

Metody badań nad wykorzystaniem zasobów środowiskowych przez zwierzęta i ich zastosowanie w łąkarstwie

J. DASZKIEWICZ

Katedra Łąkarstwa i Krajobrazu Przyrodniczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

The research methods in environmental resources use by animals and their application in grassland sciences

Abstract. Aims of this review study was an analysis of methods of environmental resources utilization by animals and synthesis of this methods applications examples in grassland sciences. Studies about animal-habitat evolved from percentage description of habitat resources utilization to selectivity indices and linear models. Except resources availability and utilization, this analyses allows to conclude about animal's selectivity and preference, and they could be used as a tool in studies about grassland management and environmental protection. Also, this studies can exploit number of research entities and subjects. This causes, that analyses of animal's resources utilization can be applied in grassland sciences.

Keywords: ethology, pasture management, environmental protection, resource utilization, resource selection, grassland sciences.

1. Wstęp

Oddziaływania pomiędzy zwierzętami a środowiskiem są jednym z podstawowych procesów ekologicznych, będących w spektrum zainteresowania wielu nauk przyrodniczych, w tym łąkarstwa. Istnienie biocenoz łąkowych w naszym regionie klimatycznym, w większości przypadków uwarunkowane jest ich użytkowaniem przez ludzi i zwierzęta (SWĘDRZYŃSKI, 2014). W celu pełnego opisu przydatności siedlisk terenów otwartych, konieczne jest, poza określeniem wymiernych wartości dotyczących ilości, jakości i struktury dostępnych zasobów, także oszacowanie i wywnioskowanie w jakim stopniu i na podstawie jakich kryteriów są one wybierane przez zwierzęta. VOISIN (1964), we wstępie do swojego podręcznika zaznacza konieczność połączenia ze sobą wiedzy zootechników i botaników, w celu zapewnienia racjonalnego użytkowania pastwisk. Analogiczną koncepcję można zauważyć w badaniach przyrodniczych dotyczących terenów otwartych – „związek zbiorowisk zielonych ze zwierzętami sta-

nowi pomost dla ujęć szerszych: także dla przyrodnika i geografa niewątpliwe są powiązania pomiędzy występowaniem znacznej większości łąk i wszystkich pastwisk a oddziaływaniem na nie zwierząt dzikich oraz zwierząt hodowlanych” (NOWIŃSKI, 1978).

Metody opisu tych interakcji ewoluowały i mnożyły się wraz z rozwojem koncepcji ekologicznych oraz technologicznych, stając się podstawą studiów zarówno o lokalnym, jak i globalnym znaczeniu.

Celem niniejszej pracy jest analiza metod badań nad wykorzystaniem zasobów środowiskowych przez zwierzęta oraz synteza ich zastosowania w łąkarstwie na podstawie dostępnej literatury.

2. Koncepcja pracy i jej zakres

W pracy przeanalizowano obecny stan wiedzy dotyczący interakcji pomiędzy zwierzętami hodowlanymi i dzikimi a zasobami dostępnymi w ich środowisku bytowania, ze szczególnym uwzględnieniem terenów łąkowych. Punktem wyjścia do rozważań był szeroki przegląd światowej literatury, którego efektem jest synteza wybranych metod analiz relacji zwierzęta – środowisko oraz lista przykładów wykorzystania tego typu badań. Omówiono również ogólną genezę oraz założenia analiz dotyczących wykorzystania zasobów środowiskowych przez zwierzęta. Praca ma charakter koncepcyjno-przeładowy.

3. Geneza, założenia oraz metody badań nad wykorzystaniem zasobów środowiskowych przez zwierzęta

Badania dotyczące wykorzystania zasobów środowiskowych przez zwierzęta zapoczątkowano na początku poprzedniego wieku (MEIER i WSP., 2012). W pierwszej kolejności, odnosiły się one do zwierząt drapieżnych – ich ofiary łatwiej można było policzyć i sklasyfikować na podstawie zawartości żołądków badanych obiektów (MANLY i WSP., 2004).

Prace dotyczące zwierząt roślinożernych żerujących na terenach otwartych pojawiły się w latach 20-tych XX wieku. Z tego samego okresu pochodzą badania dotyczące zwierząt pastwiskowych, jednak ze względu na założenie, że zwierzęta nie są w stanie same wybrać pełnowartościowego pokarmu i to człowiek jest decydującym czynnikiem w przypadku ich żywienia, rozpowszechniły się one dopiero w latach 80-tych (GREENHALGH, 1982). Intensyfikacja produkcji po II Wojnie Światowej wiązała się również z trendem (w skali światowej) tworzenia pastwisk o jednogatunkowej runi, przez co tego typu badania były

bezpodstawne. Dopiero wprowadzenie do składu gatunkowego runi kolejnych komponentów (np. koniczyn), mającego na celu poprawę produktywności lub bioróżnorodności siedliska, sprawiło, że konieczne było kompleksowe poznanie zależności pomiędzy roślinnością a preferencjami żywieniowymi zwierząt (GINANE i WSP., 2003; RUTTER, 2006).

Obecnie, analizy dotyczące wykorzystania środowiska przez zwierzęta wolnożyjące uznawane są za jedne z najistotniejszych badań opisujących ekologię i etologię, zarówno zwierząt dzikich (HOUSTON i WSP., 1995; ALLDREDGE i WSP., 1998; MCCLEAN i WSP., 1998; GUSIAN i THUILLER, 2005; HIRZEL i WSP., 2006), jak i hodowlanych, wypasanych na pastwiskach z nieograniczoną możliwością wyboru miejsc żerowania (RUTTER, 2006; MEIER i WSP., 2012; OLTIJEN i GUNTER, 2015). Mogą mieć one zastosowanie w naukach podstawowych (poprzez określenie zasięgu występowania gatunków zwierząt, interakcji pomiędzy organizmami, biogeografii) lub też stanowić ważne narzędzie w naukach stosowanych (modelowanie krajobrazu, łowiectwo, leśnictwo, rolnictwo) (GUSIAN i THUILLER, 2005).

