

BLASKI I CIENIE ŻYCIA W MIEŚCIE

Agnieszka Pieniążek (Warszawa)

1. Człowiek a heterogenność przestrzeni

Jednym z nieodłącznych elementów związanych z rozwojem cywilizacji jest przekształcanie środowiska i dopasowywanie go do potrzeb człowieka. Na przestrzeni czasu odmienny był zarówno poziom przekształceń, jak i ich charakter. Poczynając od wycinania lasów pod uprawę aż do powstania i rozwoju miast. Wszystko to prowadziło do tworzenia przestrzeni silnie heterogennej, będącej mozaiką środowisk. Specyficznym typem środowiska heterogenicznego są współczesne miasta, w których dominującymi elementami warunkującymi strukturę przestrzenną są ciągi komunikacyjne i zwarta zabudowa. Środowisko miejskie cechuje zazwyczaj duża różnorodność przestrzeni będąca efektem sposobu wykorzystania, stopnia przekształcenia, wielkości i stopnia izolacji poszczególnych jego fragmentów. Dla miast charakterystyczne są ostre granice pomiędzy poszczególnymi płacami środowiska i występowanie silnych barier antropogenicznych (Ryc. 1) Te szczególne warunki w decydujący sposób wpływają na stopień zasiedlenia miast przez dziko żyjące gatunki, a także oddziaływania w obrębie tworzących się tam specyficznych układów ekologicznych.

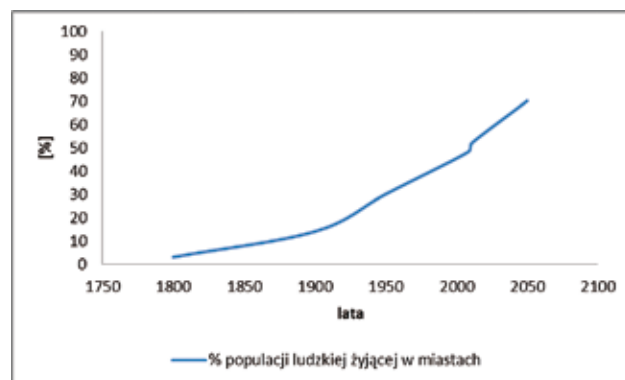


Ryc. 1. Heterogenność środowiska miejskiego. Fot. dr Marek Ostrowski. Tryptyk warszawski. Spojrzenie Warszawa, 2006.

2. Urbanizacja

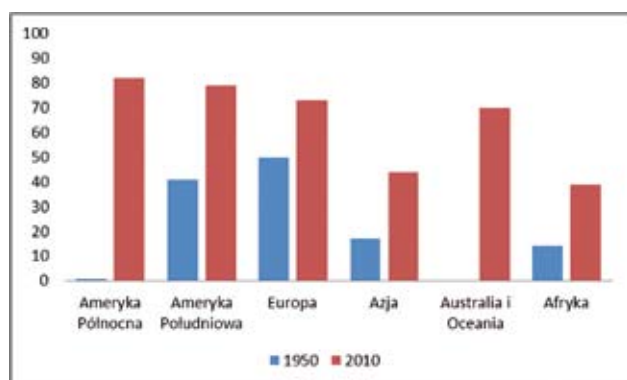
Urbanizacja (od łac. *urbanus* „miejski”) – to proces społeczny i kulturowy wyrażający się w rozwoju miast, wzroście ich liczby, powiększaniu obszarów miejskich i udziału ludności miejskiej w całości zaludnienia. Obecnie w większej części świata proces ten polega na dalszym rozwoju istniejących już miast i stopniowym przekształcaniu wsi w mniejsze miasta.

