

MICHAŁ BOGDZIEWICZ

## Wpływ gospodarki leśnej na na wybrane gatunki małych ssaków

Influence of forest management on ground-dwelling small mammals

### ABSTRACT

Bogdziewicz M. 2013. Wpływ gospodarki leśnej na wybrane gatunki małych ssaków. Sylwan 157 (7): 546-552.

Maintaining biological diversity is one of the main goals of modern forestry. To reach this objective we need to know how management practices affect forest species. This study summarizes the results published in papers on the influence of clear-cutting on small mammals. Most of the studied species increased in abundance on clear-cuts. The response of voles (*Microtus agrestis* and *M. arvalis*) was uniformly positive. Mice (*Apodemus flavicollis* and *A. sylvaticus*) and shrews (*Sorex araneus* and *S. minutus*) varied in their responses but generally their number increased on clear-cuts. Bank voles (*Myodes glareolus*) appeared to be associated with the heterogeneity of habitat rather than with the age of forest stands per se. Nevertheless, our knowledge on the effects of forest management on small mammals is far from complete. In particular, there are almost no studies on the subject conducted in Western Europe or concerning management practices other than clear-cutting.

### KEY WORDS

small mammals, forest management, clear-cutting, harvesting

### ADDRESSES

Michał Bogdziewicz – e-mail: [michalbogdziewicz@gmail.com](mailto:michalbogdziewicz@gmail.com)

Zakład Zoologii Systematycznej; Uniwersytet im. Adama Mickiewicza; Umultowska 89; 61-614 Poznań

### Wstęp

Jednym z głównych celów współczesnej, zrównoważonej gospodarki leśnej jest zachowanie bioróżnorodności i odporności ekologicznej lasów, przy jednoczesnym zachowaniu ich funkcji ekonomicznych [Angelstam, Kuuluvainen 2004]. Wymaga to od organów zajmujących się eksploatacją lasu ugruntowanej wiedzy o wpływie prowadzonej gospodarki na funkcjonowanie lasu [Simberloff 1999]. Małe ssaki są ważnym komponentem większości ekosystemów leśnych. Są one między innymi podstawowym pokarmem dla wielu drapieżników [Jędrzejewska, Jędrzejewski 1998], wpływają na sukcesję zbiorowisk roślinnych [Zwolak i in. 2010], zjadają i roznoszą nasiona [Zwolak, Crone 2012] oraz mikrospory grzybów [Schickmann i in. 2012], regulują populacje owadów [Jones i in. 1998], mogą też być rezerwuarami dla bakterii i wirusów [Voutilainen i in. 2012]. Do tej pory przeprowadzono wiele badań oceniających wpływ gospodarki leśnej na populacje małych ssaków, jednak zdecydowana większość miała miejsce w Ameryce Północnej [Zwolak 2009]. W Europie przeprowadzono relatywnie niewiele takich prac. Nie przeprowadzono też do tej pory ich systematycznego podsumowania.

### Materiał i metody

W celu wyszukania badań sprawdzających wpływ gospodarki leśnej na zespoły małych ssaków wykorzystano internetową bazę danych bibliograficznych Web of Science. Spośród wyszukanych

rekordów, na podstawie tytułów i abstraktów, wybrano traktujące o małych ssakach i gospodarce leśnej na terenie Europy. Bibliografie odnalezionych publikacji zostały następnie przeszukane w celu odnalezienia prac, które pominięto w pierwszym wyszukiwaniu. Również badania, które cytowały odnalezione prace, zostały sprawdzone, a ich bibliografie przeszukane. Procedura ta była powtarzana aż do momentu, gdy odnalezienie kolejnych publikacji nie było możliwe. Wyszukiwanie odbyło się w październiku 2012 roku.

Z otrzymanej puli prac wybrano te, które zawierały dane o liczebności małych ssaków zarówno w lasach poddanych wycince, jak i lasach dojrzałych (tj. niepoddanych zabiegom; kontrola). Wykluczono badania, które zawierały dane tylko z powierzchni poddanych zabiegom leśnym (bez kontroli) oraz te, które używały pośrednich metod szacowania liczebności gryzoni (np. przez analizę wypluwek ptaków drapieżnych [Petty 2006]).