Podstawowym założeniem tego typu badań jest określenie dostępnych zasobów środowiskowych (ang. *availability*) w danym miejscu, takich jak np. pokarm, jego jakość, możliwości stworzenia ostoi bezpieczeństwa itp., oraz skwantyfikowaniu informacji na temat sposobu wykorzystania (ang. *utilization*) tych zasobów przez zwierzęta w określonej jednostce czasu. Do opisu interakcji wykorzystuje się jeszcze dwa pojęcia – selekcja/selektywność (ang. *selection*) jako proces wyboru pomiędzy alternatywnymi siedliskami lub składnikami pokarmowymi, które są dostępne dla zwierzęcia, oraz preferencja (ang. *preference*) – prawdopodobieństwo, że dany element środowiska zostanie wybrany, jeżeli będzie dostępny na równym poziomie z konkurencyjnymi (JOHNSON, 1980; LIVATIS i WSP., 1994; ALLDREDGE i WSP., 1998; MANLY i WSP., 2004).

3.1. Wskaźniki selektywności

Początkowo w badaniach skupiano się jedynie na wykorzystaniu zasobów środowiskowych, które wyrażane było w procentach. Ze względu na ograniczenia metodyczne uznano jednak, że na tej podstawie nie jest możliwe obiektywne ocenienie preferencji zwierząt w stosunku do zasobów środowiskowych. W celu poprawnego opisu zależności zaczęto stosować wskaźniki selektywności, które wraz z czasem, stały się podstawą do stworzenia modeli liniowych interakcji zwierzę – środowisko (JACOBS, 1974; LECHOWICZ, 1982; MANLY i WSP., 2004).

Wykazują one wykorzystanie danego zasobu (r) w odniesieniu do jego dostępności w środowisku (p) – pozwala to na określenie, które z elementów są preferowane (wyższa wartość wskaźnika) lub unikane (niższa wartość wskaźnika), ewentualnie wykorzystywane w sposób przypadkowy (LECHOWICZ, 1982).

Pierwszy wskaźnik – proporcja analogiczna do procentowej, został zaproponowany niezależnie przez trzy zespoły badawcze – rosyjski, angielski i amerykański (IVLEV, 1961; COCK, 1978; MANLY i WSP., 2004). Za najstarszą i pierwszą z nich przyjmuje się publikację angielską, wydaną w 1931 roku przez SAVAGE’A. IVLEV (1961) uznał jednak wskaźnik wahający się od 0 do nieskończoności za „nieporęczny” i zaproponował alternatywny, mający skalę od -1 do 1 . Wskaźniki selektywności Ivleva i Savage’a są przyjmowane jako podstawowe wzory, a późniejsze propozycje równań (tab. 1) są ich rozwinięciami lub modyfikacjami. Dostosowywano je do ewoluujących metod statystycznych np. testów analiz frekwencji (PEARRE, 1982), pomiarowych np. wykorzystanie systemów GPS (np. FAIR i WSP., 2004) lub też specyficznych zagadnień badawczych np. wskaźnik CGI (ang. *Comparative Grazing Intensity*) (ROGALSKI, 1982).

Tabela 1. Przykładowe wskaźniki selektywności*
Table 1. Examples of selectivity indices*

Autor (rok) Author (year)	Nazwa Name	Wskaźnik Index
SAVAGE (1931)	Wskaźnik żerowania The forage ratio	$w_i = r_i / p_i$
IVLEV (1961)	Wskaźnik selektywności Ivleva Ivlev’s electivity index	$E_i = (r_i - p_i) / (r_i + p_i)$
STRAUSS (1979)	Liniowy wskaźnik Straussa Strauss’ linear index	$L_i = r_i - p_i$
JACOBS (1974)	Wskaźnik selektywności Jacobsa (I) Jacobs’ selection index (I)	$Q_i = [r_i(1 - p_i)] / [p_i(1 - r_i)]$
	Wskaźnik selektywności Jacobsa (II) Jacobs’ selection index (II)	$D_i = (r_i - p_i) / (r_i + p_i - 2r_i p_i)$
CHESSON (1978)	Wskaźnik selektywności Chessona Chesson’s selection index	$\alpha_i = \left(\frac{r_i}{p_i} \right) / \sum (r_i / p_i)$

r_i – skwantyfikowana wartość wykorzystania zasobu i ; p_i – skwantyfikowana ilość dostępnego zasobu i w środowisku.

r_i – quantified value of type i resource utilization; p_i – quantified value of type i resource available in environment.

3.2. Modele liniowe

Rozwinięciem obliczeń wskaźników dotyczących preferencji wykorzystania zasobów środowiskowych przez zwierzęta są modele liniowe, pozwalające, dzięki kompleksowemu podejściu, oszacować jakość siedliska w odniesieniu do poszczególnych gatunków, zasięg występowania lokalnych subpopulacji, presji zwierząt na poszczególne komponenty środowiska a także przewidzieć potencjalne konflikty pomiędzy gatunkami fauny i flory lub zwierzętami a człowiekiem. Przykładami takich modeli mogą być (pojęcia i definicje statystyczne przyjęto za ŁOMNICKIM (2005)):

- *Ideal Free Distribution* (IFD) – model stworzony do prognozowania odpowiedniego rozlokowania zwierząt żerujących w siedliskach o niejednorodnej strukturze. Model IFD zakłada, że wszystkie organizmy dążą do zmaksymalizowania efektywności pobierania pokarmu, pamiętają w jaki sposób zasoby są rozdystrybuowane w środowisku, mają równe zdolności konkurencyjne a wykorzystanie zasobów przez pojedyncze osobniki zawsze zmniejsza się wraz z natężeniem konkurencji między organizmami (KENNEDY i GRAY, 1993). Dzięki tym założeniom, model IFD może służyć np. jako narzędzie do przewidywania w jaki sposób modyfikacja części siedliska wpłynie na populacje poszczególnych gatunków zwierząt – ich żywotność, areal osobniczy i subpopulacyjny (RECER i WSP., 1987).
- *Utilization Distribution* (UD) – służy do oszacowania intensywności lub prawdopodobieństwa wykorzystania zasobów przez zwierzęta w ramach ich zasięgu osobniczego lub populacyjnego (MILLSPAUGH, 2006). Koncepcja UD przedstawiana jest jako relatywny szereg rozdzielczy dotyczący wielkości wykorzystania zasobów środowiskowych przez zwierzęta w przestrzeni i w czasie (tj. opisywany modelem maksymalnie czterowymiarowym) (VAN WINKLE, 1975; KEATING i CHERRY, 2009). Szereg ten następnie poddawany jest analizie jądrowej gęstości rozkładu zmiennej losowej (ang. *kernel density method*) (KEATING i CHERRY, 2009). Procedura ta ma na celu przewidzenie w jaki sposób organizmy (gatunki zwierząt, grupy socjalne w stadach) będą wykorzystywały wybraną przestrzeń. Zbiór danych do procedury UD prowadzony jest zazwyczaj za pomocą metod telemetrycznych lub GPS-owych, w celu zapewnienia stałych obserwacji (MILLSPAUGH, 2006). Analizy UD stanowią podstawę wielu innych metod badawczych.
- *Resources Selection Functions* (RSF) – jest to grupa funkcji, mających na celu oszacowanie prawdopodobieństwa (lub też wartości proporcjonalnej do prawdopodobieństwa), że dane element siedliska zostanie wykorzystany przez zwierzęta. Do stworzenia opisu wykorzystywane są wymienione wcześniej wskaźniki selektywności, modele UD dla osobników i całych po-

