

Owady zapylające (Hymenoptera: Apoidea, Apiformes) Równiny Sępolskiej. Cz. II. Struktura zgrupowań.

Pollinating insects (Hymenoptera: Apoidea, Apiformes)
of Sępolska Flatland. Part II. Community structure.

Piotr SZEFER, Józef BANASZAK

Katedra Ekologii, Instytut Biologii Środowiska Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego,
Al Ossolińskich 12, 85-093 Bydgoszcz

ABSTRACT: Seven habitats of agroecological landscape of Sępolska Flatland were investigated to classify the structure of wild bee communities. They were compared in order to obtain most distinctive and valuable habitat for wild bees. Significant differences were also linked with species occurrence and abundance, displaying preferable habitats for specific species in analysed landscape.

KEY WORDS: Hymenoptera, Apoidea, Apiformes, ecology, community structure, NE Poland.

Wstęp

Pszczoly pełnią w krajobrazie istotną rolę jako zapylacze. Na obszarach użytkowanych rolniczo mozaikowość krajobrazu stwarza dogodne warunki do bytowania wielu gatunkom tych owadów. Płaty i sieci półnaturalnych środowisk w macierzy, którą stanowią pola uprawne, zwiększają różnorodności i liczebności dzikich pszczół w krajobrazie rolniczym (BANASZAK 1983, 1992). Funkcjonowanie zapylaczy w agroekosystemach i zachowanie ich roli zależy w dużej mierze od ich jakości (JAUKER i in. 2009). Stąd też istotne wydaje się rozpoznanie wartości poszczególnych jego składników (stanowiących środowiska refugialne) związanej z ekologicznymi wymaganiami zapylaczy w odniesieniu do środowiska oraz sposobu w jaki kształtują one strukturę zgrupowania (STEFFAN-DEWENTER i TSCHARNTKE 1999). Środowiska wyróżniające się w krajobrazie bogactwem gatunkowym, bądź strukturą zgrupowań zbliżoną do obserwowanej w warunkach

naturalnych, stanowiąc mogą swoiste źródła podtrzymujące występowanie populacji i całych zgrupowań w innych jego elementach. Struktura zgrupowania jest bowiem wrażliwa na warunki występujące w danym środowisku i szybciej reaguje na ich zmiany niż rośliny (TAKI i KEVAN 2007). Dodatkowo wykazanie w danym środowisku gatunków charakterystycznych świadczy o jego wyjątkowej heterogeniczności i roli w budowaniu ogólnego zróżnicowania krajobrazu.

W niniejszej pracy, będącej rozszerzeniem zagadnień różnorodności poruszonych w jej pierwszej części (BANASZAK i SZEFER, 2013), zidentyfikowano wyróżniające się pod względem struktury zgrupowań środowiska w jednym z krajobrazów rolniczych Warmii i Mazur.

Obszar badań

Stanowiska badawcze zlokalizowano w krajobrazie rolniczym centralnej części Równiny Sępopolskiej (północno-wschodnia Polska) w okolicach wiosek Wetyn, Proсна, Sątoczno, Stawnica i Łękajny. Na charakter użytkowania i ukształtowanie badanego terenu mają głównie doliny dwóch niewielkich rzek: Sajny i Gubra, z których druga jest dopływem Łyny. Szczegółowa charakterystykę terenu oraz opis stanowisk badawczych znaleźć można w pierwszej części niniejszej pracy (BANASZAK i SZEFER, 2013). Trzy stanowiska reprezentowały zbiorowiska leśne: grąd *Tilio – Carpinetum* (1), bór świeży (2) z dominującą borówką w runie oraz kilkuletni zrąb lasu łęgowego (3). Pozostałe stanowiska badawcze usytuowano w zróżnicowanych środowiskach terenów otwartych: dolinie rzeki (4), gdzie również występowały stanowiska roślin termofilnych; niezagospodarowanej łąki świeżej (5) – ugoru, gdzie we florze duży udział miały ekspansywne antropofity, takie jak *Solidago serotina*; świeża łąka w sąsiedztwie lasu łęgowego (6) z sukcesyjnie wkraczającą brzozą; ogród przydomowy (7) jako siedlisko silnie zróżnicowane z ziołoroślami, sadem i miejscami ruderalnymi; łąka kośna zalewana (8) *Ranunculo repentis – Alopecuretum pratensis* ze względu na niewielką liczbę prób wywołaną niszczeniem stanowisk badawczych nie zostały włączone do analiz.