Wybrane kryteria spełniło 16 prac. Niemal wszystkie odnalezione prace dotyczyły wpływu rębni całkowitej na liczebność małych ssaków. W związku z tym w niniejszej pracy ograniczono się do przedstawienia wpływu tylko tego zabiegu na liczebność małych ssaków. Zdecydowana większość badań miała miejsce w lasach iglastych. Dominują prace z Europy Wschodniej oraz Skandynawii. Poza pracą Charlesa [1981] nie udało się odnaleźć żadnej pracy ukazującej wpływ gospodarki leśnej na zmiany w liczebności małych ssaków w Europie Zachodniej. Może to być spowodowane publikowaniem tego typu wyników badań w czasopismach nieindeksowanych lub raportach technicznych.

### Zmiany w liczebności wybranych grup małych ssaków po przeprowadzeniu rębni całkowitej

Ryjówki (*SORICIDAE* spp.) Wpływ rębni całkowitej na liczebność ryjówek został określony na podstawie dwóch najliczniejszych w Europie reprezentantów tej rodziny – ryjówek aksamitnej (*Sorex araneus*) i ryjówek malutkiej (*Sorex minutus*). Oba gatunki zazwyczaj zwiększają swoją liczebność w następstwie całkowitej wycinki drzew. Ryjówek aksamitna wydaje się odpowiadać bardziej pozytywnie i w sposób mniej zróżnicowany. W dużej części badań [Hansson 1974, 1992b; Bryja i in. 2002; Čepelka i in. 2011] liczebność ryjówek aksamitnej na rębniach całkowitych wzrosła nawet kilkukrotnie. Zmiany w liczebności ryjówek malutkiej były mniej jednoznaczne, gdyż wzrost odnotowano w około połowie opublikowanych badań. W badaniach przeprowadzonych w Białowieskim Parku Narodowym [Wołk, Wołk 1982] liczebność ryjówek aksamitnej była o 90%, a ryjówek malutkiej o 212%, większa na rębni 11-letniej niż w lesie kontrolnym. Na trzech innych powierzchniach (wiek: 6, 19, 38 lat) odłowiono jednak taką samą bądź mniejszą liczbę osobników niż w lesie kontrolnym. W innych badaniach liczebność obu gatunków była mniejsza na rębniach niż w lesie [Grodziński 1959; Hansson 1994] lub taka sama na obu siedliskach [Hansson 1978; Horváth i in. 2005]. Badania z Norwegii [Panzacchi i in. 2010] ukazują ponad trzykrotny wzrost liczby odłowień *S. araneus* na terenach objętych wycinką. Jednak tu osobniki tego gatunku nie były indywidualnie znakowane. Należy więc ten wynik traktować ostrożnie ze względu na możliwy błąd płynący z wielokrotnych odłowień tych samych osobników.

Ryjówki jako ssaki owadożerne prawdopodobnie w mniejszym stopniu są zależne od zmian w strukturze roślinności, przynajmniej w kwestii bazy pokarmowej [Kirkland 1977]. Z drugiej strony ich głównymi wrogami w środowisku naturalnym są ptaki drapieżne [Korpimäki, Norrdahl 1989]. Bujna pokrywa roślinna na młodych nasadzeniach może więc służyć jako skuteczna przed nimi ochrona. Mogłoby to w pewnym stopniu wyjaśniać bardziej jednoznaczną i pozytywną odpowiedź ryjówek aksamitnej w porównaniu do bardziej zróżnicowanej w tej kwestii ryjówek malutkiej. Ryjówek aksamitna jest bowiem preferowaną ofiarą drapieżników [Korpimäki, Norrdahl 1989]. Ma również mniejsze wymagania dotyczące wilgotności terenu w porównaniu

z ryjówką malutką [Rychlik 2000]. Obszary rębni całkowitej mogą cechować się zwiększoną temperaturą i wietrznością, co może powodować zmniejszenie wilgotności terenu [Hansson 1992a; Keenan, Kimmins 1993]. Ryjówka malutka ma też szerszą niszę siedliskową w porównaniu z ryjówką aksamitną [Rychlik 2000] i jako taka może w mniejszym stopniu wykazywać preferencję pomiędzy lasem a rębnią.