populacji, regresja liniowa, liniowa analiza dyskryminacyjna czy też modele logarytmiczno-liniowe itp. (ALLDREDGE i WSP., 1998, HOOTEN, 2013). Zasoby środowiskowe są w tego typu analizach pogrupowane, a wykorzystanie (lub też nie) zasobu przez zwierzęta jest określane oddzielnie dla każdej z grup (MANLY i WSP., 2004). Mnogość analiz statystycznych ma zapewnić dokładny opis wykorzystania siedliska przez zwierzęta i podkreślić różnice pomiędzy elementami preferowanymi i unikanyymi, a także zapewnić RSF elastyczność w zmiennych warunkach (np. wyczerpywanie się źródeł pokarmu) (ALLDREDGE i WSP., 1998).

- *Resources Utilization Functions* (RUF) – głównym celem RUF jest wyciągnięcie wniosków dotyczących relacji pomiędzy organizmem lub populacją a podstawową niszą ekologiczną (HOOTEN i WSP., 2013). Procedura RUF zakłada działanie dwuetapowe – w pierwszym ustalany jest model UD, następnie wyznacza się wszystkie zmienne, które wpływają na wykorzystanie zasobów przez zwierzęta w przestrzeni niszy ekologicznej (MARZLUFF i WSP., 2004). Sprowadza się to zazwyczaj do stworzenia modelu liniowego, w którym zmienną wyjaśnianą jest schemat UD, natomiast zmiennymi wyjaśniającymi są poszczególne zasoby środowiska. Procedury RUF oraz RSF, pomimo różnego podejścia do badań, pozwalają na wyciągnięcie podobnych wniosków co do obserwowanych zdarzeń (HOOTEN i WSP., 2013).
- *Habitat Suitability Index* (HSI) – stworzony przez U.S. FISH AND WILDLIFE SERVICE (1981) koncept, mający na celu zapewnić metodę oceny jakości środowiska pod kątem wymagań zwierząt. Dla wybranych gatunków fauny opracowano zestaw kluczowych zmiennych, które w sposób wymierny mają określić ich wymagania względem siedliska (HEPINSTALL i WSP., 1996). Na podstawie tego opracowania tworzy się algorytm zależności pomiędzy poszczególnymi zmiennymi i oblicza indeks przydatności siedliska (HSI), wahający się od 0 (środowisko nie spełnia wymagań gatunku) do 1 (środowisko idealne). HSI jest narzędziem służącym do określania w jaki sposób zmiany w środowisku wpłyną na poszczególne gatunki zwierząt, użytecznym np. w ochronie przyrody (pozwala na wnioskowanie koniecznych modyfikacji siedliska w celu zapewnienia odpowiednich warunków dla chronionych gatunków zwierząt) (KOITZSCH, 2002).

4. Zastosowanie metod badań nad interakcją zwierzęta – środowisko w łąkarstwie

Analiza literaturowa pozwala stwierdzić, że badania opisujące interakcje zwierzęta – środowisko, wpisujące się w obszar nauk łąkarskich, można pogru-

pować na 4 kategorie (tab. 2), w zależności od przedmiotu badań. Obejmować mogą one wykorzystanie przez zwierzęta biomasy łąkowej jako pokarmu; penetrację przestrzeni terenów otwartych, potraktowanych jako element areału osobniczego zwierząt; modyfikację siedliska przez zwierzęta, jak i dla zwierząt oraz wpływ interakcji na etologię gatunków korzystających z łąk.

Tabela 2. Przykłady publikacji dotyczących interakcji zwierzęta-środowisko w obszarze badań łąkarskich

Table 2. Examples of publications about animal-environmental interactions in grassland sciences

Przedmiot badań Subject of study	Przykłady Examples
Wpływ jakości, ilości, struktury dostępnego pokarmu na wykorzystanie terenów otwartych przez zwierzęta Influence of quality, quantity and structure of available forage on grassland utilization by animals	LANGVANT i HANLEY, 1993; DISTEL i WSP., 1995; COOPER i WSP., 1996; VILLALBA i PROVENZA, 1999; ROGALSKI i WSP., 2000; ALM i WSP., 2002; GIANNE i WSP., 2003; PRACHE i WSP., 2006; GANSKOPP i BOHNERT, 2006; HIRATA i WSP., 2006; KLOP i WSP., 2007; CHAMPMAN i WSP., 2008; KAGIMA, 2008; FLEURANCE i WSP., 2009; CHODKIEWICZ i STYPIŃSKI, 2010; EDUARD i WSP., 2010; TREYDTE i WSP., 2011; CONARD i GIPSON, 2012;
Wykorzystanie przestrzeni terenów zielonych przez zwierzęta Utilization of grassland surface/space by animals	EDWARDS i WSP., 1996; ADLER i HALL, 2005; HATFIELD i LeBUHN, 2007; GANSKOPP i BOHNERT, 2009; BELLU i WSP., 2012; BARTLAM-BROOKS i WSP., 2013; ZHANG i WSP., 2013; ZHAO i WSP., 2014; LAFORGE i WSP., 2015; WINDER i WSP., 2015;
Modyfikacje siedliska terenów zielonych przez i dla zwierząt Modifications of grassland habitats by/for animals	FUHLENDORF i ENGLE, 2001; BOKDAM, 2003; MEYER i WSP., 2003; SCHUTZ i WSP., 2003; BERNUES i WSP., 2005; HODGSON i WSP., 2005; MOISEY i WSP., 2005; JOUVEN i BAUMONT, 2008; TEAGUE i WSP., 2008; TRDAN i VIDRIH, 2008; NILSSON, 2009; ALLRED i WSP., 2011; TSCHOPE i WSP., 2011; BRZEZICKI i WSP., 2012; FORD i WSP., 2012; JARNEMO i WSP., 2014; RUIFROK i WSP., 2015; MERRIAM i WSP., 2016; MCCARTY i WSP., 2016;
Interakcje pomiędzy gatunkami zwierząt związanymi z terenami zielonymi Interactions between animal species on grassland habitats	ABEYSINGHE i GODDAR, 1998; MATTIELLO i WSP., 2003; BECK i PEEK, 2005; TORSTENSON i WSP., 2006; CELAYA i WSP., 2007; DIAZ FALU i WSP., 2014; PRUVOT i WSP., 2014; ZENYEGA i WSP., 2015; COOKE i WSP., 2016;