Metody badań

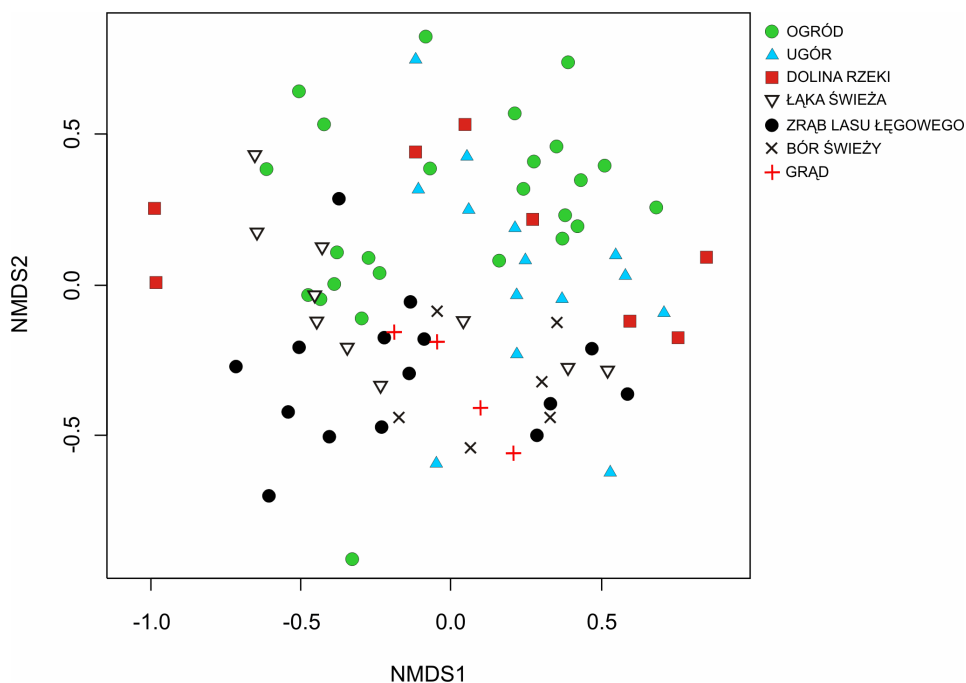
Materiał entomologiczny na ośmiu analizowanych stanowiskach badawczych pozyskiwano stosując metodę białych pułapek MOERICKIEGO, ustawionych w liczbie trzech na każdym stanowisku w miarę możliwości przez cały sezon wegetacyjny. Wyjątek stanowiło stanowisko łąki kośnej zalewanej, gdzie intensywne użytkowanie uniemożliwiało zebranie dostatecznej do analiz liczby prób. Pojedynczą próbę stanowił materiał z puła-

pek wybierany średnio co 10 dni i sumowany dla wszystkich trzech pułpek na stanowisku badawczym. Pozyskane w ten sposób owady były preparowane, a następnie oznaczane do gatunku. Materiał zdeponowano w kolekcji entomologicznej Katedry Ekologii Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy

Aby określić różnicowanie struktury zgrupowań dzikich pszczół badanych środowisk posłużono się ordynacyjną metodą NMDS (skalowanie wielowymiarowe). Do oceny stopnia podobieństwa poszczególnych prób wykorzystano odległości BRAYA-CURTISA ze względu na jego bliskie powiązanie ze zmianami kompozycji zgrupowań (FAITH i in. 1987). Ordynacji poddano próby, w których zaobserwowano przynajmniej 3 osobniki. Istotność statystyczną różnic pomiędzy zgrupowaniami (grupami prób) określono za pomocą metody permutacyjnej (MRPP). Metoda ta testuje hipotezę o braku różnic w kompozycji gatunków na porównywanych stanowiskach (ZIMMERMAN i in. 1985, BONNER i in. 2009). Wykorzystuje ona macierz odległości BRAYA-CURTISA, aby porównać średnie niepodobieństwo wewnątrz grup do niepodobieństwa pomiędzy grupami. Po odrzuceniu hipotezy zerowej przeprowadzono porównania metodą MRPP dla poszczególnych par środowisk w celu określenia istotności różnic pomiędzy nimi. W powyższej analizie wykorzystano wszystkie zebrane próby. Aby zidentyfikować jakie gatunki w zgrupowaniu odpowiedzialne są za brak jednorodności pomiędzy grupami prób, dla każdej istotnie różnej pary wyliczono wartości indykatorowe występujących w nich gatunków (*IndVal*) (DUFRÊNE i LEGENDRE 1997). Metoda *IndVal* wylicza oprócz statystycznej istotności również statystykę A. Jest to miara wewnątrzgrupowej jednorodności porównanej do możliwej do otrzymania losowo. Jej wartość waha się w granicach od 0 (losowe) do 1 (identyczne elementy w grupie). Metoda *IndVal* pozwala również ocenić siłę powiązania określonego gatunku z danym środowiskiem. Dlatego wyliczono również wartości indykatorowe dla całego zebranego materiału. Za gatunki silnie związane z danym środowiskiem uznaje się takie, których wartość *IndVal* była większa niż 0.25. Istotność wartości indykatorowych potwierdzano testem permutacyjnym stosując 10000 powtórzeń. Powyższe analizy przeprowadzono w pakiecie statystycznym R (R Development Core Team 2008) z wykorzystaniem bibliotek *vegan* (OKSANEN i in. 2011) oraz *labdsv* (ROBERTS 2010).

