

ANDRZEJ KŁOCEK, STANISŁAW ZAJĄC

Teoria portfela w leśnictwie – optymalizacja składu gatunkowego drzewostanów

Portfolio theory in the forestry – optimization of the species composition

ABSTRACT

Kłoczek A., Zajęc S. 2018. Teoria portfela w leśnictwie – optymalizacja składu gatunkowego drzewostanów. Sylwan 162 (12): 971-979.

The paper presents the assumptions of the portfolio theory and the possibilities of its application in the forestry to diversify the species composition of the stand. The decision problem concerns the rationalization of the species share, ensuring the optimal ratio of annual production value from 1 ha in the stand (financial effect) to the expected level of risk. The adopted measure of the assessment of the value of production and the risk of its achievement is the Sharpe index, which is an approximate measure of the correlation between the income of one investment and its market, and therefore a measure of systematic risk. The paper presents the theoretical foundations of the mentioned optimization problem and examples of research results of American and European scientists regarding applications of portfolio theory in the forestry. The research results indicate that the portfolio theory in forestry focuses on making investment decisions in conditions of high uncertainty. The main criteria for selecting these decisions are income and risk. Diversification of the share of various investments is the source of the so-called risk diversification effects, e.g. the share of particular species in the composition of the stand, the assortment structure and other natural and economic factors that cause a reduction in the total risk with the same income or an increase in the total income with the same risk. The paper indicate that in forest management it is possible and justified to use the simplified Sharpe model, in the form of a univariate indicator, to analyze and make decisions rational from the point of view of natural and economic investment. This solution was applied to various portfolios, including the diversification of the species composition of tree stands. The key indicator when assessing the size of risk and related (predicted) income is the so-called the beta coefficient, determined using the modified Sharpe formula.

KEY WORDS

diversification of species composition, risk management in forestry, Sharpe index

ADDRESSES

Andrzej Kłoczek ⁽¹⁾ – e-mail: a.klocek@ibles.waw.pl
Stanisław Zajęc ^(1, 2) – e-mail: s.zajac@ibles.waw.pl

⁽¹⁾ Zakład Zarządzania Zasobami Leśnymi, Instytut Badawczy Leśnictwa; Sękokin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

⁽²⁾ Instytut Nauk Leśnych, Filia Uniwersytetu Łódzkiego w Tomaszowie Mazowieckim; ul. Konstytucji 3 Maja 65/67, 97-200 Tomaszów Mazowiecki

Wstęp

Pojęcie portfela odnosi się w ekonomii do wydzielonej części środków pieniężnych, akcji, papierów wartościowych i innych cennych przedmiotów majątkowych [Jajuga, Jajuga 2008].

Teoria portfela jest jedną z metod (strategii) zarządzania portfelem inwestycyjnym przedmiotów gospodarczych. Metoda ta polega na takim doborze składu portfela inwestycyjnego, aby zabezpieczyć osiągnięte zyski przy minimalnym ryzyku lub przy założonym poziomie ryzyka zmaksymalizować zyski (dochód). Dotyczy to również inwestycji leśnych i doboru optymalnego pod względem dochodu i ryzyka udziału (portfela) gatunkowego lub sortymentowego drzewostanów.

Zmiana europejskiego modelu gospodarki leśnej

Wiek XIX zapoczątkował istotne zmiany w leśnictwie europejskim, polegające m.in. na tworzeniu nowoczesnych struktur organizacyjno-funkcjonalnych państwowej administracji leśnej, a tym samym państwowej gospodarki leśnej. Strukturę tę tworzyły leśnictwa rewirowe, nadleśnictwa oraz dyrekcje lasów [Klocek 2000]. Jednym z podstawowych zadań wymienionych jednostek organizacyjnych była ochrona lasu przed dewastacją oraz rozwój i upowszechnianie zwłaszcza wysokoprodukcyjnych drzewostanów iglastych. Realizacji wymienionej koncepcji gospodarki leśnej sprzyjały upowszechnione przez Gayera [1886] metody zagospodarowania lasu mieszanego.

Do szczególnych cech drzewostanów mieszanych Gayer [1886] zaliczał nieporównanie większą ich stabilność i odporność na uszkodzenia ryzyko (biotyczne i abiotyczne) niż drzewostanów jednogatunkowych i jednowiekowych. Do tej idei nawiązuje współczesna koncepcja (kierunek) rozwoju lasu „zbliżonego do natury”, reprezentowana m.in. przez Bernadzkiego [1997, 2000] i Spellmanna [2005]. Koncepcja ta preferuje gospodarstwa leśne bazujące na przesłankach ekologiczno-środowiskowych.