DISTEL i WSP. (1995), ROGALSKI i WSP. (2000), HIRATA i WSP. (2006), FLEURANCE i WSP. (2009), EDUARD i WSP. (2010) analizowali w swoich pracach wpływ ilości oraz struktury paszy na preferencje pokarmowe zwierząt pastwiskowych, podobne badania prowadzone były również dla fauny dziko żyjącej (np. KAGIMA, 2008). KLOP i WSP. (2007) opisali tego typu zależności za pomocą procedury RSF,

analizując wykorzystanie popożarowych płatów roślinności sawanny przez dużych roślinożerców. Badano również wpływ jakości pokarmu na jego wykorzystanie, uwzględniając zarówno wartość energetyczną (COOPER i WSP., 1996) jak i wartość pokarmową runi (VILLAALBA i PROVENZA, 1999). Podejmowano próby opisu, w jaki sposób zwierzęta wybierają pomiędzy ilością a jakością pożywienia (ALM i WSP., 2002; GIANNE i WSP., 2003; GANSKOPP i BOHNERT, 2006). Przedmiotem badań była także analiza preferencji w odniesieniu do poszczególnych komponentów, takich jak gatunki roślin (LANGVANT i HANLEY, 1993; PRACHE i WSP., 2006; CHAMPMAN i WSP., 2008) czy też grup roślin, wyróżnionych na podstawie różnych kryteriów np. CONARD i GIPSON (2012) analizowali wykorzystanie przez dziko żyjącą populację jelenia szlachetnego traw C₃ i C₄ a CHODKIEWICZ i STYPIŃSKI (2010) porównywali preferencje koników polskich w odniesieniu do różnych zespołów fitosocjologicznych.

Interakcje zwierząt z terenami otwartymi opisywane są również na wyższym poziomie ekologicznym – struktury przestrzennej środowiska. EDWARDS i WSP. (1996) analizowali czy owce są w stanie zapamiętać rozlokowanie najatrakcyjniejszych miejsc żerowania na pastwisku. Badane było również wykorzystanie przestrzeni na pastwiskach wielkoobszarowych, np. w zależności od odległości do wodopoju (ADLER i HALL, 2005; GANSKOPP i BOHNERT, 2009). Rozlokowanie zwierząt ma duże znaczenie w poznaniu etologii dzikich zwierząt, dlatego też częstokroć prowadzono analizy dotyczące np. trzmieli oblatujących łąki kwietne (HATFIELD i LEBUHN, 2007), intensywności bytowania na terenach otwartych dzikich gatunków kuraków (WINDER i WSP., 2015) czy też czynników, które (poza dostępnym pokarmem) wpływają na atrakcyjność łąk dla parzystokopytnych (TREYDTE i WSP., 2011; BELLU i WSP., 2012; BARTLAM-BROOKS i WSP., 2013; ZHANG i WSP., 2013; ZHAO i WSP., 2014; LAFORGE i WSP., 2015).

Roślinożercy, czyli główne gatunki, wykorzystujące tereny otwarte w sposób istotny dla badań łąkarskich, są często gatunkami zwornikowymi, wywierającymi duży wpływ na stan zasiedlanego ekosystemu. Z tego też powodu, modyfikacje środowiska prowadzone przez zwierzęta są istotnym przedmiotem badań. Analizy dotyczące wpływu zwierząt na strukturę roślinności mogą odnosić się do różnych aspektów produktywności łąk (TEAGUE i WSP., 2008; TRDAN i VIDRIH, 2008; RUIFROK i WSP., 2015; MCCARTY i WSP., 2016), wpływu obecności terenów otwartych na szkody powodowane w innych ekosystemach (MEYER i WSP., 2003; JARNEMO i WSP., 2014), czy też możliwości wykorzystania wypasu jako narzędzia w ochronie zagrożonych gatunków roślin (MOISEY i WSP., 2005) i siedlisk (BOKDAM, 2003; BERNUES i WSP., 2005; TSCHOPE i WSP., 2011). MERRIAM i WSP. (2016) wykorzystali analizy utylizacji zasobów przez zwierzęta w celu opisanego, które czynniki wpływają na efektywność ekstensywnego wypasu bydła jako elementu czynnej ochrony siedlisk

i gatunków roślin. Zwierzęta są uznawane za jeden z najważniejszych czynników wpływających na odpowiedni poziom bioróżnorodności terenów otwartych – jako obiekty w tego typu modelach wykorzystuje się zarówno zwierzęta hodowlane (HODGSON i WSP., 2005; JOUVEN i BAUMONT, 2008; NILSSON, 2009) jak i dzikie np. FORD i WSP. (2012) zbadali różnorodność florystyczną terenów nadbrzeżnych w warunkach braku użytkowania, ekstensywnego wypasu bydła oraz udostępniania łąki jedynie dzikim zajęczakom. Podejmowane są również próby stworzenia hipotetycznego modelu zrównoważonego systemu gospodarowania terenami ruderalnymi, dostosowanego do potrzeb zwierząt zarówno hodowlanych, jak i dzikich, pozwalającego równocześnie na zachowanie różnorodności biologicznej danego siedliska (FUHLENDORF i ENGLE, 2001).