Wyniki

Łącznie metodą pułapek barwnych zebrano 1778 osobników Apoidea należących do 130 gatunków, co stanowi 27.8% fauny Polski (BANASZAK 2000). Najliczniej reprezentowanym gatunkiem była pszczoła miodna *Apis mellifera*, której łączny udział w materiale entomologicznym wyniósł 12.76%. Obiektem przeprowadzonych badań były zgrupowania dzikich pszczół w związku z czym *A. mellifera* jako składnik antropogeniczny nie został uwzględniony w analizach.



Ryc. Diagram skalowania wielowymiarowego (NMDS) reprezentujący podobieństwo zgrupowań dla poszczególnych stanowisk. Próby dla wszystkich lat badań zostały skumulowane, aby uwidocznić kumulatywną strukturę zgrupowań. Do analiz wykorzystano próby, których liczebność była wyższa niż 2 osobniki.

Fig. NMDS diagram showing similarities of community structure of each sample from different sites. Each point on the diagram represents one sample. Samples where number of individuals was larger than 2 were analysed.

Na wykresie ordynacji (ryc.) można zaobserwować tendencję do grupowania się prób pochodzących z ogrodu, suchej łąki i skarpy. Większe podobieństwo wykazują również stanowiska boru, grądu i zrębu lasu łąkowego. Próby pobierane na łące żyźnej, ze względu na bliskie sąsiedztwo

z lasem łęgowym wykazują większe podobieństwo do pozostałych prób pobieranych ze stanowisk leśnych.

Ogólny test MRPP wykazał istotne ($P < 0.001$) różnice w strukturze gatunkowej analizowanych stanowisk. Wyniki przeprowadzonych sparowanych porównań zaprezentowane zostały w tabeli 1. Stanowiska leśne grądu nie różniły się istotnie strukturą zgrupowania od stanowisk boru świeżego, zrębu lasu łęgowego oraz doliny rzeki i łąki świeżej, znajdującej się w bezpośrednim sąsiedztwie lasu łęgowego. Próby zebrane w środowisku świeżej łąki wykazywały duże podobieństwo do środowisk zrębu lasu łęgowego oraz doliny rzeki. Istotnie natomiast różnice w zgrupowaniu wykazywało stanowisko boru świeżego w stosunku do pozostałych pięciu stanowisk zarówno leśnych (zręb lasu łęgowego), położonych w pobliżu

Tab. 1. Wartości prawdopodobieństwa oraz statystyka A dla porównania poszczególnych zgrupowań otrzymane metodą MRPP.

Probability values and statistics A to compare particular communities obtained with the MRPP method.