Przechodząc do rozważań nad specyfiką środowisk zurbanizowanych warto nakreślić skalę poruszanego zagadnienia. Według danych ONZ z roku 2012 (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2012. World Urbanization Prospects: The 2011 Revision) obszary zurbanizowane zajmują ok. 3% powierzchni lądowej Ziemi, co stanowi ok. 4,5 mln km². Wzrost udziału populacji ludzkiej zajmującej tereny zurbanizowane można szacować od ok. 1800 roku, co związane jest bezpośrednio z Rewolucją Przemysłową w Europie (Ryc. 2). Obecnie ok. 52% światowej populacji ludzkiej żyje w miastach i szacuje się, że do 2050 roku



Ryc. 2. Zmiany udziału całkowitej populacji ludzkiej żyjącej w miastach w latach 1800 – 2050. Dane dot. roku 2050 są przewidywane na podstawie wcześniej zaobserwowanych trendów (za UN 2012. World Urbanization Prospects: The 2011 Revision; zmienione).

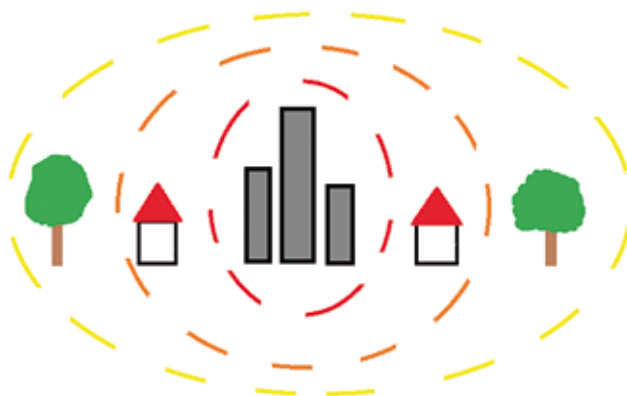
wartość ta wzrośnie do ok. 70% (Ryc. 3). W Europie odsetek ludności miejskiej jest jeszcze większy i wynosi obecnie ok. 80% populacji. W Argentynie aż 92% tamtejszej populacji żyje na terenach zurbanizowanych, z czego aż 32% mieszka w jednym mieście – Buenos Aires. Tempo procesu urbanizacji jest odmienne na poszczególnych kontynentach, obecnie najintensywniej proces ten przebiega w Afryce.



Ryc. 3. Udział populacji ludzkiej żyjącej w miastach na poszczególnych kontynentach w latach 1950 i 2010. Dane dla Australii i Oceanii przedstawiono na pojedynczym słupku, ponieważ udział ludności miast utrzymuje się tam na stałym poziomie od kilkudziesięciu lat (za UN 2012. World Urbanization Prospects: The 2011 Revision; zmienione).

3. Środowisko abiotyczne miasta

Wielu autorów wskazywało na istnienie swego rodzaju klimatu środowisk zurbanizowanych, odmiennego niż typowy dla terenów zamieszkanych – naturalnych. Klimat miasta cechuje się wyraźną strefowością: jest inny w części centralnej o zwartej zabudowie, a inny na terenach luźno zabudowanych i podmiejskich (Ryc. 4). W porównaniu ze środowiskami naturalnymi klimat środowisk zurbanizowanych cechuje się: podwyższoną



Ryc. 4. Strefowość klimatu w miastach. Odmienny klimat i rozkład temperatur w zależności od stopnia zwartości zabudowy.

nią średnią roczną temperaturą powietrza, osłabioną wymianą promieniowania ciepłego, zmniejszoną względną wilgotnością powietrza przy jednocześnie zwiększonej sumie opadów, wzroście zachmurzenia i wyższym zamgleniu (Tab. 1). Występowanie w miastach temperatury wyższej niekiedy nawet o kilka stopni w stosunku do terenów peryferyjnych skutkuje nazywaniem miast „wyspami ciepła”. Jest to spowodowane zwiększoną możliwością kumulowania energii termicznej przez budynki i powierzchnie sztuczne (jezdnie, trotuary itp.), które stanowią dominujący element na terenach zurbanizowanych. Do

pogłębianego efektu przyczynia się występowanie dodatkowych źródeł ciepła na terenach miast w postaci obiektów przemysłowych, ogrzewania budynków i wysypisk rozkładających się odpadów organicznych, a także występowanie silnego zanieczyszczenia powietrza sprzyjającego powstawaniu smogu, który ogranicza uwalnianie promieniowania ciepłego. Warto zaznaczyć, że dominacja elementu sztucznego (zabudowa, powierzchnie utwardzone) w środowisku zurbanizowanym ma daleko idące konsekwencje w kształtowaniu nie tylko klimatu, ale i przestrzennego charakteru miasta.