Badania dotyczące modyfikacji środowiska prowadzone są również w drugą stronę np. przy wykorzystaniu metody HSI modyfikuje się strukturę krajobrazu w taki sposób, by ilość terenów otwartych była odpowiednia dla gatunków zagrożonych (BRZEZICKI i WSP., 2012). Analizowany jest również wpływ gospodarki rolnej na etologię dzikich zwierząt roślinożernych (SCHUTZ i WSP., 2003; ALLRED i WSP., 2011).

Na wykorzystanie terenów otwartych przez zwierzęta wpływają nie tylko czynniki siedliskowe, ale również oddziaływania z innymi gatunkami zwierząt. Częstym obiektem badań są pastwiska wielogatunkowe, na których prowadzi się analizę wpływu zależności konkurencyjnych na wykorzystanie zasobów pokarmowych i przestrzennych (ABEYSINGHE i GODDAR, 1998; CELAYA i WSP., 2007; DIAZ FALU i WSP., 2014). W analogiczny sposób prowadzi się badania dotyczące gatunków dzikich zwierząt o podobnej ekologii, konkurujących o zasoby środowiskowe (ZENYEGA i WSP., 2015; COOKE i WSP., 2016). Kolejną interakcją, braną pod uwagę w tego typu badaniach jest oddziaływanie pomiędzy zwierzętami pastwiskowymi a dzikimi przeżuwaczami na pastwiskach nieogrodzonych (MATTIELLO i WSP., 2003; BECK i PEEK, 2005; TORSTENSON i WSP., 2006; PRUVOT i WSP., 2014).

5. Podsumowanie

Na podstawie przeglądu literatury stwierdzono, że metody badań dotyczące wykorzystania zasobów środowiskowych przez zwierzęta znajdują szerokie zastosowanie w łąkarstwie. Ze względu na mnogość podmiotów i przedmiotów badawczych mogą być zaadaptowane do prac zarówno dotyczących gospodarki ludzkiej na terenach otwartych, jak i również w studiach z zakresu ochrony przyrody, umożliwiając dokładny opis procesów zachodzących na łąkach z perspektywy ekonomicznej, ekologicznej oraz społecznej.

Metody badawcze, wraz z czasem, ewoluowały, dostosowując się do rozwoju technologii i analiz statystycznych. Rozwój nastąpił również w stronę kompleksowości opisu, pozwalającego na wyciąganie jednoznacznych wniosków – największe metodyki obejmują zbiory funkcji opisujących wiele różnych zmiennych środowiskowych. Ponadto, modelowanie na podstawie takich analiz może być wykorzystywane do prognozowania, w jaki sposób zmiany w strukturach krajobrazu oraz w populacjach zwierząt i roślin, wpłyną na równowagę w ekosystemach trawiastych.

Literatura

- ABEYESINGHE S.M., GODDAR P.J., 1998. The preferences and behaviour of farmed red deer (*Cervus elaphus*) in the presence of other farmed species. *Applied Animal Behaviour Science*, 56, 59–69.
- ADLER P.B., HALL S.A., 2005. The development of forage production and utilization gradients around livestock watering points. *Landscape Ecology*, 20, 319–333.
- ALLDERGE J.R., THOMAS D.L., McDONALD L.L., 1998. Survey and comparison of methods for study of resource selection. *Journal of Agricultural Biological and Environmental Statistics*, 3, 237–253.
- ALLRED B.W., FUHLENDORF S.D., ENGLE D.M., ELMORE R.D., 2011. Ungulate preference for burned patches reveals strength of fire–grazing interaction. *Ecology and Evolution*, 1(2), 132–144.
- ALM. U., BRIGERSSON B., LEIMAR O., 2002. The effect of food quality and relative abundance on food choice in fallow deer. *Animal Behaviour*, 64, 419–445.
- BARTLAM-BROOKS H.L.A., BOYONGO M.C., HARRIS., 2013. How landscape scale changes affect ecological processes in conservation areas: external factors influence land use by zebra (*Equus burchelli*) in the Okavango Delta? *Ecology and Evolution*, 3(9), 2795–2805.
- BECK J.L., PEEK J.M., 2005. Diet composition, forage selection, and potential for forage competition among elk, deer, and livestock on aspen–sagebrush summer range. *Rangeland Ecology and Management*, 58, 135–147.
- BELLU A., BUGAHLIO M.N., MONTEIRO-HENRIQUES T., COSTA J.C., REGO F.C., 2012. Habitat use at fine spatial scale: how does patch clustering criteria explain the use of meadows by red deer? *European Journal of Wildlife Research*, 58, 645–654.
- BERNUES A., RIEDEL J.L., ASENSIO M.A., BLANCO M., SANZA., REVILLA R., CASASUS I., 2005. An integrated approach to studying the role of grazing livestock systems in the conservation of rangelands in a protected natural park (Sierra de Guara, Spain). *Livestock Production Science*, 96, 75–85.
- BOKDAM J., 2003. Nature conservation and grazing management. Free-ranging cattle as a driving force for cyclic vegetation succession. PhD thesis. Wageningen University, Wageningen, the Netherlands. 224 ss.
- BRZEZICKI B., DROZDOWSKI S., ZAWADZKA D., 2012. Quantification of ecological preferences of the Capercaillie *Tetrao Urogallus* by means of The Habitat Suitability Index: a case study in the Augustów Forest (NE Poland). *Polish Journal of Ecology*, 60 (4), 805–814.