**NORNICA RUDA (*MYODES GLAREOLUS*).** Nornica ruda to gatunek uważany za silnie związany z lasem [Hansson 1996]. W większości przypadków jego liczebność była wyższa w lesie niż na terenach po rębni zupełnej [Grodziński 1959; Hansson 1978, 1994; Jensen 1984; Bryja i in. 2002; Horváth i in. 2005; Panzacchi i in. 2010; Gorini i in. 2011; Sundell i in. 2012]. Z drugiej strony w południowej Szwecji produktywność oraz liczebność nornic była wyższa na rębniach [Hansson 1974, 1978, 1992b; Ecke i in. 2002]. Natomiast w badaniach przeprowadzonych we wschodniej Europie [Wołk, Wołk 1982; Sidorovich i in. 2008; Čepelka i in. 2011] liczebność nornic spadała na młodszych i wzrastała na starszych rębniach. Trzeba jednak zaznaczyć, że trend ten (poza badaniami z Białowieży) nie był jednoznaczny.

Nornica ruda w większym stopniu związana jest z heterogennością struktury siedliska niż z wiekiem drzewostanu jako takim. Analiza wybiórczości siedliskowej wykazuje, że gatunek ten jest silnie związany z obecnością wysokiej roślinności w podszycie, jej strukturalną heterogennością oraz dostępnością jagód i mchów [Ecke i in. 2002; Panzacchi i in. 2010; Gorini i in. 2011]. Zwiększone zagęszczenie nornic we wczesnosukcesyjnych stadiach lasu może być też związane z niskim zagęszczeniem norników. Gatunki z rodzaju *Microtus* konkurencyjnie przeważają nad nornicami [Henttonen i in. 1977; Henttonen, Hansson 1984]. Wiadomo też, że pod nieobecność nornika burego (*Microtus agrestis*) nornice osiągają większe zagęszczenie niż w okresach wyższej liczebności tego pierwszego gatunku [Löfgren 1995]. Częściowo pokrywa się to z wynikami analizowanych prac. Nornice osiągały wysokie zagęszczenie na rębniach, gdy populacje norników były relatywnie nieliczne [Hansson 1978; Ecke i in. 2002; Sidorovich i in. 2008; Čepelka i in. 2011]. Pod uwagę należy wziąć też cykl liczebności, jaki przechodzą te zwierzęta [Korpimäki, Krebs 1996]. W okresach wysokiego zagęszczenia część osobników może zostać wyparta z optymalnych siedlisk i przenieść się na tereny po rębniach [Sundell i in. 2012].

**NORNIKI (*MICROTUS* spp.).** Analiza wpływu gospodarki leśnej na tę grupę zwierząt została przeprowadzona na podstawie dwóch gatunków: nornika burego (*Microtus agrestis*) oraz nornika zwyczajnego (*Microtus arvalis*). Zgodnie z przewidywaniami norniki w zdecydowanej większości przypadków zwiększają zagęszczenie na rębniach w porównaniu z lasami dojrzałymi. W wielu badaniach liczebność nornika burego na terenach po całkowitej wycince drzew była wielokrotnie wyższa niż w lasach kontrolnych [Hansson 1974, 1978, 1992b, 1994; Charles 1981; Jensen 1984; Bryja i in. 2002]. W pozostałych pracach nornik bury był odławiany tylko na rębniach [Wołk, Wołk 1982; Sidorovich i in. 2008; Panzacchi i in. 2010]. Podobnie wygląda sytuacja dla nornika zwyczajnego. Gatunek ten jednak był rzadziej odławiany w lasach niż nornik bury.