Tab. 1. Względne porównanie (wyższe / niższe; więcej / mniej itd.) wartości wybranych czynników klimatu pomiędzy miastem a terenami peryferyjnymi.

czynnik	miasto	obrzeża
średnia roczna temperatura powietrza	↑	↓
wilgotność względna powietrza	↓	↑
suma opadów	↑	↓
zachmurzenie	↑	↓
tempo spływu powierzchniowego	↑	↓

W środowisku zurbanizowanym obserwuje się zmniejszoną względną wilgotność powietrza pomimo występowania zwiększonych opadów. Jest to wynikiem rozbudowanego systemu kanalizacji, zwiększenia powierzchni nieprzepuszczalnych i dużego udziału wysokiej zabudowy wymagającej głębokiego odwodnienia terenu. Skutkuje to krótszym utrzymywaniem się wód opadowych na powierzchniach zielonych, zwiększeniem spływu powierzchniowego, ograniczoną retencją wody w środowisku i jej dostępności dla roślin, znacznym przesuszeniem gleby i obniżeniem poziomu wód gruntowych. Dla środowisk zurbanizowanych typowe są także: hałas, silne pola elektromagnetyczne, a także znaczne zanieczyszczenie powietrza, gleby i wód powierzchniowych wywołane komunikacją, emisjami przemysłowymi i środkami do odmrażania ulic.

W wyniku prowadzonych w obrębie miasta różnych inwestycji zmienia ulega profil glebowy. Gleby występujące są tu mieszane podczas rozmaitych robót ziemnych, a także nawożone są gleby spoza terenów miejskich. Gleby w miastach ulegają silnej degradacji na skutek używania środków chemicznych do odmrażania ulic, składowania gruzów i innych odpadów. Skutkuje to przesoleniem, zmianą odczynu, nadmiernym ubiciem i przesuszeniem gleby, a w konsekwencji obniżeniem jej aktywności biologicznej.

4. Środowisko biotyczne miasta

Konsekwencją panujących w mieście warunków abiotycznych jest powstanie układów biotycznych specyficznych dla środowiska miejskiego cechujących się uproszczoną strukturą. Elementy biotyczne w miastach nie są zintegrowane, tworzą sieć luźnych powiązań, często zaś są od siebie całkowicie izolowane i funkcjonują niezależnie.

Spośród gatunków występujących w mieście można wyróżnić dwa ich typy: gatunki synantropijne, czyli ściśle związane z człowiekiem i środowiskiem jego życia, ale niekoniecznie z miastem, oraz gatunki synurbijne związane z miastem, ale niekoniecznie z samym człowiekiem. Wskazać można cechy gatunkowe, które sprzyjają synurbizacji. Jest to szerokie spektrum tolerancji ekologicznej, duża plastyczność gatunku, pobieranie zróżnicowanego pokarmu – w tym pokarmu pochodzenia antropogenicznego oraz tworzenie populacji, której organizacja pozwalać będzie na szybką reakcję demograficzną w odpowiedzi na zmieniające się warunki środowiska. Cechy te posiadają także gatunki inwazyjne, których występowanie w miastach jest częste z powodu ograniczonej konkurencji z gatunkami rodzimymi, często niezdolnymi do życia w mieście. W miastach można więc stwierdzić z jednej strony wysoką heterogenność przestrzeni, z drugiej zaś – wysoki stopień homogenizacji elementów biotycznych związany z występowaniem na terenach zurbanizowanych kilku dominujących gatunków, zdolnych do życia w silnie przekształconym środowisku, których populacje osiągają wysokie zagęszczenia.