- CELAYA R., OLIVAN M., FERREIRA L.M.M., MARTINEZA., GARCIA U., OSORO K., 2007. Comparison of grazing behaviour, dietary overlap and performance in non-lactating domestic ruminants grazing on marginal heathland areas. *Livestock Science*, 106, 271–281.
- CHESSON J., 1978. Measuring preference in selective predation. *Ecology*, 59, 211–215.
- CHODKIEWICZ A., STYPIŃSKI P., 2010. The grazing selectivity of Konik horses on grasslands located in Biebrza National Park. *Grassland Science in Europe*, 15, 1024–1027.
- COCK M.J.W., 1978. The assessment of preference. *Journal of Animal Ecology*, 47, 805–816.
- CONARD J.M., GIPSON P.S., 2012. Foraging ecology of elk (*Cervus elaphus*) in a tallgrass prairie. *The Southwestern Naturalist*, 57(1), 92–96
- COOKE R.S.C., WOODFINE T., PETRETTO M., EZARD T.H.G., 2016. Resource partitioning between ungulate populations in arid environments. *Ecology and Evolution*, 6(17), 1–12.
- COOPER S.D.B., KYRIAZAKIS I., OLDHAM J.D., 1996. The effects of physical form of feed, carbohydrate source, and inclusion of sodium bicarbonate on the diet selections of sheep. *Journal of Animal Science*, 74 (6), 1240–1251.
- DIAZ FALU E.M.D., BRIZUELA M.A., CID M.S., CIBLIS A.F., CENDOYA M.G., BENDERSKY D., 2014. Daily feeding site selection of cattle and sheep co-grazing a heterogeneous subtropical grassland. *Livestock Science*, 161, 147–157.
- DISTEL R.A., LACA E.A., GRIGGS T.C., DEMMENT M.W., 1995. Patch selection by cattle: maximization of intake rate in horizontally heterogeneous pastures. *Applied Animal Behaviour Science*, 45, 11–21.
- EDOUARD N., DUNCAN P., DUMONT B., BAUMONT R., FLEURANCE G., 2010. Foraging in a heterogeneous environment – An experimental study of the trade-off between intake rate and diet quality. *Applied Animal Behaviour Science*, 126, 27–36.
- EDWARDS G.R., NEWMAN J.A., PARSONS A.J., KREBS J.R., 1996. The use of spatial memory by grazing animals to locate food patches in spatially heterogeneous environments: an example with sheep. *Applied Animal Behaviour Science*, 50, 147–160.
- FAIR J.L., NIELSEN S.E., MERRILL E.H., LELE S.R., BOYCE M.S., MUNRO R.H.M., STENHOUSE G.B., BEYER H.L., 2004. Removing GPS collar bias in habitat selection studies. *Journal of Applied Ecology*, 41, 201–212.
- FLEURANCE G., FRITZ H., DUNCAN P., GORDON I.J., EDOUARD N., VIAL C., 2009. Instantaneous intake rate in horses of different body sizes: Influence of sward biomass and fibrousness. *Applied Animal Behaviour Science*, 117, 84–92.
- FORD H., GARBUTT A., JONES D.L., JONES L., 2012. Impacts of grazing abandonment on ecosystem service provision: Coastal grassland as a model system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 162, 18–115.
- FUHLENDORF S.D., ENGLE D.M., 2001. Restoring heterogeneity on rangelands: ecosystem management based on evolutionary grazing patterns. *BioScience*, 51 (8), 625–632.
- GANSKOPP D., BOHNERT D., 2006. Do pasture-scale nutritional patterns affect cattle distribution on rangelands? *Rangeland Ecology and Management*, 59, 189–196.
- GANSKOPP D.C., BOHNERT D.W., 2009. Landscape nutritional patterns and cattle distribution in rangeland pastures. *Applied Animal Behaviour Science*, 116, 110–119.
- GAVIN T.A., 1991. Why ask “why”: the importance of evolutionary biology in wildlife science. *Journal of Wildlife Management*, 55, 760–766.
- GINANE C., PETIT M., D’HOUR P., 2003. How do grazing heifers choose between maturing reproductive and tall or short vegetative swards? *Applied Animal Behaviour Science*, 83, 15–27.

- GREENHALGH J.F.D., 1982. An introduction to herbage intake measurements. W: Herbage Intake Handbook (red. J.D. Leaver), The British Grassland Society, Hurkley, Maidenhead, Berkshire, 1–10.
- GUISAN A., THULLER W., 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8, 993–1009.
- HATFIELD R.G., LEBUHN G., 2007. Patch and landscape factors shape community assemblage of bumble bees, *Bombus* spp. (*Hymenoptera: Apidae*), in montane meadows. *Biological Conservation*, 139, 150–158.
- HEPINSTALL J.A., QUEEN L.P., JORDAN P.A., 1996. Application of a modified Habitat Suitability Index model for moose. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 62, 1281–1286.
- HIRATA M., KANEMARU E., TOBISA M., 2006. Patch choice by cattle grazing tropical grass swards: A preliminary study. *Applied Animal Behaviour Science*, 97, 134–144.
- HIRZEL A.H., LE LAY G., HELFER V., RANDIN CH., GUIBAN A., 2006. Evaluating the ability of habitat suitability models to predict species presences. *Ecological Modelling*, 199, 142–152.
- HODGSON J.G., MONTSERRAT-MARTI G., TALLOWIN J., THOMPSON K., DIAZ S., CABIDO M., GRIME J.P., WILSON P.J., BAND S.R., BOGARD A., CABIDO R., CACERES D., CASTRO-DIEZ P., FERRER C., MAESTRO – MARTINEZ M., PEREZ – RONTOME M.C., CHARLES M., CORNELISSEN J.H.C., DABBERT S., PEREZ-HARGUINDEGUY N., KRIMLY T., SIJTSMA F.J., STRIJKER D., VENDRAMINI F., GUERRERO-CAMPO J., HYND A., JONES G., ROMO-DIEZ A., DE TORRES ESPUNY L., VILLAR – SALVADOR P., ZAK M.R., 2005. How much will it cost to save grassland diversity? *Biological Conservation*, 122, 263–273.
- HOOTEN M.B., HANKS E.M., JOHNSON D.S., ALLDREDGE M.W., 2013. Reconciling resource utilization and resource selection functions. *Journal of Animal Ecology*, 82, 1146–1154
- HOUSTON A.I., MCNAMARA J.M., MILINSKI M., 1995. The distribution of animals between resources: a compromise between equal numbers and equal intake rates. *Animal Behaviour*, 49, 248–251.
- IVLEV V.S., 1961. *Experimental ecology of the feeding of fishes*. Yale University Press, New Haven, ss. 302.
- JACOBS J., 1974. Quantitative measurement of food selection: A modification of the forage ratio and Ivlev's Electivity Index. *Oecologia*, 14, 413–417.
- JARNEMO A., MINDERMAN J., BUNNEFELD N., ZIDAR J., MANSSON J., 2014. Managing landscapes for multiple objectives: alternative forage can reduce the conflict between deer and forestry. *Ecosphere*, 5(8), 97.
- JOHNSON D., 1980. The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. *Ecology*, 61, 65–71.
- KAGIMA B.W., 2008. Habitat selection and diet of native ungulates in an ongoing tallgrass prairie reconstruction effort. Graduate Theses and Dissertations. Paper 11772. Iowa State University, Iowa, ss.69.
- KEATING K.A., CHERRY S., 2009. Modeling utilization distributions in space and time. *Ecology*, 90(7), 1971–1980.
- KENNEDY M., GRAY R.D., 1993. Can ecological theory predict the distribution of foraging animals? A critical analysis of experiments on the ideal free distribution. *Oikos*, 68, 158–166.