Kolejnym argumentem na rzecz mieszanych drzewostanów było podporządkowanie kryteriów efektywności gospodarki leśnej aspektom ekonomiczno-finansowym, nazwane w ekonomii nurtem (kierunkiem) ekonomiczno-finansowym. Takie podejście reprezentował Pfeil [1822], podkreślając, że celem gospodarki leśnej nie jest produkcja największej ilości drewna, lecz osiągnięcie najwyższego czystego dochodu z gruntu (renty gruntowej), będącego odpowiednikiem oprocentowania zainwestowanego kapitału. Ten kierunek rozwoju gospodarki leśnej popierali m.in. Faustmann [1849], Pressler [1858] i Möhring [2001].

Po sporach na temat czystego dochodu z gruntu i z lasu większe uznanie w krajach Europy Środkowej i Zachodniej znalazła teoria (szkoła) zwana nurtem (kierunkiem) ekologiczno-środowiskowym. Do właściwej dla niej koncepcji gospodarki leśnej zalicza się wydłużenie wieku rębności drzewostanów, a także większe urozmaicenie ich składu gatunkowego. Przyjęcie takiego kierunku rozwoju lasu spowodowało zwiększenie udziału starych drzewostanów, wielogatunkowej i wielowiekowej ich struktury, a także wzrost znaczenia ekologicznych kryteriów oceny gospodarki leśnej. W Niemczech prym wiodą ekonomicznie zorientowani leśnicy hołdujący jednogatunkowym drzewostanom iglastym (zwłaszcza świerkowym, uważanym za „drzewo chlebowe” dla leśnictwa), krótkiemu wiekowi rębności, wysokim stopom procentowym, szybko rosnącym gatunkom drzew iglastych oraz przede wszystkim ekonomicznie zorientowanemu leśnictwu w warunkach wolnego rynku. Podporządkowanie gospodarki leśnej kryteriom ekonomiczno-finansowym było w znacznym stopniu wynikiem coraz większego wpływu teorii portfela na kształtowanie produkcji leśnej.

Powstanie i rozwój teorii portfela

Koncepcja teorii portfela przedstawiona została przez Markowitza [1952] w Stanach Zjednoczonych jako rozwinięcie teorii alokacji środków pieniężnych w warunkach niepewności, czyli poszukiwania kompromisu między ryzykiem podejmowanych przedsięwzięć inwestycyjnych a stopą zwrotu zainwestowanego kapitału. W późniejszych latach została ona wykorzystana m.in. do modelowania rynku kapitałowego (np. akcji). Za pomocą modelu Markowitza można określić najkorzystniejszą proporcję tych dwóch czynników (ryzyka i stopy zwrotu).

Drugi ważny element zawarty w teorii Markowitza łączy się z pojęciem dywersyfikacji udziału poszczególnych składników portfela i jej wpływu na oczekiwany dochód (stopę zwrotu) oraz ryzyko podejmowanych przedsięwzięć inwestycyjnych. Dywersyfikacja polega na zmniejszeniu łącznego ryzyka przy jednakowym dochodzie lub zwiększeniu dochodu przy jednakowym ryzyku. W praktyce dywersyfikacja oznacza zróżnicowanie składu portfela (np. inwestycyjnego) w celu ograniczenia poziomu ryzyka poprzez zmniejszenie ryzyka poszczególnych składników (aktywów) portfela, a w konsekwencji obniżenie ryzyka całego portfela.

Odniesione sukcesy w dziedzinie modelowania rynku kapitałowego doprowadziły do uhonorowania w 1990 roku nagrodą Nobla trzech amerykańskich teoretyków ekonomii – wspomnianego już Markowitza oraz Sharpe'a i Millera – za pionierskie badania w zakresie ekonomii finansowej. Przedmiotem zainteresowania wymienionych uczonych było również leśnictwo, w tym zwłaszcza wyjaśnienie, dlaczego mimo małej dywidendy i niskiej rentowności gospodarki leśnej tak wielu ludzi posiada las i inwestuje w niego środki pieniężne. Przyczyny tego zjawiska należy upatrywać przede wszystkim w racjonalizacji form organizacyjno-funkcjonalnych gospodarki leśnej oraz w doborze właściwej struktury gatunkowej drzewostanów, zapewniającej najwyższą dochodowość w danych warunkach gospodarowania.