Stanowisko 1	Stanowisko 2	P	A
Grąd	Bór	ns	0,00888
Grąd	Zrąb	ns	-0,00357
Grąd	Dolina rzeki	ns	0,00914
Grąd	Ugó	0,006	0,01866
Grąd	Łąka świeża	ns	0,00879
Grąd	Ogród	0,004	0,01078
Bór	Zrąb	0,001	0,02415
Bór	Dolina rzeki	0,001	0,0286
Bór	Ugó	0,001	0,03063
Bór	Łąka świeża	0,013	0,03372
Bór	Ogród	0,001	0,02636
Zrąb	Dolina rzeki	0,002	0,0165
Zrąb	Ugó	0,001	0,02707
Zrąb	Łąka świeża	ns	0,007356
Zrąb	Ogród	0,001	0,01547
Dolina rzeki	Ugó	0,005	0,01916
Dolina rzeki	Łąka świeża	ns	0,005656
Dolina rzeki	Ogród	0,006	0,009823
Ugó	Łąka świeża	0,001	0,03386
Ugó	Ogród	0,001	0,0127
Łąka świeża	Ogród	0,028	0,01221

lasu (łąka żyzna, ugór) i otwartych nieleśnych (ogród, dolina rzeki). Bardzo niskie są wyliczone wartości wewnętrznej homogeniczności (statystyka A) poszczególnych grup prób. Najbardziej jednolite i stałe względem siebie są próby pobierane z ugoru i łąki świeżej ($A = 0,3386$).

W celu sprawdzenia, które gatunki są odpowiedzialne za różnice pomiędzy poszczególnymi grupami prób wyliczono dla nich wartości indykatorowe (Tab. 2). W każdym analizowanym przypadku gatunkiem indykatorowym dla boru była *Andrena lapponica*, Gatunek ten posiadał jednakże znacznie mniejszą wartość indykatorową niż *Andrena subopaca*, którego nieistotną wartość stwierdzono tylko w przypadku porównania środowiska boru świeżego z ugiem. Wymienione wyżej gatunki zostały również wykazane jako gatunki indykatorowe środowiska borowego w całym krajobrazie (Tab. 3). Wysokie wartości indykatorowe dla środowiska ugoru wyliczono dla gatunków: *Seladonia confusa*, *Evylaeus calceatus*, *Sphecodes ephippius*, *Evylaeus punctatissimus* oraz *Andrena nitida*. Wymienione gatunki występowały najczęściej w sparowanych porównaniach struktury zgrupowań oraz w wyliczonych wartościach *IndVal* dla krajobrazu. Brak jednorodności w zgrupowaniach środowisk leśnych (Bór vs. Zrąb) spowodowane było obecnością w zrąbie lasu łęgowego trzmiela *Bombus pascuorum* i w mniejszym stopniu *B. terrestris*. We wszystkich przypadkach, gdzie MRPP wykazało istotne różnice w strukturze zgrupowania pszczół, zrąb lasu łęgowego charakteryzowała wysoka wartość indykatorowa *B. pascuorum*.

Tab. 2. Gatunki indykatorowe dla każdej istotnie różniącej się pary stanowisk wytypowane metodą MRPP. W tabeli podano gatunki które posiadały istotną wartość indykatorową większą od 0.25.

Indicator species for each significantly different pair of sites selected with the MRPP method. The table shows the species with a significant indicative value higher than 0.25.

Porównywane stanowiska	Stanowisko	Gatunek	Wartość P	Wartość Indykatorowa
Grąd vs. Ugór	Ugór	<i>Evylaeus calceatus</i>	0,0390	0,4391
	Ugór	<i>Seladonia confusa</i>	0,0010	0,4211
	Ugór	<i>Evylaeus punctatissimus</i>	0,0010	0,3684
	Ugór	<i>Andrena nitida</i>	0,0030	0,3214
	Ugór	<i>Sphecodes ephippius</i>	0,0010	0,3158
Grąd vs. Ogród	Grąd	<i>Psithyrus vestalis</i>	<0,001	0,4767
	Grąd	<i>Bombus lucorum</i>	0,0044	0,4494