Tak jednoznaczna odpowiedź tego rodzaju nie jest zaskoczeniem. Norniki to gryzonie żywiące się głównie materiałem roślinnym [Heroldova 1992], silnie związane z łąkami i unikające siedlisk leśnych [Churchfield i in. 1997; Borowski 2003]. Wczesnosukcesyjne siedliska, dzięki bujnej strukturze roślinnej, tworzą więc idealne warunki dla populacji tych zwierząt.

**MYSZY (*APODEMUS* spp.).** Mysz leśna (*Apodemus flavicollis*) w większości przypadków zwiększa swoją liczebność na rębniach zupełnych [Grodziński 1959; Wołk, Wołk 1982; Jensen 1984; Sidorovich i in. 2008; Čepelka i in. 2011]. Często jest to bardzo silna odpowiedź, np. przez cztero- czy pięciokrotne zwiększenie liczebności [Sidorovich i in. 2008]. Z drugiej strony,

w Szwecji, Czechach i na Węgrzech na rębniach myszy leśnej łąpało się mniej [Hansson 1974, 1978, 1992b; Bryja i in. 2002; Horváth i in. 2005].

Wpływ gospodarki leśnej na mysz zaroślową (*Apodemus sylvaticus*) jest bardziej zróżnicowany. Przykładowo w badaniach Sidorovicha i in. [2008] oraz Čepelki i in. [2011] częstość odławiania osobników tego gatunku była mniejsza na rębniach, taka sama na rębniach i w lesie bądź też nawet dziewięciokrotnie większa na rębni. Podobnie zróżnicowane obserwacje dały badania Panzacchi i in. [2010] oraz Bryja i in. [2002]. Wyniki odłowów przeprowadzonych w Szwecji i Polsce dają bardziej klarowny obraz. Tu gatunek ten zwiększał liczebność na terenach rębni zupełnych [Grodziński 1959; Hansson 1978, 1992b, 1994].

Mysz leśna to gatunek często wymieniany jako związany z siedliskami leśnymi [Montgomery 2008], bogatymi w gatunki drzew, które produkują duże nasiona [Angelstam i in. 1987; Marsh, Harris 2000]. Jego liczebność jest większa na bardziej produktywnych siedliskach – w większym zagęszczeniu występuje w lasach liściastych niż iglastych [Niedziałkowska i in. 2010]. Wszystkie cytowane badania były jednak przeprowadzane w lasach iglastych. Ich często uboga struktura mogła być przyczyną takich właśnie zmian w liczebności. Wiadomo bowiem, że *A. flavicollis* występuje w większym zagęszczeniu w miejscach o dużej dostępności pokrywy roślinnej [Marsh, Harris 2000]. A takimi są często tereny po rębniach. Natomiast mysz zaroślowa to gatunek w mniejszym stopniu związany z lasem [Heroldová i in. 2007]. Jego obecność jest też bardziej związana z występowaniem roślinności zielnej i trawiastej niż drzew [Angelstam i in. 1987; Marsh, Harris 2000]. Z badań prowadzonych w Wielkiej Brytanii wiadomo, że w największym zagęszczeniu występuje na siedliskach z bogatą pokrywą trawiastą i małymi drzewami [Churchfield i in. 1997]. Stąd też zapewne zwiększone zagęszczenie tego gatunku na wczesnosukcesyjnych siedliskach leśnych powstałych w wyniku wycinki całkowitej.

## Podsumowanie

Wyniki przeglądu literatury ukazują zróżnicowany wpływ gospodarki leśnej na populacje małych ssaków. W przypadku wszystkich omawianych gatunków przeważa jednak pozytywna odpowiedź w postaci zwiększenia liczebności na terenach po rębniach. Są to wyniki podobne do tych uzyskiwanych w Ameryce Północnej, jednak tam liczebnie dominująca w wielu lasach nornica *Myodes gapperi* drastycznie zmniejsza liczebność po wycince drzew [Fisher, Wilkinson 2005; Kirkland 1990; Zwolak 2009].

