

## Streszczenie

Ze względu na swoją specyfikę wynikającą ze struktury siedliskowej i gatunkowej, lasy polskie są narażone na występowanie masowych pojawów owadów liściożernych. Ochrona zasobów leśnych, w przypadkach zagrożenia ich trwałości wymaga przeprowadzania zabiegów lotniczego ograniczania populacji owadów. Zmiany prawa (zarówno na poziomie europejskim jak i krajowym) dotyczące zasad wykonywania zabiegów agrolotniczych oraz zmieniająca się wciąż technika ich wykonywania spowodowały, że wyniki badań prowadzonych w XX wieku zostały zdezaktualizowane. W sprawozdawczości Lasów Państwowych informacje o zabiegach agrolotniczych są uśredniane dla nadleśnictwa, regionalnej dyrekcji Lasów Państwowych i globalnie dla Lasów Państwowych. Niemożliwe jest więc, aby przy planowaniu zabiegów agrolotniczych przeprowadzać analizę ich efektywności ekonomicznej. Brakuje metod określania przewidywanych kosztów zabiegu agrolotniczego oraz wartości strat powstałych z powodu zaniechania jego wykonania.

Celem pracy było opracowanie metody oceny opłacalności wykonania zabiegu agrolotniczego, uwzględniającej jego koszty i straty powstałe z powodu zaniechania jego wykonania, w zależności od cech taksacyjnych drzewostanu. Określono także wpływ poszczególnych parametrów pól zabiegowych na wydajność i koszt wykonywanych zabiegów agrolotniczych. Z punktu widzenia praktyki leśnej, programem badawczym objęto opracowanie oraz praktyczne zweryfikowanie algorytmu umożliwiającego dobór statku powietrznego, gwarantującego uzyskanie maksymalnej wydajności lub minimalnego kosztu jednostkowego jego użycia. Algorytm umożliwia porównanie przewidywanej wydajności i kosztów jednostkowych użycia poszczególnych statków powietrznych do wykonania zabiegu agrolotniczego na konkretnym polu zabiegowym.

Badaniami objęto zabiegi agrolotniczego ograniczania populacji owadów liściożernych wykonane w latach 2013-2015 na łącznej powierzchni 62 532 ha, na terenie regionalnych dyrekcjach Lasów Państwowych w Pile, Szczecinie, Szczecinku i Zielonej Górze. Zabiegi wykonywane były w celu ograniczenia populacji barczatki sosnowki (*Dendrolimus pini* L.) w drzewostanach sosnowych, piędzika przedzimka (*Operophtera brumata* L.), piędzika siewieraka (*Operophtera fagata* Scharf) i gatunków towarzyszących w drzewostanach dębowych oraz w niewielkim zakresie imagines chrabąszcza majowego (*Melolontha melolontha* L.) i chrabąszcza kasztanowca (*Melolontha hippocastani* Fabricius). Poza statkami powietrznymi użytkowanymi w polskim leśnictwie od lat

70-tych XX wieku (samoloty M-18 i An-2, śmigłowiec Mi-2), analizą objęto zabiegi wykonywane po raz pierwszy w leśnictwie przez wiatrakowiec Zen-1. Każdemu z 230 analizowanych lotów przypisano siedem parametrów: powierzchnię zabiegu [ha], czas lotu [h], długość dolotu i przelotów międzypolowych [km], średnią długość linii przejścia [m], wydajność [ha/h], koszt jednostkowy użycia statku powietrznego [zł/ha] oraz łączny koszt jednostkowy zabiegu [zł/ha], uwzględniający koszty użycia statku powietrznego, zakupu pestycydów oraz prac naziemnych.

W pracy przyjęto, że szacunkowa wielość strat z powodu zaniechania wykonania zabiegu agrolotniczego w drzewostanie o zagrożeniu silnym jest równa całkowitej utracie przyrostu rocznego. Współczynnik efektywności zabiegów wyliczono jako iloraz unikniętych strat z powodu zaniechania wykonania zabiegu agrolotniczego oraz kosztów jego wykonania.

Stwierdzono duże zróżnicowanie wydajności zabiegów, które w zależności od parametrów pola zabiegowego i stosowanego statku powietrznego wynosiło od 4,67 ha/h (wiatrakowiec Zen-1) do 312,25 ha/h (samolot An-2). Zróżnicowane były również koszty jednostkowe użycia statków powietrznych - od 19,98 zł/ha (samolot An-2) do 470,31 zł/ha (samolot M-18). Wydajność zabiegu i koszt jednostkowy użycia dla wszystkich badanych statków powietrznych były istotnie skorelowane z powierzchnią pola zabiegowego i średnią długością linii przejścia. Łączne rzeczywiste koszty zabiegów agrolotniczych wyniosły od 60,26 zł/ha do 558,44 zł/ha. Na zróżnicowanie kosztów zabiegów miały wpływ zróżnicowane koszty użycia pestycydów - od 15,47 zł/ha (Sherpa 100 EC) do 176,50 zł/ha (Foray 76 B).