Teoria portfela w leśnictwie

Pierwsze znaczące prace nad rozwojem teorii portfela w leśnictwie podjęli w USA Mills i Hoover [1982]. Przedmiotem ich zainteresowania były przede wszystkim inwestycje leśne. Stwierdzili oni, że zwiększona rentowność gospodarki leśnej jest w równej części rezultatem zwiększonej wartości gruntu, zwiększonej zasobności i produktywności drzewostanów oraz wzrostu cen produkcji leśnej.

Istota teorii portfela polega na optymalnej kombinacji dwóch lub więcej różniących się dóbr, na przykład drzewostanów o różnym składzie gatunkowym [Kruschwitz 2011]. Przykładem takiej kombinacji jest Las Tarandzki oraz sporządzone dla niego optymalne kombinacje struktury gatunkowej drzewostanów. Taki sam atrybut odnosi się również do innych kategorii (cech) dóbr, np. do różnych rodzajów sortymentów drewna.

Badania Thomsona [1991] w USA z końca ubiegłego wieku potwierdziły korzystny udział w jednym portfelu czterech inwestycji finansowych: akcji, listów skarbowych, pożyczek przedsiębiorstwom i państwu oraz inwestycji w las dąglęzjowy i sosnowy. Niewątpliwie do najważniejszych lokat kapitałowych, w tym także leśnych, należą inwestycje, które na ogół są definiowane jako „wyrzeczenie się bieżącej konsumpcji dla przyszłych (na ogół niepewnych) korzyści” [Jajuga, Jajuga 2008].

Badania prowadzone w stanie Indiana (USA) dotyczyły 18 różnych lokat kapitałowych w jednym portfelu obejmującym: 4 lokaty finansowe (akcje, listy skarbowe, pożyczki przedsiębiorstwom i państwu), 4 rolnicze przedsięwzięcia finansowe (produkcja ziemiopłodów, mleka, trzody) oraz 10 inwestycji w lasy iglaste sosnowe i dąglęzjowe [Redmond, Cabbage 1988]. Ich wyniki potwierdziły, że inwestorzy rolni i leśni do 90% nakładów inwestycyjnych lokują w obiekty rolne i leśne.

Oznacza to, że w warunkach amerykańskich czysty dochód z gruntu nadal jest podstawą gospodarki rolnej i leśnej.

Problematyka zastosowania teorii portfela w leśnictwie podejmowana była również w krajach europejskich, głównie w Niemczech i w Finlandii. Na podstawie wyników badań w zakresie optymalizacji portfela inwestycji kapitałowych (m.in. akcji) podjęto następnie próby ich zastosowania w gospodarce leśnej do ustalenia optymalnego składu gatunkowego, struktury sortymentowej czy też kwestii dotyczących podkrzesywania drzewostanów (Finlandia) oraz intensyfikacji gospodarki w drzewostanach brzożowych [Duffner 1993; Deegen i in. 1997; Lönnstedt, Svensson 2000; Wippenman, Möhring 2001; Knoke 2004; Beinhofer 2009; Neuner i in. 2013]. Tematyka ta była przedmiotem wstępnych analiz również w Polsce [Klocek, Młynarski 2011].

Charakterystyka teorii portfela w leśnictwie

Głównym kryterium przesądającym o decyzjach w zakresie inwestycji, stanowiących podstawę oceny każdego przedsięwzięcia inwestycyjnego, jest spodziewany dochód i ryzyko jego osiągnięcia. Podobnie w przypadku inwestycji leśnych podstawowym elementem (czynnikiem) decyzji inwestycyjnych (obok dochodu) jest ryzyko. Pojęcie to zazwyczaj jest różnie rozumiane i definiowane. Na ogół ryzyko jest interpretowane jako zagrożenie (niepowodzenie, niepewność), którego rezultatem jest szkoda lub strata. Pełniejsza definicja określa ryzyko jako „przedsięwzięcie, którego wynik jest niepewny” [Dubisz 2003]. Przy takim ujęciu ryzyko może być zarówno zagrożeniem, jak i szansą, że wynik będzie gorszy lub lepszy od spodziewanego. Zazwyczaj ryzyko jest utożsamiane z niepowodzeniem, które prowadzi do zmniejszenia pożądanego rezultatu działalności gospodarczej bądź też do zwiększenia kosztów tej działalności.

