi att just nu bara 9 stockar, som utgjorde 4 % av den liggande vedvolymen, var lämpliga för svartoxe. Framöver kommer en del av den ved som redan ligger att bli lämplig, eftersom den



Figur 10. Trots att det på de två inventerade ytorna fanns relativt mycket liggande granved så var mängden lämplig ved för svartoxe liten. Foto: Pär Eriksson.

Although the two surveyed patches contained 35 and 52 m³ laying spruce wood per hectare, the amount of wood that was suitable for *C. chrysomelinus* was low.

har de rätta dimensionerna och rätt röttyp men fortfarande inte är tillräckligt nedbruten. Dessutom kommer nya träd dö och börja sin nedbrytning. Samtidigt kommer en del av den ved som är lämplig nu försvinna då den brutits ned för mycket. Förmodligen skulle man med simuleringsmodeller av hur granved bildas och bryts ned (t.ex. Ranius m. fl. 2003) kunna förutsäga hur mängden lämplig svartoxeved kommer utvecklas den närmaste tiden. Kommer de öka från dagens låga andel på 4% av all ved och närma sig de av Hedin (2010) nämnda riktvärdena?

Spridningsmönster

Ett intressant resultat från det statistiska testet var att avståndet till den förflyttade stocken hade stor betydelse för om en stock var koloniserad av svartoxe. I de multipla regressionsmodellerna var variabeln avstånd alltid signifikant, oberoende av vilken eller vilka andra variabler

den testades tillsammans med. På båda lokalerna var de koloniserade stockarna koncentrerade till bara några få meter från de flyttade stockarna. Alla utom en koloniserad stock låg mindre än 10 m från ursprungsstocken och den stock som avvek låg på knappt 50 m avstånd. Lämpliga stockar fanns spridda över hela den undersökta ytan på båda lokalerna, men betydligt glesare över tio meter från mittpunkten än nära mitten. Från detta kan man dra slutsatsen att svartoxe främst sprider sig ett fåtal meter, trots att det finns mer lämpligt substrat längre bort. Man bör dock ha i minnet att vår studie bara täcker in en radie av 75 m runt ursprungsstockarna. Om någon kolonisation skett längre bort har vi missat den.

Att svartoxen har svårt att sprida sig stöds av åtskilliga observationer i fält. Utbredningsmönstret i Sverige är ytterst fragmenterat och arten verkar dålig på att nykolonisera lämpliga bestånd

som uppstår (Hedin 2010). Flera av lokalerna i Uppland idag är mycket små och kvar av rent slumpmässiga skäl (Eriksson pers. obs.). På flera av dem är mängden död ved betydligt lägre än på de ytor som studerats här (t.ex. på Kågbo, Gässön, Kvarnön, Herrgården, Hocksbo-glupen, Södra Kvarnön, sumpskog nära Kodödkärret, Eriksson pers. obs.). De allra flesta ligger i eller i omedelbar anslutning till områden som av olika skäl inte brukats lika hårt som skogslandskapet i övrigt, såsom de svåråtkomliga öarna i nedre Dalälven eller vissa skogsskiften i de blockiga skogarna runt sjön Vällen. De små delpopulationerna bidrar sannolikt starkt till att arten är dålig på att kolonisera nya lokaler, eftersom en liten population producerar få möjliga kolonisatörer.

Teoretiskt sett bör arter som har ett kortlivat, oförutsägbart och fläckvist förekommande habitat utveckla en hög spridningsförmåga (Southwood 1962). Ved är jämfört med de flesta andra substrat ett bra exempel på ett sådant substrat, och vedlevande skalbaggar har oftast visat sig ha bra spridningsförmåga (Jonsell m. fl. 2003, New 2010). Svartoxen har dock förmodligen haft en jämnare och godare tillgång på substrat än många andra vedlevande arter, eftersom den föredrar slutna bestånd och fuktiga, ganska rötade stockar som omsätts förhållandevis långsamt. Därför har den inte behövt utveckla någon stor spridningsförmåga (Hedin 2010). Arter i denna miljö skulle kunna vara mer K-selekterade än andra vedlevande insekter, dvs. mer långlivade, ha längre utvecklingstid, ha större kroppsstorlek, en mer stabil populationsstorlek, leva i relativt stabila miljöer och vara täthetsberoende (Pianka 1970).