- KLOP E., VAN GOETHEM H., DE IONGH H.H., 2007. Resource selection by grazing herbivores on post-fire regrowth in a West African woodland savanna. *Wildlife Research*, 34, 77–83.
- KOITZSCH K.B., 2002. Application of a moose habitat suitability index model to Vermont wildlife management units. *Alces*, 38, 89–107.
- LAFORGE M.P., VANDER WAL E., BROOK R.K., BAYNE E.M., MCLOUGHLIN P.D., 2015. Process-focussed, multi-grain resource selection functions. *Ecological Modelling*, 305, 10–21.
- LANGVATN R., HANLEY T.A., 1993. Feeding-patch choice by red deer in relation to foraging efficiency. *Oecologia*, 95, 164–170.
- LECHOWICZ M.J., 1982. The sampling characteristics of electivity indices. *Oecologia*, 52, 1982.
- LITVAITIS J.A., TITUS K., ANDERSON E.M., 1994. Measuring vertebrate use of terrestrial habitats and foods. W: *Research and management techniques for wildlife and habitats* (red. T. Bookhout), The Wildlife Society, Bethesda, Maryland, 254–274.
- LOMNICKI A., 2005. *Wprowadzenie do statystyki dla przyrodników*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, ss.261.
- MANLY B.F.J., McDONALD L.L., THOMAS D.L., McDONALD T.L., ERICKSON W.P., 2004. *Resource selection by animals, statistical design and analysis for field studies*, second edition. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, ss. 221.
- MARZLUFF J.M., MILLSPAUGH J.J., HURVITZ P., HANDCOCK M.S., 2004. Relating resources to a probabilistic measure of space use: forest fragments and stellar's jays. *Ecology*, 85, 1411–1427.
- MATTIELLO S., REDAELLI W., CRIMELLA M., CERENZI C., 2003. Dairy cattle husbandry and red deer utilization of a summer range in the Central Italian Alps. *Mountain Research and Development*, 23(2), 161–168.
- MAYER A.C., STÖCKLI V., HUOVINEN C., KONOLD W., ESTERMANN B.L., KREUZER M., 2003. Herbage selection by cattle on sub-alpine wood pastures. *Forest Ecology and Management*, 181, 39–50.
- MCCHARTHY B., DELABY L., PIERCE K.M., MCCHARTY J., FLEMING C., BRENNAN A., HORAN B., 2016. The multi-year cumulative effects of alternative stocking rate and grazing management practices on pasture productivity and utilization efficiency. *Journal of Dairy Science*, 99, 3784–3797.
- MCCLEAN S.A., RUMBLE M.A., KING R.M., BAKER W.L., 1998. Evaluation of resource selection methods with different definitions of availability. *Journal of Wildlife Management*, 62 (2), 793–801.
- MEIER J.S., KREUZER M., MARQUAT S., 2012. Design and methodology of choice feeding experiments with ruminant livestock. *Applied Animal Behaviour Science*, 140, 105–120.
- MERRIAM K.E., GOSEJOHAN M.C., WEISBERG P.J., BOVEE K.M., 2016. Livestock use has mixed effects on slender orcutt grass in Northeastern California Vernal Pools. *Rangeland Ecology & Management*, 69, 185–194.
- MILLSPAUGH J.J., NIELSON R.M., McDONALD L., MARZLUFF J.M., GITZEN R.A., RITTENHOUSE C.D., HUBBARD M.W., SHERIFF S.L., 2006. Analysis of resource selection using utilization distributions. *Journal of Wildlife Management*, 70, 384–395.
- MOISEY D.M., BORK E.W., WILLMS W.D., 2005. Non-destructive assessment of cattle forage selection: A test of skim grazing in fescue grassland. *Applied Animal Behaviour Science*, 94, 205–222.