4.1 Roślinność miast

Podstawą, umożliwiającą kształtowanie się zespołów biotycznych w miastach, jest roślinność, której występowanie jest silnie ograniczane zarówno dostępnością powierzchni do życia jak i jej jakością. Roślinność w miastach wpływa korzystnie na ograniczenie szeregu niesprzyjających czynników: wpływa na klimat miasta, łagodzi jego najbardziej uciążliwe cechy, pełni rolę filtru zanieczyszczeń i hałasu, obniża szybkość parowania wody z gleby poprzez zacienienie i zmniejszenie prędkości wiatru, chroniąc przed zbyt niską wilgotnością powietrza i ostrymi wahaniami temperatury. Ponadto zieleń miejska pełni istotne funkcje społeczne, rekreacyjne i estetyczne, wpływając, według danych Amerykańskiego Towarzystwa Psychologicznego (The American Psychological Association's, APA), również na stan zdrowia mieszkańców, w tym stan zdrowia psychicznego.

Według zaleceń Światowej Organizacji Zdrowia (WHO – World Health Organization) na jednego mieszkańca miasta powinno przypadać ok. 50 m² powierzchni terenów zielonych. Warto zatem zwrócić uwagę na to, czy zalecenia te są spełnione. W miastach europejskich wartości te wahają się od ok. 4 m² *per capita* w Almeria (Hiszpania) do ok. 300 m² w Liège (Belgia). Wartości dla większych miast w Polsce przedstawione są w Tab. 2.

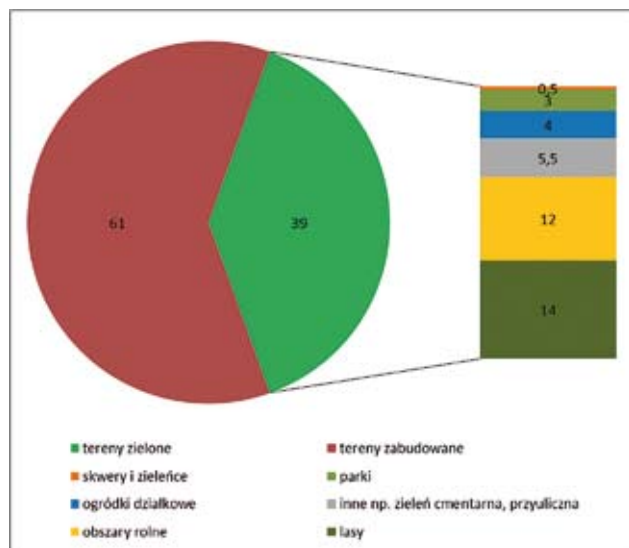
Tab. 2. Udział terenów zielonych w powierzchniach miast i powierzchnia terenów zielonych przypadająca na jednego mieszkańca na przykładzie wybranych miast Polski. Za: Program rozwoju terenów zieleni miasta Szczecin (2004) i strony Urzędu Miasta m.st. Warszawa; zmienione.

Parametr	Warszawa	Kraków	Poznań	Szczecin	Gdańsk
Powierzchnia terenów zielonych na 1 mieszkańca [m ²]	19	65	123	148	134
Udział terenów zielonych w powierzchni miasta [%]	39	15	27	20	23

Poza powierzchnią terenów zielonych w miastach równie ważna jest ich jakość, związana z charakterem roślinności i stopniem naturalności siedliska. Tereny zielone w obrębie miast zróżnicowane są pod względem charakteru i spełnianej funkcji. Wyróżnić można kilka typów roślinności występującej w miastach: naturalną, półnaturalną, synantropijną oraz sztuczne układy tzw. roślinności „urządzonej”. Zieleń miejską tworzą lasy, parki, skwery, zieleńce, zieleń cmentarna, zieleń przyuliczna, tereny rolne i ogródki działkowe, rozmieszczone nierównomiernie w obrębie miasta, poprzecinane zabudową i szlakami komunikacyjnymi powodującymi daleko posuniętą odrębność i izolację poszczególnych obszarów, zróżnicowanych pod względem wielkości powierzchni i charakteru roślinności (Ryc. 5).