Wartość unikniętych strat była zależna od gatunku drzewa, wieku drzewostanu i jego bonitacji. Dla drzewostanów sosnowych wahała się od 0 do 1680 zł/ha/rok, a dębowych - od 639,14 zł/ha/rok do 2087,87 zł/ha/rok. Porównanie wartości unikniętych strat z możliwymi maksymalnymi kosztami zabiegu agrolotniczego pozwoliło na określenie wieku drzewostanu, poniżej którego wykonanie zabiegu jest w każdych warunkach uzasadnione ekonomicznie. W drzewostanach sosnowych I bonitacji jest to wiek 80 lat, a w V bonitacji - 71 lat. W drzewostanach dębowych I bonitacji wszystkie zabiegi są ekonomicznie uzasadnione, a w IV bonitacji - wykonywane w drzewostanach w wieku poniżej 112 lat.

W pracy stwierdzono również że obniżenie kosztów zabiegów agrolotniczych poprzez zastosowanie tańszych statków powietrznych i pestycydów oraz zmiany w ich

organizacji spowoduje podwyższenie wieku drzewostanów, w których zabiegi będą ekonomicznie uzasadnione.

Słowa kluczowe:

wydajność zabiegu agrolotniczego, koszt zabiegu agrolotniczego, efektywność zabiegów ochronnych

## **Summary**

Due to its specificity resulting from the structure of habitats and species, Polish forests are seriously exposed to mass appearances of folivorous insects. Protection of forest resources, in cases of threats to their durability requires air treatments for reducing of insect populations. Changes of the law (both at European and national level) concerning rules of performing agricultural aviation operations and continuous changes of technique of their execution mean that the results of research carried out in the twentieth century are obsolete.

Information about agricultural aviation treatments given in the State Forests reporting are averaged for the forest district, the Regional Directorate of State Forests and globally for the State Forests. It is impossible, therefore, to conduct economic efficiency studies when planning agricultural aviation treatments. There is a lack of methods of determining the expected cost of the agricultural aviation treatment and determination of losses arising from desisting of its implementation.

The aim of the study was to develop method for assessing profitability of application of agricultural aviation treatments, taking into account its cost and losses resulting from desisting of its implementation, depending on characteristics of the stand. It determined effect of various parameters of treated areas on capacity and cost of agricultural aviation treatments. From the forestry practice point of view research program included development and practical verification of algorithm that allows selection of the aircraft guaranteeing maximal capacity or minimal unit cost of its use. Algorithm allows to compare expected capacity and unit cost of the use of each aircraft to perform agricultural aviation treatment on a specific working field.

The study included agricultural aviation treatment in order to limit folivorous insect population made in 2013-2015 on a total area of 62 532 ha, in the regional directorates of State Forests in Pila, Szczecin, Szczecinek and Zielona Góra. Treatments were performed

in order to reduce population of pine lappet moth (*Dendrolimus pini* L) in pine stands, small winter moth (*Operophtera brumata* L), northern winter moth (*Operophtera fagata* Scharf) and associated species in oak stands, and to a small extent *imagines* of dor-beetle (*Melolontha melolontha* L) and chestnut beetle (*Melolontha hippocastani* Fabricius). Besides aircraft used in Polish forestry from the 70s of the twentieth century (aircrafts M-18 and An-2, helicopter Mi-2) analysis covered treatments made, for the first time in forestry, by the gyroplane Zen-1. Each of the 230 analyzed flights has been allotted seven parameters: surface of treatment [ha], flight time [h], length of the intakes and flights between fields [km], average length of the transition [km], capacity [ha/h], unit cost of the use of aircraft [zł/ha] and total unit cost of treatment [zł/ha], taking into account costs of the use of aircraft, purchase of pesticides and ground work.

The study assumed that estimated value of losses due to desisting of carrying out agricultural aviation treatment in the highly endangered stand is equal to the total loss of annual growth. Efficiency factor of treatments was calculated as the quotient of avoided losses because of the desisting of agricultural aviation treatment and cost of its implementation.

Large differentiation in treatment capacity was found, which, depending on the parameters of treatment field and type of aircraft has ranged from 4.67 ha/h (gyroplane Zen-1) to 312.25 ha/h (aircraft An-2). Varied were the unit costs of the use of aircraft - from 19.98 zł/ha (aircraft An-2) to 470.31 zł/ha (aircraft M-18). Capacity of treatment and the unit cost of use for all tested aircrafts were significantly correlated with the area of the treatment and the average length of the pass line. Total actual cost of the agricultural aviation treatment amounted from 60.26 zł/ha to 558.44 zł/ha. Differentiation of cost of treatments resulted from different costs of applied pesticides - from 15,47 zł/ha (Sherpa 100 EC) to 176,50 zł/ha (Foray 76 B).

Avoided loss value was dependent on the tree species, stand age and bonitation. For the pine stands this value has ranged from 0 to 1680 zł/ha/year, and for the oak stands - from 639.14 zł/ha/year to 2087.87 zł/ha/year. Comparison between value of avoided loss and possible maximal cost of agricultural aviation treatment has allowed to determine the age of the stand, below which this treatment in all circumstances is economically justified. In the pine stands of first bonitation this age is 80 years and for the fifth bonitation - 71 years. In the oak stands of first bonitation all treatments are economically justified and in the oak stands of fourth bonitation - carried out in the stands at the age under 112 years.

The study also found that lowering the cost of agricultural aviation treatment through the use of cheaper aircraft and pesticides and changes in the organization will raise the age of stands in which treatments will be economically justified.

Keywords:

capacity of agricultural aviation treatment, cost of agricultural aviation treatment, effectiveness of conservation measures