Bór vs. Zrąb	Bór	<i>Andrena subopaca</i>	0,0089	0,4022
	Bór	<i>Andrena lapponica</i>	0,0070	0,2941
	Zrąb	<i>Bombus pascuorum</i>	0,0253	0,4027
	Zrąb	<i>Bobus terrestris</i>	0,0262	0,2800
Bór vs. Dolina rzeki	Bór	<i>Andrena subopaca</i>	0,0040	0,4353
	Bór	<i>Andrena lapponica</i>	0,0120	0,2941
	Bór	<i>Nomada moeschleri</i>	0,0200	0,2884
Bór vs. Ugór	Bór	<i>Andrena lapponica</i>	0,0165	0,2941
	Ugór	<i>Seladonia confusa</i>	0,0025	0,4211
	Ugór	<i>Andrena haemorrhoea</i>	0,0263	0,3909
	Ugór	<i>Bombus terrestris</i>	0,0082	0,3684
	Ugór	<i>Evylaeus punctatissimus</i>	0,0081	0,3684
	Ugór	<i>Sphecodes ephippius</i>	0,0185	0,3158
	Ugór	<i>Andrena nitida</i>	0,0395	0,3011
	Ugór	<i>Halictus rubicundus</i>	0,0477	0,2632
Bór vs. Łąka świeża	Bór	<i>Andrena subopaca</i>	0,0132	0,4174
	Bór	<i>Andrena lapponica</i>	0,0129	0,2941
	Łąka świeża	<i>Bombus pascuorum</i>	0,0204	0,4048
	Łąka świeża	<i>Bombus terrestris</i>	0,0199	0,3000
Bór vs. Ogród	Bór	<i>Andrena subopaca</i>	<0,001	0,4514
	Bór	<i>Andrena lapponica</i>	0,0011	0,2941
	Bór	<i>Nomada moeschleri</i>	0,0077	0,2852
	Ogród	<i>Seladonia tumulorum</i>	0,0220	0,3000
	Ogród	<i>Bombus terrestris</i>	0,0424	0,2500
Zrąb vs. Dolina rzeki	Zrąb	<i>Bombus pascuorum</i>	0,0087	0,4155
	Zrąb	<i>Bombus lucorum</i>	0,0159	0,3298
	Zrąb	<i>Nomada moeschleri</i>	0,0262	0,3011
	Dolina rzeki	<i>Bombus sylvarum</i>	0,0058	0,2857
Zręb vs. Ugór	Ugór	<i>Evylaeus calceatus</i>	<0,001	0,5625
	Ugór	<i>Seladonia confusa</i>	0,0004	0,4211
	Ugór	<i>Andrena nitida</i>	0,0020	0,3684
	Ugór	<i>Evylaeus punctatissimus</i>	0,0106	0,3270
	Ugór	<i>Sphecodes ephippius</i>	0,0131	0,3006

	Ugór	<i>Halictus rubicundus</i>	0,0107	0,2632
	Zrąb	<i>Bombus pascuorum</i>	0,0059	0,4307
Zręb vs. Ogród	Zrąb	<i>Bombus pascuorum</i>	0,0373	0,3223
	Zrąb	<i>Nomada moeschleri</i>	0,0039	0,2913
	Zrąb	<i>Bombus lucorum</i>	0,0187	0,2794
	Ogród	<i>Evylaeus calceatus</i>	0,0050	0,3656
	Ogród	<i>Seladonia tumulorum</i>	0,0182	0,2742
Dolina rzeki vs. Ugór	Ugór	<i>Evylaeus calceatus</i>	0,0020	0,5242
	Ugór	<i>Seladonia confusa</i>	0,0011	0,4211
	Ugór	<i>Andrena nitida</i>	0,0031	0,3684
	Ugór	<i>Evylaeus punctatissimus</i>	0,0281	0,3201
	Ugór	<i>Sphecodes ephippius</i>	0,0081	0,3158
	Ugór	<i>Bombus lucorum</i>	0,0295	0,2896
	Ugór	<i>Psithyrus vestalis</i>	0,0185	0,2632
Dolina rzeki vs. Ogród	Ogród	<i>Seladonia tumulorum</i>	0,0346	0,2698
Ugór vs. Łąka świeża	Ugór	<i>Seladonia confusa</i>	0,0014	0,4211
	Ugór	<i>Evylaeus punctatissimus</i>	0,0028	0,3684
	Ugór	<i>Andrena haemorrhoa</i>	0,0443	0,3519
	Ugór	<i>Andrena nitida</i>	0,0158	0,3365
	Ugór	<i>Sphecodes ephippius</i>	0,0078	0,3158
	Ugór	<i>Halictus rubicundus</i>	0,0238	0,2632
	Ugór	<i>Psithyrus vestalis</i>	0,0250	0,2632
	Łąka świeża	<i>Bombus pascuorum</i>	0,0074	0,4385
Ugór vs. Ogród	Ugór	<i>Evylaeus calceatus</i>	0,0385	0,4391
	Ugór	<i>Seladonia confusa</i>	0,0002	0,4211
	Ugór	<i>Evylaeus punctatissimus</i>	0,0004	0,3684
	Ugór	<i>Andrena nitida</i>	0,0027	0,3214
	Ugór	<i>Sphecodes ephippius</i>	<0,001	0,3158
Łąka świeża vs. Ogród	Brak istotnych gatunków indykatorowych			