Płaty wczesnosukcesyjnego siedliska tworzone przez rębnie całkowite mogą zwiększać liczebność i różnorodność małych ssaków, przyczyniając się do zachowania bioróżnorodności całego ekosystemu leśnego. Może to jednak oznaczać spowolnienie regeneracji lasu na tych terenach, np. przez uszkodzenia siewek [Hansson 2002; Borowski 2007] lub zjedanie nasion [Zwolak i in. 2010]. Bardzo mała liczba prac ogranicza jednak możliwości wyciągania wniosków. Przegląd literatury ujawnił wymagające uzupełnienia luki w wiedzy. Potrzeba większej liczby badań w różnego typu ekosystemach, które pozwolą stworzyć kompletniejszy obraz zmian, jakie mają miejsce w wyniku prowadzenia gospodarki leśnej. W szczególności widoczny jest niemal całkowity brak badań wpływu na zespoły małych ssaków innych niż rębnia zupełna technik wycinki. Brakuje też badań nad wpływem gospodarki leśnej na tę grupę zwierząt w lasach liściastych i na terenie Europy Zachodniej.

## Podziękowania

Dziękuję dr. Rafałowi Zwolakowi za komentarze do pierwszej wersji tego artykułu. Podczas pisania pracy korzystałem ze wsparcia grantu MNiSW NN304 391 537.

## Literatura

- Angelstam P., Hansson L., Pehrsson S. 1987. Distribution borders of field mice *Apodemus*: the importance of seed abundance and landscape composition. *Oikos* 50 (1): 123-130.
- Angelstam P., Kuuluvainen T. 2004. Boreal forest disturbance regimes, successional dynamics and landscape structures: a European perspective. *Ecological Bulletins* 51: 117-136.
- Borowski Z. 2003. Habitat selection and home range size of field voles *Microtus agrestis* in Słowiński National Park, Poland. *Acta theriologica* 48 (3): 325-333.
- Borowski Z. 2007. Damage caused by rodents in Polish forests. *International Journal of Pest Management* 53 (4): 303-310.
- Bryja J., Heroldová M., Zejda J. 2002. Effects of deforestation on structure and diversity of small mammal communities in the Moravskoslezské Beskydy Mts (Czech Republic). *Acta Theriologica* 47 (3): 295-306.
- Čepelka L., Suchomel J., Purchart L., Heroldová M. 2011. Small mammal diversity in the Beskydy Mts. forest ecosystems subject to different forms of management. *Beskydy* 4: 101-107.
- Charles W. 1981. Abundance of field voles (*Microtus agrestis*) in conifer plantations. W: Last F. T. [red.]. *Forest and woodland ecology*. Institute of Terrestrial Ecology, Cambridge. 135-137.
- Churchfield S., Hollier J., Brown V. 1997. Community structure and habitat use of small mammals in grasslands of different successional age. *Journal of Zoology* 242 (3): 519-530.
- Ecke F., Löfgren O., Sörlin D. 2002. Population dynamics of small mammals in relation to forest age and structural habitat factors in northern Sweden. *Journal of Applied Ecology* 39 (5): 781-792.
- Fisher J. T., Wilkinson L. 2005. The response of mammals to forest fire and timber harvest in the North American boreal forest. *Mammal Review* 35 (1): 51-81.
- Gorini L., Linnell J. D. C., Boitani L., Hauptmann Um, Odden M., Wegge P., Nilsen E. B. 2011. Guild composition and habitat use of voles in 2 forest landscapes in south-eastern Norway. *Integrative Zoology* 6 (4): 299-310.
- Grodziński W. 1959. The succession of small mammal communities on an overgrown clearing and landslide mountain in the Beskid Sredni (Western Carpathians). *Ekologia Polska, Serie A* 7:83-143.
- Hansson L. 1974. Small mammal productivity and consumption in spruce forest and reforestation in South Sweden. *Oikos* 25 (2): 153-156.
- Hansson L. 1978. Small mammal abundance in relation to environmental variables in three Swedish forest phases. *Studia Forestalia Suecica* 147.
- Hansson L. 1992a. Landscape ecology of boreal forests. *Trends in Ecology & Evolution* 7 (9): 299-302.
- Hansson L. 1992b. Small mammal communities on clearcuts in a latitudinal gradient. *Acta Oecologica* 13: 687-699.
- Hansson L. 1994. Vertebrate distributions relative to clear-cut edges in a boreal forest landscape. *Landscape Ecology* 9 (2): 105-115.
- Hansson L. 1996. Habitat selection or habitat-dependent survival: on isodar theory for spatial dynamics of small mammals. *Oikos* 75 (3): 539-542.
- Hansson L. 2002. Consumption of bark and seeds by voles in relation to habitat and landscape structure. *Scandinavian Journal of Forest Research* 17 (1):28-34.
- Henttonen H., Hansson L. 1984. Interspecific relations between small rodents in European boreal and subarctic environments. *Acta Zool Fennica* 172: 61-65.
- Henttonen H., Kaikusalo A., Tast J., Viitala J. 1977. Interspecific competition between small rodents in subarctic and boreal ecosystems. *Oikos* 29 (3): 581-590.
- Heroldová M. 1992. The diet of *Microtus agrestis* in immission clearings in the Krušné hory Mts. *Folia Zoologica* 41: 11-18.
- Heroldová M., Bryja J., Zejda J., Tkadlec E. 2007. Structure and diversity of small mammal communities in agriculture landscape. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 120 (2-4): 206-210.
- Horváth G., Molnár D., Csonka G. 2005. Population dynamics and spatial pattern of small mammals in protected forest and reforested area. *Natura Somogyiensis* 7: 191-207.
- Jensen T. 1984. Habitat distribution, home range and movements of rodents in mature forest and reforestations. *Acta Zoologica Fennica* 171: 305-307.
- Jędrzejewska B., Jędrzejewski W. 1998. Predation in vertebrate communities: the Białowieża Primeval Forest as a case study. Springer-Verlag, Berlin.
- Jones C. G., Ostfeld R. S., Richard M. P., Schaubert E. M., Wolff J. O. 1998. Chain reactions linking acorns to gypsy moth outbreaks and Lyme disease risk. *Science* 279 (5353): 1023-1026.
- Keenan R. J., Kimmins J. 1993. The ecological effects of clear-cutting. *Environmental Reviews* 1 (2): 121-144.
- Kirkland G. L. 1977. Responses of small mammals to the clearcutting of northern Appalachian forests. *Journal of Mammalogy* 58 (4): 600-609.
- Kirkland G. L. 1990. Patterns of initial small mammal community change after clearcutting of temperate North American forests. *Oikos* 59 (3): 313-320.