Betydelse för naturvården

Resultaten av studien visar hur problematisk situationen kan vara för en art som svartoxe och kan sannolikt även gälla för flera andra arter som lever i eller på död ved. Det vill säga mängden död ved måste vara mycket stor för att alla de ekologiska nischer och komplexa samband som finns också ska kunna uppstå i verkligheten. De små populationerna, såsom de vid Pansarudden, innebär både sämre chans för nykoloniseringar och större risk att dö ut till följd av olika typer av slumpfaktorer, såsom lokala katastrofer och

genetiska faktorer (Shaffer 1981, Frankham 2005). Som ett jämförande exempel kan nämnas att Siitonen & Saaristo (2000) bedömde att populationer av den större barkplattbaggen *Pytho kolwensis*, där omkring 20 stockar per lokal var koloniserade, var för små och därmed löpte stor risk att dö ut. För denna typ av arter, som inte sprider sig så bra är nuvarande tillgång på lämpligt substrat och kontinuiteten i tillgången av detta viktigt (Brunet & Isacson 2009). Mer teoretiska analyser visar också att det för bevarandet av naturskogsarter är effektivare att koncentrera mängderna av specifika resurser, ved i detta fall, än att sträva mot en mer jämn fördelning över hela landskapet (Hanski 2000).

En given skötselåtgärd vore därför att skapa mer ved på lokalerna. Detta borde speciellt göras på de lokaler där det finns risk att mängden lämplig ved kommer minska i framtiden. Men även på starkare lokaler bör vedmängderna ökas för att öka chansen för lyckade nykoloniseringar. Just på Pansarudden är det visserligen troligt att mängderna kommer öka under de närmaste decennierna (se ovan), men eftersom denna studie tyder på att populationen just nu är mycket liten kan det finnas anledning att skapa ved även där. Veden man skapar måste ha tillräckligt stor diameter och längd. Röttyp är också viktigt men svår att påverka. I vår studie hade 29 % av de undersökta stockarna rätt röttyp varför man kan anta att ungefär en fjärdedel av veden kommer att bli lämplig, dvs. brunrötad.

Om man aktivt skapar ved är det dock viktigt att även tänka långsiktigt på vedtillgången. Den ved som man tar ut från det levande beståndet nu, minskar den totala tillgången på ved i framtiden.

Det vore av stort intresse att också studera andra bestånd och analysera hur stor del av den döda veden som har olika egenskaper. Om det visar sig att det generellt bara är 4 % av den totala döda vedmängden som är lämplig för svartoxe kan det vara till stor hjälp när man planerar för olika naturvårdsåtgärder. Till exempel kan man beräkna hur stor mängd död ved som behövs på en lokal eller hur stort område som krävs för att tillräckliga nivåer av lämplig ved ska finnas tillgänglig för svartoxe.

Tack

Projektet finansierades av Upplandsstiftelsen och av ett stipendium till MK från *Maria och Thure Palms uppländska stipendiefond* som gjorde det möjligt att använda nödvändig utrustning och instrument i fält. Vi tackar också Åke Lindelöw för synpunkter under projektets gång.