- NILLSON F.O.L., 2009. Biodiversity on Swedish pastures: Estimating biodiversity production costs. *Journal of Environmental Management*, 90, 131–143.
- NOWIŃSKI M., 1978. Użytki trawiaste świata pod względem przyrodniczym i gospodarczym. W: *Łąkarstwo i gospodarka łąkowa* (red. M. Falkowski), Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 19–48.
- PEARRE S., 1982. Estimating prey preference by predators: uses of various indices, and a proposal of another based on x^2 . *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 39, 914–923.
- PRACHE S., BECHET G., DAMASCENO J.C., 2006. Diet choice in grazing sheep: A new approach to investigate the relationships between preferences and intake-rate on a daily time scale. *Applied Animal Behaviour Science*, 99, 253–270.
- PRUVOT M., SEIDEL D., BOYCE M.S., MUSIANI M., MASSOLO A., KUTZ S., ORSEL K., 2014. What attracts elk onto cattle pasture? Implications for interspecies disease transmission. *Preventive Veterinary Medicine*, 117, 326–339.
- RECER G. M., BLANCKENHORN W. U., NEWMAN J. A., TUTTLE E. M., WITHIAM M. L., CARACO T., 1987. Temporal resource variability and the habitat-matching rule. *Evolutionary Ecology*, 1, 363–378.
- ROGALSKI M., 1982. Testing the palatability of pasture sward for horses on the basis of comparative grazing intensity unit. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu*, 138, 85–92.
- ROGALSKI M., KARYDŃSKA S., WIECZOREK A., KRYSZAK J., BINIAŚ K., 2000. Przestrzenne zróżnicowanie składu botanicznego i wysokości spasanía runi a strategia spożywania zielonki pastwiskowej przez bydło. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie*, 398, 257–262.
- RUIFROK J.L., JANZEN T., KUIJPER D.P.J., RIETKERK M., OLFF H., SMIT CH., 2015. Cyclical succession in grazed ecosystems: The importance of interactions between different-sized herbivores and different-sized predators. *Theoretical Population Biology*, 101, 31–39.
- RUTTER S.M., 2006. Diet preference for grass and legumes in free-ranging domestic sheep and cattle: Current theory and future application. *Applied Animal Behaviour Science*, 97, 17–35.
- SAVAGE R.E., 1931. The relation between the feeding of the herring off the east coast of England and the plankton of the surrounding waters. *Fishery Investigation, Ministry of Agriculture, Food and Fisheries, Series 2*, 12, 1–88.
- SCHÜTZ M., RISCH A.C., LEUZINGER E., KRÜSI B.O., ACHERMANN G., 2003. Impact of herbivory by red deer (*Cervus elaphus* L.) on patterns and processes in subalpine grasslands in the Swiss National Park. *Forest Ecology and Management*, 181, 177–188.
- STRAUSS R.E., 1979. Reliability estimates for Ivlev's electivity index, the forage ratio, and a proposed linear index of food selection. *Transactions of the American Fisheries Society*, 108, 344–352.
- SWĘDRZYŃSKI A., 2014. Geneza zbiorowisk łąkowych Europy Środkowej w świetle zróżnicowanych teorii i koncepcji naukowych. *Łąkarstwo w Polsce*, 17, 117–126.
- TEAGUE W.R., GRANT W.E., KREUTER U.P., DIAZ-SOLIS H., DUBE S., KOTHMANN M.M., PINCHAK W.E., ANSLEY R.J., 2008. An ecological economic simulation model for assessing fire and grazing management effects on mesquite rangelands in Texas. *Ecological Economics*, 64, 611–624.
- TORSTENSON W.L.F., MOSLEY J.C., BREWER T.K., TESS M.W., KNIGHT J.E., 2006. Elk, mule deer, and cattle foraging relationships on foothill and mountain rangeland. *Rangeland Ecology and Management*, 59, 80–87.

- TRDAN S., VIDRIH M., 2008. Quantifying the damage of red deer (*Cervus elaphus*) grazing on grassland production in southeastern Slovenia. *European Journal of Wildlife Research*, 54, 138–141.
- TREYDTE A.C., VAN DER BEEK J.G.M., PERDOK A.A., VAN WIEREN S.E., 2011. Grazing ungulates select for grasses growing beneath trees in African savannas. *Mammalian Biology*, 76, 345–350.
- TSCHÖPE O., WALLSCHLÄGER D., BURKART M., TIELBÖRGER K., 2011. Managing open habitats by wild ungulate browsing and grazing: A case-study in North-Eastern Germany. *Applied Vegetation Science*, 14, 200–209.
- U.S. FISH AND WILDLIFE SERVICE, 1981. Standards for the development of Habitat Suitability Index models. 103 ESM. USDI Fish and Wildlife Service, Division of Ecological Services, Waszyngton.
- VAN WINKLE W., 1975. Comparison of several probabilistic home-range models. *Journal of Wildlife Management*, 39, 118–123.
- VOISIN A., 1964. Produktywność pastwisk. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, ss. 367.
- VILLALBA J.J., PROVENZA F.D., 1999. Effects of food structure and nutritional quality and animal nutritional state on intake behaviour and food preferences of sheep. *Applied Animal Behaviour Science*, 63, 145–163.
- WINDER V., CARRLSON K., GREGORY A., HAGEN CH., HAUKOS D., KESLER D., LARSSON L., MATHEWS T., MCNEW L., PATTEN M., PITMANN J., POWELL L., SMITH J., THOMPSON T., WOLFE D., SANDERCOCK B., 2015. Factors affecting female space use in ten populations of prairie chickens. *Ecosphere*, 6(9), 166.
- ZENGEYA F.M., MURWIRA A., CARON A., CORNÉLIS D., GANDIWA P., DE GARINE-WICHATITSKY M., 2015. Spatial overlap between sympatric wild and domestic herbivores links to resource gradients. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 2, 56–65.
- ZHANG M., LIU Z., TENG L., 2013. Seasonal habitat selection of the red deer (*Cervus elaphus alxaicus*) in the Helan Mountains, China. *Zoologia*, 30(1), 24–34.
- ZHAO CH., LI Y., LI D., GUAN J., XIONG Y., HU J., 2014. Habitat suitability assessment of Sichuan sika deer in Tiebu Nature Reserve during periods of green and dry grass. *Acta Ecologica Sinica*, 34, 135–140.

The research methods in environmental resources use by animals and their application in grassland sciences

J. DASZKIEWICZ

Department of Grassland and Natural Landscape Sciences, Poznan University of Life Sciences

Summary

Review of number of publications, allows to state, that analyses of environmental resources utilization by animals can be widely applied in grassland sciences.

Studies about animal-grassland habitat interactions include number of subjects, such as influence of quality, quantity and structure of available forage on grassland utilization by animals; modifications of grassland habitats by and for animals; interactions between animal species on grassland habitats and utilization of grassland surface by animals. This analyses could be adapted both in studies about grassland management and environmental protection.

In the course of time, research methods have evolved to adapt to new technologies and statistical approaches. Analyses of environmental resources utilization by animals could take a form of selectivity indices or, derived from them, linear models. Development of resource utilization analyses toward also to complexity of description, what allow to draw an unambiguous conclusions – the biggest methodologies include groups of functions, describing many environmental factors. Moreover, creating models on the basis of this analyses could be used to predict how changes in landscape structure and animals and plants populations will affect at the equilibrium in grassland ecosystems.

Adres do korespondencji – Address for correspondence:

mgr inż. Jędrzej Daszkiewicz

Katedra Łąkarstwa i Krajobrazu Przyrodniczego

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

ul. Dojazd 11

60-632 Poznań

tel. 61 848 74 17

e-mail: jdasz@up.poznan.pl