Źródłem ryzyka w leśnictwie są przede wszystkim liczne niekorzystne zjawiska i elementy przyrodnicze [Bruchwald, Dmyterko 2011, 2012; Dmyterko i in. 2015]. Oprócz czynników naturalnych mogą występować także niekorzystne zmiany w sferze ekonomicznej, społecznej i politycznej. Ocena wpływu tych czynników na gospodarkę leśną jest szczególnie trudna z uwagi na długookresowość produkcji leśnej. Powoduje ona wręcz niemożność określenia prawdopodobieństwa pojawienia się w przyszłości danego czynnika oraz oszacowania jego wpływu na gospodarkę leśną.

Według powszechnej oceny roli i znaczenia ryzyka koszty z tytułu jego występowania w leśnictwie wynoszą około 20% ogółu kosztów gospodarki leśnej [Roeder 1991]. Uwzględnienie wpływu czynników ryzyka na gospodarkę leśną i jej efekty wymaga adekwatnej metody pomiaru (kwantyfikacji) i oceny ryzyka. Podobnie jak w innych dziedzinach życia gospodarczego określony efekt (dochód) lub parametr gospodarki leśnej traktuje się jako zmienną zależną od wielu czynników natury ożywionej i nieożywionej, a także decyzji gospodarczych, społecznych, politycznych i innych. Dlatego uwaga skoncentrowana jest na rozkładzie i prawdopodobieństwie wystąpienia możliwej wartości zmiennej. Idea tej koncepcji wynika z faktu, że im większa zmienność danego efektu, tym większe ryzyko, gdyż tym większe są odchylenia od oczekiwanej (średniej) wartości efektu. Do najczęściej stosowanych miar ryzyka należą wariancja oraz odchylenie standardowe analizowanej kategorii efektu gospodarstwa leśnego, na ogół dochodu. Właściwości obu tych miar są jednakowe i polegają m.in. na tym, że ich wartość zerowa oznacza brak ryzyka i jego rozproszenia, natomiast duża wartość oznacza zarazem duże ryzyko [Jajuga, Jajuga 2008].

Zarządzanie ryzykiem w gospodarce leśnej

Ochrona majątku, celów gospodarowania i zdolności wytwórczej gospodarstwa leśnego przed negatywnymi skutkami ryzyka wymaga wyprzedzającego podejmowania różnorodnych przedsięwzięć i działań. Według Roedera [1991] należą do nich m.in.:

- obniżanie poziomu ryzyka przez eliminowanie sytuacji obciążonych ryzykiem, np. rezygnacja z upraw drzewostanów świerkowych na terenach występowania częstych huraganów oraz obniżanie wieku rębności,
- przeniesienie ryzyka do innych podmiotów, np. do instytucji ubezpieczających przed negatywnymi skutkami zdarzeń losowych,
- ograniczenie ryzyka przez jego rozproszenie i zwiększenie odporności oraz elastyczności gospodarki leśnej względem czynnika losowego,
- akceptacja ryzyka.

Przy podejmowaniu działań związanych z ryzykiem należy zwrócić uwagę na dwa istotne aspekty [Holthausen i in. 2004]. Po pierwsze, w działalności gospodarczej nie można kierować się wyłącznie zasadą ograniczenia lub eliminacji ryzyka, pomijając gospodarcze skutki takich działań. Jako przykład można wymienić zakładanie bardziej odpornych na zjawiska kłęskowe drzewostanów mieszanych zamiast mniej odpornych litych drzewostanów świerkowych. Po drugie, jedno przedsięwzięcie podejmowane w związku z ryzykiem mogą neutralizować drugie, ale też mogą być komplementarne lub konkurencyjne.

Jednym z podstawowych zadań zarządzania w warunkach ryzyka jest poznanie przyczyn, od których zależy ryzyko, a następnie podejmowanie decyzji, które zminimalizują jego negatywne skutki lub zmaksymalizują pożądane efekty gospodarki leśnej [Roeder 1991]. Wymaga to ustalenia metody zapewniającej uzyskanie optymalnego (maksymalnego lub minimalnego) poziomu realizacji przyjętego kryterium oceny skutków ryzyka w gospodarce leśnej. Dobór odpowiedniej metody zależy od natury problemu decyzyjnego, na którą składają się jej różne właściwości. W warunkach ryzyka wyróżniającą właściwością problemu, przesądzającą o doborze metody optymalnego rozwiązania, jest charakter parametrów matematycznego modelu opisującego dany problem. Chodzi tu więc o wartości liczbowe różnych współczynników występujących w zadaniu i mających wpływ na podejmowaną decyzję, np. zysk, koszt jednostkowy (zł/m³, zł/ha), zasobność drzewostanów (m³/ha) itp.