Środowisko doliny rzecznej nie wykazywało wyraźnej odrębności (wyrażonej w gatunkach indykatorowych) od większości pozostałych analizowanych w krajobrazie. W jednym tylko przypadku, przy porów-

naniu ze zrębem lasu łęgowego istotna okazała się wartość dla *B. sylvestris*. Podobnie sytuacja kształtowała się w ogrodzie przydomowym, choć dość często jako gatunek wyróżniający zbiorowiska można było wskazać *Seladonia tumulorum*, a w jednym przypadku *Evylaeus calceatus*.

Tab. 3. Powiązania poszczególnych gatunków z badanymi środowiskami. W tabeli zestawiono istotne statystycznie wartości indykatyrowe większe od 0.25 (*IndVal*) dla określonych gatunków pszczół.

Relationships between particular species and the studied habitats. The table shows statistically significant indicative values higher than 0.25 (*IndVal*) for particular bee species.

Stanowisko	Gatunek	Wartość Indykatyrowa	P
Bór świeży (2)	<i>Andrena subopaca</i>	0,27	<0,001
	<i>Andrena laponica</i>	0,27	<0,001
Łąka świeża (5)	<i>Seladonia confusa</i>	0,42	<0,001
	<i>Sphecodes ephippius</i>	0,30	<0,001
	<i>Evylaeus punctatissimus</i>	0,29	<0,001
	<i>Evylaeus calceatus</i>	0,26	0,006
	<i>Andrena nitida</i>	0,25	0,001

Dyskusja

Przeprowadzone analizy pozwoliły na zidentyfikowanie wyjątkowych i cennych środowisk spośród analizowanych na obszarze rolniczym Równiny Sępopolskiej. Niskie wartości statystyki A są spowodowane dużym zróżnicowaniem prób w obrębie jednego środowiska. Jest to wywołane głównie dużym zróżnicowaniem składu gatunkowego pszczół okresów wiosennego i letniego. Przeprowadzone analizy pokazują zatem zróżnicowanie środowisk w oparciu o kompletny skład gatunkowy każdego stanowiska.

Środowisko ugoru wykazywało największą odrębność struktury zgrupowania wyrażonej w odmienności gatunków i ich liczebności występujących w próbach. Jest to zdecydowanie stanowisko wyróżniające się na tle krajobrazu również ze względu na liczbę gatunków charakterystycznych tylko dla ugoru. Wykazano łącznie pięć gatunków indykatyrowych należących głównie do rodziny Halictidae. Gatunki należące do tej rodziny preferują w większości tereny otwarte i suche. Do budowy gniazd wymagają one podłoża o odpowiedniej miąższości i temperaturze. Gatunki zaś z rodzaju *Sphecodes*, takie jak charakterystyczny dla ugoru *Sphecodes*

ephippius, są pasożytami gniazdowymi wielu przedstawicieli rodziny Halictidae, głównie z rodzaju *Evylaeus*. Jeden z nich, *Evylaeus calceatus*, występował w środowisku ugoru w największej liczebności, stąd istotna, lecz niewielka wartość indykatorkowa dla tego gatunku.

Ze względu na charakterystyczny skład runa i silnych związków pokarmowych najbardziej charakterystycznym gatunkiem boru świeżego okazała się *Andrena lapponica*. Odżywia się ona prawie wyłącznie na kwiatach borówki *Vaccinium myrtillus*, która stanowiła płat o dużym pokryciu na badanym stanowisku. Drugim gatunkiem, który można by uznać za typowy dla boru jest *Andrena subopaca*, której istotna wartość indykatorkowa jest wynikiem jej stosunkowo wysokiego zagęszczenia w próbach pobranych z tego środowiska.