- Korpimäki E., Krebs C. J. 1996. Predation and population cycles of small mammals. *BioScience* 46 (10): 754-764.
- Korpimäki E., Norrdahl K. 1989. Avian and mammalian predators of shrews in Europe: regional differences, between-year and seasonal variation, and mortality due to predation. *Annales Zoologici Fennici* 26: 389-400.
- Löfgren O. 1995. Niche expansion and increased maturation rate of *Clethrionomys glareolus* in the absence of competitors. *Journal of Mammalogy* 76 (4): 1100-1112.
- Marsh A., Harris S. 2000. Partitioning of woodland habitat resources by two sympatric species of *Apodemus*: lessons for the conservation of the yellow-necked mouse *A. flavicollis* in Britain. *Biological Conservation* 92 (3): 275-283.
- Montgomery W. 2008. Studies on the distributions of *Apodemus sylvaticus* (L.) and *A. flavicollis* (Melchior) in Britain. *Mammal Review* 8 (4): 177-184.
- Niedziałkowska M., Kończak J., Czarnomska S., Jędrzejewska B. 2010. Species diversity and abundance of small mammals in relation to forest productivity in northeast Poland. *Ecoscience* 17 (1): 109-119.
- Panzacchi M., Linnell J. D. C., Melis C., Odden M., Odden J., Gorini L., Andersen R. 2010. Effect of land-use on small mammal abundance and diversity in a forest-farmland mosaic landscape in south-eastern Norway. *Forest Ecology and Management* 259 (8): 1536-1545.
- Petty S. 2006. Diet of tawny owls (*Strix aluco*) in relation to field vole (*Microtus agrestis*) abundance in a conifer forest in northern England. *Journal of Zoology* 248 (4): 451-465.
- Rychlik L. 2000. Habitat preferences of four sympatric species of shrews. *Acta Theriologica* 45 (1): 173-190.
- Schickmann S., Urban A., Kräuter K., Nopp-Mayr U., Hackländer K. 2012. The interrelationship of mycophagous small mammals and ectomycorrhizal fungi in primeval, disturbed and managed Central European mountainous forests. *Oecologia* 170 (2): 395-409.
- Sidorovich V. E., Solovej I. A., Sidorovich A. A., Rotenko I. I. 2008. Effect of felling on the distribution of rodents and their predators in a transitional mixed forest. *Polish Journal of Ecology* 56 (2): 309-321.
- Simberloff D. 1999. The role of science in the preservation of forest biodiversity. *Forest Ecology and Management* 115 (2-3): 101-111.
- Sundell J., Church S., Ovaskainen O. 2012. Spatio-temporal patterns of habitat use in voles and shrews modified by density, season and predators. *Journal of Animal Ecology* 81 (4): 747-755.
- Voutilainen L., Savola S., Kallio E. R., Laakkonen J., Vaheri A., Vapalahti O., Henttonen H. 2012. Environmental Change and Disease Dynamics: Effects of Intensive Forest Management on *Puumala Hantavirus* Infection in Boreal Bank Vole Populations. *PLoS ONE* 7: e39452.
- Wolk E., Wolk K. 1982. Responses of small mammals to the forest management in the Białowieża primeval forest. *Acta Theriologica* 27: 45-49.
- Zwolak R. 2009. A meta-analysis of the effects of wildfire, clearcutting, and partial harvest on the abundance of North American small mammals. *Forest Ecology and Management* 258: 539-545.
- Zwolak R., Crone E. E. 2012. Quantifying the outcome of plant-granivore interactions. *Oikos* 121 (1): 20-27.
- Zwolak R., Pearson D. E., Ortega Y. K., Crone E. E. 2010. Fire and mice: Seed predation moderates fire's influence on conifer recruitment. *Ecology* 91 (4): 1124-1131.