W zależności od tego, czy parametry są stałe i znane, czy też są zmienne i losowe, wyróżniamy dwie grupy modeli decyzyjnych: deterministyczne oraz probabilistyczne. Pierwszą grupę modeli reprezentuje las normalny, drugą zaś las celowy oraz macierz przeżywalności drzewostanów [Klocek, Borowski 1990; Klocek, Oesten 1993]. Ważnym narzędziem wspomagającym podejmowanie decyzji gospodarczych jest stochastyczny model lasu rzeczywistego [Bruchwald, Dmyterko 2014].

Problematyka teorii portfela i minimalizacja ryzyka w gospodarce leśnej

Podstawowym problemem teorii portfela jest określenie optymalnych powiązań między wieloma inwestycjami danego portfela. Bardzo ważną kwestią jest racjonalizacja doboru wielu spółek portfela. Odniesienie tych zagadnień do lasu w sensie doboru właściwego (optymalnego) składu gatunkowego drzewostanów, struktury sortymentowej i innych parametrów jest przedmiotem wielu analiz, zwłaszcza w Niemczech i krajach skandynawskich.

Teoria portfela w leśnictwie koncentruje uwagę na podejmowaniu decyzji inwestycyjnych w warunkach niepewności. Główne kryteria wyboru tych decyzji to po pierwsze dochód, a po drugie ryzyko. Zróżnicowanie udziału różnych inwestycji jest źródłem tzw. efektów dywersyfikacji ryzyka, np. poprzez zmianę udziału poszczególnych gatunków w składzie drzewostanu, które powodują zmniejszenie łącznego ryzyka przy jednakowym dochodzie lub zwiększenie łącznego dochodu przy jednakowym ryzyku.

Współzależność ryzyka i dochodu jest na ogół prezentowana w literaturze na przykładzie drzewostanów bukowych i świerkowych. Jest to spowodowane różnym poziomem dochodów z tych drzewostanów oraz ich różną wrażliwością na ryzyko negatywnego oddziaływania środowiskowych i gospodarczych czynników ryzyka. Drzewostany bukowe charakteryzują się wysoką stabilnością i odpornością na ryzyko, a zarazem znacznie mniejszą dochodowością niż drzewostany świerkowe.

Dywersyfikacja produkcji świerkowego drewna tartacznego oraz drewna o dużej wartości pieniężnej może być analizowana również z punktu widzenia podkrzesywanych i niepodkrzesywanych drzewostanów świerkowych, a przez to zmniejszających możliwość występowania ryzyka wiatrołomów. Na pytanie o optymalny udział drzewostanów podkrzesywanych specjaliści stwierdzili, że ich powierzchnia powinna mieć duży udział w strukturze lasu zarówno przy normalnej, jak i dużej awersji do ryzyka. Badania nad minimalizacją ryzyka pokazały, że we wszystkich wariantach trzebieży i podkrzesywania następuje redukcja ryzyka [Hyytiäinen, Penttinen 2008].

Badania Heikkinena [1999] oraz Hyytiäinen i Penttinen [2008] w Finlandii dotyczyły m.in. możliwości ścinki drzew i ulokowania w akcjach przychodów z pozyskania drewna. Wyniki badań za okres 1985-1996 pokazały słabą korelację między odsetkami z lasu i akcji. Natomiast wyniki badań za okres 1972-2003 potwierdziły, że ceny drewna w Finlandii rosły wolniej niż inflacja. Z kolei badania dotyczące drzewostanów mieszanych wykazały, że wprowadzenie dwóch gatunków, tj. świerka i brzozy, daje dodatkowy dochód finansowy z brzozy, który rekompensuje z nadwyżką straty na przyroście w drzewostanach świerkowych, pomijając większą odporność mieszanych drzewostanów świerkowo-brzozowych.

Do grona wdrażających teorię portfela do praktyki leśnej literatura w Niemczech zalicza przede wszystkim Deegen i in. [1997], Duffnera [1999] oraz Wippermana i Möhringa [2001]. Badania tych ostatnich autorów w latach 1969-1994 wykazały, że minimalne ryzyko lub maksymalny dochód mają istotny związek z optymalizacją portfela inwestycyjnego składającego się w 90% z lasu i w 10% z akcji.

Według badań Knoke'a [2004] portfele o minimalnym ryzyku składają się w Bawarii (Niemcy) w 40% ze świerka i 60% z buka. Przy bardzo wysokim ryzyku wypadania świerka udziały tych gatunków wynoszą odpowiednio 20 i 80%, natomiast najkorzystniejszy portfel minimalizujący ryzyko zawiera 70% świerka i 30% buka. Przy jednakowym wieku rębności świerka i buka portfel o minimalnym ryzyku zawiera 50% ryzyka maksymalnego i składa się w 20% ze świerka oraz w 80% z buka i osiąga 61% maksymalnego dochodu.