Referenser

- Bernes C. 2011. Biologisk mångfald I Sverige. – Monitor 22. Naturvårdsverket.
- Brunet, J. & Isacson, G. 2009. Restoration of beech forest for saproxylic beetles – effects of habitat fragmentation and substrate density on species diversity and distribution. – *Biodiversity Conservation* 18: 2387-2404.
- de Jong, J. & Almstedt, M. 2005. Död ved i levande skogar. Hur mycket behövs och hur kan målet nås? – Rapport 5413, Naturvårdsverket.
- Ehnström, B. 1999. Artfaktablad: *Ceruchus chrysomelinus*, Svartoxe. – ArtDatabanken, SLU, Uppsala.
- Ehnström, B., Gärdenfors, U. & Lindelöw, Å. 1993. Rödlistade evertebrater i Sverige 1993. (Swedish Red-list of Invertebrates 1993). – Databanken för hotade arter, Uppsala.
- Eriksson, P. 1997. Ekologisk landskapsplanering i Vällenaområdet. Rapport 5. Upplandsstiftelsen.
- Eriksson, P. 2000. Populationsutveckling för några trädlevande skalbaggar vid nedre Dalälven. – *Entomologisk Tidskrift* 121: 119-135.
- Eriksson, P. 2002. Metodik för inventering av vedlevande insekter. Rapport 5203. Naturvårdsverket.
- Eriksson, P. 2010. Inventering av svartoxe I Uppsala län och Norrtälje kommun 2006-2008. – Länsstyrelsens meddelandeserie 2010:10, Länsstyrelsen Uppsala.
- Frankham, R. 2005. Genetics and extinction. – *Biological Conservation* 126: 131-140.
- Fridman, J. & Walheim, M. 2000. Amount, structure, and dynamics of dead wood on managed forestland in Sweden. – *Forest Ecology and Management* 131: 23-36.
- Gärdenfors, U. 2010. The 2010 red list of Swedish species. – ArtDatabanken, SLU, Uppsala.
- Hanski, I. 2000. Extinction debt and species credit in boreal forests: modelling the consequences of different approaches to biodiversity conservation. – *Annales Zoologici Fennici* 37: 271-280.
- Hedin, J. 2010. Åtgärdsprogram för svartoxe 2010–2014 (*Ceruchus chrysomelinus*). – Naturvårdsverket, Rapport 6334, Stockholm.
- Jonsell, M., Schroeder, M. & Larsson, T. 2003. The saproxylic beetle *Bolitophagus reticulatus*: its frequency in managed forests, attraction to volatiles and flight period. – *Ecography* 26: 421-428.
- Länsstyrelsen Uppsala län 2009. Bevarandeplan för Natura 2000-område Pansarudden SE0210155. – Uppsala, Dnr. 511-7778-04.
- New, T. R. 2010. Beetles in conservation. – Wiley-Blackwell.
- Nilsson, S. G., Niklason, M., Hedin, J., Aronsson, G., Gutowski, J. M., Linder, P., Ljungberg, H., Mikusinski, G. & Ranius, T. 2002. Densities of large living and dead trees in old-growth temperate and boreal forests. – *Forest Ecology and Management* 161: 189-204.
- Nilsson, S.G., Baranowski, R., Ehnström, B., Eriksson, P., Hedin, J. & Ljungberg, H. 2000. Svartoxen, *Ceruchus chrysomelinus* (Coleoptera, Lucanidae), en försvinnande urskogsrelikt? – *Entomologisk Tidskrift* 121: 137-146.
- Palm, T. 1955. En skalbaggsbiocönos i gamla granlångor. – *Entomologisk Tidskrift* 76: 146-149.
- Palm, T. 1959. Die Holz- und Rindenkäfer der süd- und mittelschwedischen Laubbäume. – *Opuscula Entomologica Supplementum* 16: 1-374.
- Pianka, E.R. 1970. On r- and K-selection. – *The American Naturalist* 104: 592-597.
- Pulliam, H. R. 1988. Sources, sinks, and population regulation. – *American Naturalist* 132: 652-661.
- Ranius, T., Kindvall, O., Kruys, N. & Jonsson, B. G. 2003. Modelling dead wood in Norway spruce stands subject to different management regimes. – *Forest Ecology and Management* 206: 119-133.
- Shaffer, M.L. 1981. Minimum population sizes for species conservation. *BioScience* 31: 131-134.
- Siitonen, J. 2001. Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. – *Ecological Bulletin* 49: 11-41.
- Siitonen, J. & Saaristo, L. 2000. Habitat requirements and conservation of *Pytho kolwensis*, a beetle species of old-growth boreal forest. – *Biological Conservation* 49: 211-220.
- Southwood, T.R.E. 1962. Migration of terrestrial arthropods in relation to habitat. – *Biological Reviews* 37: 171-214.
- Stokland, J. N., Siitonen, J. & Jonsson, B. G. 2012. Biodiversity in dead wood. – Cambridge University Press
- Telnov, D. 2005. *Ceruchus chrysomelinus* (Hochenwarth, 1785) (Lucanidae) in Latvia: Distribution and ecology. – Proceedings of the third symposium and workshop on the conservation of saproxylic beetles Riga / Latvia, 07th - 11th July, 2004.: 93-96.