## SUMMARY

### Influence of forest management on ground-dwelling small mammals

One of the main goals of modern forest management is maintaining the biodiversity while ensuring the economic services of forests. To meet this objective we need to know how management practices affect forest species. Small mammals provide essential ecological services for ecosystem functioning. The study summarizes the results published papers on the effects of clear-cutting on small mammal populations in Europe.

Most of the studied species increased in abundance on clear-cuts. The response of grassland-associated vole species (*Microtus agrestis* and *M. arvalis*) to clear-cutting was uniformly positive. The yellow-necked mouse (*Apodemus flavicollis*) and the wood mouse (*A. sylvaticus*) generally increased on clear-cuts, but their response was variable. The Eurasian pygmy shrew (*Sorex minutus*), a generalist species, did not show any preferences between these two studied habitats. The common shrew (*Sorex araneus*) prefers habitats with dense vegetation cover and increased in abundance on clear-cuts. The bank vole (*Myodes glareolus*), a forest-dwelling species, decreased in abundance on clear-cuts in most of the reviewed studies. Nevertheless, it appears that this

species is more associated with the heterogeneity of the habitat and dense vegetation cover than with the age of the forest stand *per se*. Results of the literature review suggest that early successional habitats created by clear-cutting provide suitable sites for small mammal populations. However, elevated populations of rodents can slow the rate of reforestation by damaging seedlings or by seed predation.

The review revealed several significant gaps in current knowledge on the effects of forest management on small mammals. In particular, there are almost no studies on the subject conducted in Western Europe or concerning management practices other than clear-cutting.