Optymalizacja portfela drzewostanu mieszane

Wyniki badań nad optymalnym składem gatunkowym drzewostanów wskazują, że jest on zależny od relacji dwóch czynników: potencjalnej wielkości dochodu i związanego z nim ryzyka. Układ ten może dotyczyć np. drzewostanów składających się ze świerka i buka. Pierwszy z tych gatunków cechuje się dużą produktywnością, ale małą odpornością na ryzyko, z kolei drzewostany bukowe charakteryzują się małą dochodowością, ale dużą odpornością.

Zgodnie z powyższym zadanie optymalizacyjne sprowadza się do pozyskania takich wartości r oraz σ , które maksymalizują następujące wyrażenie [Jajuga, Jajuga 2008]:

$$S = \frac{r - r_f}{\sigma}, \text{ a po uproszczeniu } S_h = \frac{r}{\sigma} \quad [1]$$

gdzie:

- r – oczekiwana stopa zwrotu portfela efektywnego (w przybliżeniu dochód),
- r_f – stopa zwrotu wolna od ryzyka, którą dla uproszczenia przyjęto jako wartość zerową,
- σ – odchylenie standardowe stopy zwrotu efektywnego (ryzyko).

Funkcję opisaną równaniem 1 Sharpe [1964] sprowadził do uproszczonej, jednoczynnikowej formy wskaźnika, umożliwiającego analizę wspomnianych zależności (dochód – ryzyko) rynku kapitałowego (np. akcji) za pomocą równań regresji. Rozwiązanie to znalazło zastosowanie w odniesieniu do różnych portfeli, w tym również do dywersyfikacji składu gatunkowego drzewostanów:

$$r_i = \alpha_i + \beta_i \cdot r_m \quad [2]$$

gdzie:

- r_i – stopa zwrotu z i -tej akcji (zmienna objaśniana – dochód),
- α_i, β_i – współczynniki równania regresji,
- r_m – stopa zwrotu z całego rynku, oznaczająca portfel rynkowy lub indeks rynkowy czy też wartość produkcji (dochód) z drzewostanu o różnym udziale gatunków drzew.

Model 2 zawiera wyraz wolny α oraz kierunkowy β . Kluczową rolę w tym równaniu odgrywa współczynnik β , który rozwinięty przez Sharpe'a [1964] jest przybliżoną miarą korelacji między dochodami jednej inwestycji i jej rynkiem portfelowym, a przez to miarą systematycznego ryzyka. Jeżeli $\beta=1$, oznacza to, że przy zmianie indeksu rynku o 1% także indeks rozważanej inwestycji zmieni się o 1% w tym samym kierunku. Przy $\beta>1$ (lub $\beta<1$) dochody zmieniają się silniej (słabiej) niż dochody rynku portfela. Przy $\beta=0$ dochody inwestycji nie zależą od wartości rynku, natomiast dla $\beta<0$ zmieniają się w przeciwnym kierunku do rynku portfela [Redmond, Cubbage 1988].

Redmond i Cubbage [1988] wykorzystali uproszczoną formę wskaźnika Sharpe'a do analizy inwestycji leśnych w 5 regionach leśnych USA, obejmujących różne gatunki drzew (sosna, daglezja, świerk, jodła, dąb, klon, jesion, topola) i dwa sortymenty (papierówka, tartaczne). Oprocentowanie (rentowność) inwestycji leśnych obliczyli na podstawie rocznych zmian cen drewna i rocznych przyrostów miąższości. W okresie 1951-1985 zostały zbadane 22 różne inwestycje leśne, dla których ustalono m.in. roczne wartości dochodu i ich odchylenia standardowe, a także parametry α i β . Wymienieni autorzy stwierdzili, że lokaty w leśnictwie charakteryzują się dodatnimi parametrami α i ujemnymi β . Inwestycje leśne, ze względu na ujemne wartości parametru β , są odpowiednie do redukcji ryzyka portfela, mimo ewentualnie wysokich wahań cen drewna [Redmond, Cubbage 1988].