Brak wyraźnych gatunków indykatorkowych w ogrodzie przydomowym mógł być spowodowany przez większe niż w innych środowiskach fluktuacje liczebności występujących tam gatunków i kształtujących zmienną strukturę dominacji w ciągu trzech lat badań. Przykładowo dominujący w roku 2009 gatunek, *Evylaeus morio*, był ogrodzie odławiany w dużej liczebności jedynie w pierwszej połowie maja. Zgodnie z podawaną w literaturze fenologią pojawu tego gatunku szczyt wiosenny stanowiły samice. Na badanym obszarze nie zarejestrowano jednak letniego szczytu, w czasie którego licznie pojawić miały się samce. W pozostałych latach gatunek ten reprezentowany był jedynie przez nieliczne osobniki. Może to świadczyć o wysokiej niestabilności zbiorowiska w środowisku o wysokiej antropopresji. Brak powtarzalności w strukturze dominacji może również wskazywać na to, że w krajobrazie rolniczym przydomowe ogrody, jako środowiska mało stabilne, stanowią w mozaice innych ekosystemów głównie miejsca pozyskiwania pokarmu przez dzikie pszczoły.

Wśród środowisk leśnych stanowisko zrębu lasu łęgowego ujawniło istotną rolę dla wielu gatunków trzmieli, jako miejsca zdobywania pokarmu i bytowania w środowisku leśnym. Obszary półotwarte mogą zapewnić warunki do rozwoju roślin zielnych, tworzących w ciągu całego sezonu wegetacyjnego tak zwaną taśmę pokarmową (BANASZAK 1983) dla tych cennych owadów.

SUMMARY

Among the seven analysed habitats the abandonland shows the highest dissimilarity in comparison with both forest and open habitats. The differences in species composition were due to five significant indicator species, mainly from the family Halictidae. We

found that two species (*Andrena subopaca* and *A. lapponica*) were representative for the pine forest and highly associated with *Vaccinium myrtillus* presence in the undergrowth. Clearing of *Fraxino – Alnetum* was very important for bumblebees that occur in forests, because this type of habitat supports food supplies during the vegetation season.

PIŚMIENNICTWO

- BANASZAK J. 1983: Ecology of bees of agricultural landscape. Polish Ecological Stududy, **9**: 421-505.
- BANASZAK J. 1992: Strategy for conservation of wild bees in an agricultural landscape. Agriculture, Ecosystem and Environment, **40**: 179-192.
- BANASZAK J. 2000: A checklist of the bee species (Hymenoptera, Apoidea) of Poland, with remarks on their taxonomy and zoogeography: revised version. Fragmenta Faunistica, **43** (14): 135-193.
- BANASZAK J., SZEFER P. 2013: Owady zapylające (*Hymenoptera; Apoidea*) Równiny Sępopolskiej. Cz. I. Zróżnicowanie. Wiadomości Entomologiczne, **32**: 185-201.
- BONNER J.L., ANDERSON J.T., RENTCH J.S., GRAFON W.N. 2009: Vegetative composition and community structure associated with beaver ponds in Canaan valley, West Virginia, USA. Wetlands Ecological Managemnt, **17**: 543-554.
- DUFRÈNE M., LEGENDRE P. 1997: Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. Ecological Monographs, **67**: 345-366.
- FAITH D.P., MINCHIN P.R., BELBIN L. 1987: Compositional dissimilarity as a robust measure of ecological distance. Vegetatio, **69**: 57-68.
- JAUKER F., DIEKÖTTER T., SCHWARZBACH F., WOLTERS V. 2009: Pollinator dispersal in an agricultural matrix: opposing responses of wild bees and hoverflies to landscape structure and distance from main habitat. Landscape Ecology, **24**, 547-555.
- OKSANEN J., BLANCHET F.G., KINDT R., LEGENDRE P., O'HARA R.B., SIMPSON G.L., SOLYMOS P., STEVENS M.H.H., WAGNER H. 2011: Community Ecology Package. R package version 1.17-11. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- R Development Core Team. 2008: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>.
- ROBERTS D.W. 2010: Ordination and Multivariate Analysis for Ecology. R package version 1.4-1. <http://CRAN.R-project.org/package=labdsv>.
- STEFFAN-DEWENTER I., TSCHARNTKE T. 1999: Effect of habitat isolation on pollinator communities and seed set. Oecologia, **121**: 432-440.
- TAKI H., KEVAN P.G. 2007: Does habitat loss affect the communities of plants and insects equally in plant pollinator interactions? Preliminary findings. Biodiversity and Conservation, **16**: 3147-3161.
- ZIMMERMAN G.M., GOETZ H., MIELKE Jr. P.W. 1985: Use of an improved statistical method for group comparisons to study effects of prairie fire. Ecology, **66**: 606-611.