Podsumowanie

Zastosowanie w praktyce leśnej wskaźnika Sharpe'a umożliwia porównanie portfeli inwestycyjnych o różnych stopach zwrotu oraz poziomach ryzyka. Portfele o wyższej wartości tego wskaźnika uzyskują większe stopy zwrotu przy takim samym poziomie ryzyka. Ujemna wartość wskaźnika oznacza, że portfel inwestycyjny osiągnął stopę zwrotu niższą niż stopa wolna od ryzyka.

Sytuacja, w której podejmujący decyzje dotyczące np. doboru składu gatunkowego drzewostanu nie zna wszystkich możliwości wyboru i ryzyka związanego z każdą z nich ani ich możliwych konsekwencji, określana jest stanem niepewności, który wynika ze złożoności i dynamizmu ekosystemów leśnych oraz otoczenia społeczno-gospodarczego. Podstawą podejmowania prawidłowych decyzji w warunkach niepewności jest umiejętność oszacowania wielkości przedziału możliwych wyników i oceny prawdopodobieństwa ich wystąpienia z wykorzystaniem metod matematyczno-statystycznych.

W gospodarce leśnej możliwe i uzasadnione jest wykorzystanie koncepcji Sharpe'a do analizowania i podejmowania racjonalnych decyzji inwestycyjnych, w tym m.in. dotyczących doboru uzasadnionego z punktu widzenia przyrodniczego i ekonomicznego składu gatunkowego drzewostanów, struktury sortymentowej i innych parametrów, co potwierdzają wyniki badań uczonych amerykańskich i europejskich.

Kluczowym wskaźnikiem przy ocenie wielkości ryzyka i związanego z nim (przewidywanego) dochodu jest tzw. współczynnik beta (β), określany za pomocą zmodyfikowanego wzoru Sharpe'a. Podstawowym problemem teorii portfela w leśnictwie jest określenie optymalnych związków między inwestycjami danego portfela. Zadanie optymalizacyjne sprowadza się do określenia takich wartości r oraz σ , które zmaksymalizują współczynnik Sharpe'a. Najprostszą formę teorii portfela reprezentuje zmodyfikowany wskaźnik Sharpe'a w następującej postaci:

$$MSR = \frac{\overline{R}_p}{\sigma_p}$$

gdzie:

\overline{R}_p – średnia stopa zwrotu,

σ_p – odchylenie standardowe stopy zwrotu.

Przykładowe dane liczbowe odzwierciedlające zmodyfikowaną wartość wskaźnika Sharpe'a, zaczerpnięte z literatury, wynoszą dla poszczególnych symboli powyższego wzoru: $\overline{R}_p=0,12$, $\sigma_p=0,16$, zmodyfikowany wskaźnik Sharpe'a $MSR=0,12/0,16=0,75$ [Klocek, Młynarski 2011].

Podstawową metodą rozwiązywania problemów z wykorzystaniem teorii portfela jest dywersyfikacja problemów, metod, celów i środków gospodarki leśnej. Wzoruje się ona na powszechnej w Europie maksymie mówiącej, że „nie należy wkładać wszystkich jaj do jednego koszyka”.

Literatura

- Beinhofer B. 2009. Zur Anwendung der Portfoliotheorie in der Forstwissenschaft – Finanzielle Optimierungsansätze zur Bewertung von Diversifikationseffekten. Dissertation – Technische Universität München.
- Bernadzki E. 1997. Cele hodowli lasu wczoraj i dziś. Sylwan 141 (4): 23-31.
- Bernadzki E. 2000. Półnaturalna hodowla lasu. Biblioteka Leśniczego 129: 3-14.
- Bruchwald A., Dmyterko E. 2011. Zastosowanie modeli ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr do oceny zagrożenia lasów nadleśnictwa. Sylwan 155 (7): 459-471.
- Bruchwald A., Dmyterko E. 2012. Ryzyko powstawania szkód w drzewostanach poszczególnych nadleśnictw Polski. Sylwan 156 (1): 19-27.
- Bruchwald A., Dmyterko E. 2014. Stochastyczny model określania miąższości złomów, wywrotów i posuszu. Sylwan 158 (4): 258-266.
- Clasen Ch., Knoke T. 2009. Entmischung von Baumarten, AFZ-Der Wald 31: 1145-1147.
- Deegen P., Hung B., Mixdorf U. 1997. Ökonomische Modellierung der Baumartenwahl bei Unsicherheit der zukünftigen Temperaturentwicklung. Forstarchiv 68 (5): 194-205.
- Dmyterko E., Mionskowski M., Bruchwald A. 2015. Zagrożenie lasów Polski na podstawie modelu ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr. Sylwan 159 (5): 361-371.
- Dubisz S. [red.]. 2003. Uniwersalny słownik języka polskiego. T. 4. PWN, Warszawa.
- Duffner W. 1993. Wald im Portfolio eines wirtschaftenden Unternehmens. Forst und Holz 54 (15): 451-456.
- Faustmann M. 1849. Berechnung des Werthers, welchen Waldboden, sowie noch nicht haubare Holzbestände für die Waldwirtschaft besitzen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung: 441-455.
- Gayer K. 1886. Der gemischte Wald: Seine Begründung und Pflege, insbesondere durch Horst- und Gruppenwirtschaft. Verlag Paul Parey, Berlin.
- Heikkinen V. 1999. Cutting Rules for Final Felling's: A Mean-Variance Portfolio Analysis. Journal of Forest Economics 5 (2): 269-284.
- Holthausen N., Hanewinkel M., Holeczy J. 2004. Risikomanagement in der Forstwirtschaft am Beispiel des Sturmrisikos. Forstarchiv 75 Jahrgang.
- Hyttiäinen K., Penttinen M. 2008. Applying portfolio optimization to the harvesting decisions of non-industrial private forest owners. Forest Policy and Economics 10 (3): 151-160.

- Jajuga K., Jajuga T. 2008. Inwestycje. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Klocek A. 2000. Rentowność gospodarstwa leśnego a formy własności leśnej. *Sylwan* 133 (5): 5-22.
- Klocek A., Borowski S. 1990. Las celowy – nowa idea w leśnictwie. *Las Polski* 20, 22.
- Klocek A., Młynarski W. 2011. Ryzyko w gospodarstwie leśnym. W: *Strategia rozwoju lasów i leśnictwa w Polsce do roku 2030. Zimowa Szkoła Leśna (III Sesja), Sękocin Stary, Instytut Badawczy Leśnictwa*. 217-232.
- Klocek A., Oesten G. 1993. Optymalizacja wieku rębności w lesie normalnym oraz celowym. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa* 747: 4-31.
- Knoke T. 2004. Die Begründung von Mischbeständen: Eine Möglichkeiten zur Minderung von Risiko? *Kongressbericht des Deutschen Forstvereins zur Tagung 2003 in Mainz*. 344-355.
- Kruschwitz L. 2011. *Investitionsrechnung*. 13. Aufl. De Gruyter Oldenbourg.
- Lönstedt L., Svensson J. 2000. Return and risk in timberland and other investment alternatives for NIPF owners. *Scandinavian Journal of Forest Research* 15: 661-670.
- Markowitz H. 1952. Portfolio selection. *The Journal of Finance* 7 (1): 77-91.
- Mills W. L., Hoover W. L. 1982. Investments in Forest Land: Aspects of Risk and Diversification. *Land Economics* 58 (1): 33-51.
- Möhring B. 2001. The German struggle between the „Bodenreinertragslehre” (land rent theory) and „Waldreinertragslehre” (theory of the highest revenue) belongs to the past – but what is left? *Forest Policy and Economics* 2: 195-201.
- Neuner S., Beinhofer B., Knoke T. 2013. The optimal tree species composition for a private Forest enterprise – applying the theory of portfolio selection. *Scandinavian Journal of Forest Research* 28: 38-48.
- Pfeil F. W. L. 1822. *Grundsätze der Forstwirtschaft im Bezug auf die Nationalökonomie und die Staats-
-Finanzwissenschaft. Erster Band Staatswirtschaftliche Forstkunde*. Züllichau.
- Pressler M. R. 1858. *Der rationelle Forstwirt und sein Waldbau des höchsten Ertrags*, Dresden.
- Redmond C. H., Cubbage F. W. 1988. Portfolio Risk and Returns from Timber Asset Investments. *Land Economics* 64 (4): 325-337.
- Roeder A. 1991. Zum Risikomanagement in Forstbetrieben. *Forst und Holz* 46: 533-535.
- Sharpe W. 1964. Capital asset prices – A theory of market equilibrium under conditions of risk. *The Journal of Finance* 19: 425-442.
- Spellmann H. 2005. Produziert der Waldbau am Markt vorbei? *AFZ-Der Wald* 60: 454-459.
- Thomson T. A. 1991. Efficient Combination of Timber and Financial Market Investments in Single-Period and Multiperiod Portfolios. *Forest Science* 37 (2): 461-480.
- Wipperman C., Möhring B. 2001. Exemplarische Anwendung der Portefeuille Theorie zur Analyse eines forstlichen Investments. *Forst und Holz* 56 (9): 267-272.