Zbiorowiska zieleni miejskiej, jako najczęściej kształtowane od podstaw przez człowieka, nierzadko bez znajomości warunków siedliskowych i wiedzy na temat wymagań środowiskowych poszczególnych gatunków roślin, cechują się małą integracją fitocenotyczną. Tworzą je sztuczne układy pochodzenia antropogenicznego charakteryzujące się brakiem stabilności wywołanym nieodpowiednimi warunkami siedliskowymi dla roślinności kultywowanej w mieście. Na roślinność naturalną w miastach wywierana jest ciągła silna presja urbanizacyjna wywołana zanieczyszczeniami, oddziaływaniami mechanicznymi, zasoleniem gleby i jej ogólną degradacją, niedoborem

pierwiastków pokarmowych i niską zawartością humusu. Wszystko to stwarza zdecydowanie niekorzystne warunki środowiska glebowego do rozwoju roślin. Skutkuje to wykluczeniem ze zbiorowisk zieleni miejskiej gatunków wrażliwszych, ogólne ubożenie składu gatunkowego zespołu i obniżenie jego trwałości.



Ryc. 5. Udział całkowitej powierzchni terenów zielonych w mieście i jej podział na poszczególne rodzaje terenów zielonych na przykładzie Warszawy (na podstawie danych Urzędu m.st. Warszawy).

4.2 Fauna miast

Charakter roślinności i jej rozmieszczenie warunkują zasiedlenie poszczególnych płatów zieleni miejskiej przez charakterystyczne dla miast zgrupowania zwierząt, a także kształtowanie takich cech tych zgrupowań, jak liczebność czy struktura. Roślinność miejska pełni rolę ostoi dla bytującej w mieście fauny, warunkuje zachowanie zróżnicowania gatunkowego i genetycznego, umożliwia migrację na sąsiednie tereny, a niekiedy w ogóle występowanie niektórych gatunków na terenach o mniejszych powierzchniach, dzięki tworzeniu korytarzy ekologicznych. Sprzyja to tworzeniu populacji i zespołów o charakterze wyspowym.

W przeciwieństwie do roślinności, miejskie zespoły fauny kształtują się zazwyczaj samoistnie, bez celowej ingerencji człowieka. Silny wpływ na kształtowanie zespołów fauny miast wywiera szereg czynników takich jak: stała obecność ludzi, intensywna działalność gospodarcza, czy silne zanieczyszczenie środowiska miejskiego. Wykazano również wpływ fragmentacji dobrej jakości siedlisk i drapieżnictwa zwierząt domowych (np. kotów) na obecność i rozmieszczenie populacji drobnych ssaków w miastach.

Struktura troficzna miejskich zespołów biotycznych jest silnie zachwiana. Nadmiernie rozbudowany

jest poziom konsumentów I rzędu przy najslabiej rozwiniętych poziomach producentów i destruentów i niemal zupełnym braku konsumentów wyższych rzędów. Z powodu niewystarczającej produkcji roślinnej na terenach miejskich, zasoby pokarmowe zwierząt są często uzupełnianie produktami spożywczymi i odpadkami.

Należy w tym miejscu podkreślić, że dla niektórych gatunków miasto stwarza warunki często korzystniejsze od naturalnych, będąc jednocześnie dla innych dziko żyjących gatunków barierą nie do przekroczenia. Na atrakcyjność terenów miejskich może wpływać: stosunkowo łatwy dostęp do pożywienia, obniżona presja drapieżników, mnogość potencjalnych kryjówek, zimowe dokarmianie przez człowieka (głównie ptaków), korzystna zmiana układów konkurencyjnych. Wiele gatunków zwierząt wchodzących w skład zespołu fauny miejskiej cechuje się zmniejszoną antropofobią, jak np. wiewiórka (*Sciurus vulgaris*), która w Warszawie jest jedynym widocznym dla mieszkańców gatunkiem ssaka (Ryc. 6).



Ryc. 6. Wiewiórka pospolita (*Sciurus vulgaris*) jako przykład gatunku o obniżonej antropofobii. Warszawa, Park Skaryszewski. Fot. Andrzej Pieniążek.

Warto zwrócić uwagę, że zwierzęta poza korzyściami, jakie oferuje im życie w mieście, muszą także ponieść tego koszty. Poza wyżej wspomnianym silnym zanieczyszczeniem, stałą obecnością ludzi i fragmentacją przestrzeni, które składają się na stres środowiskowy, dodatkowymi czynnikami stresotwórczymi są światło odpadowe (Ryc. 7), zaburzające rytm dobowy, jak również niebezpieczeństwo związane z drapieżnictwem zwierząt domowych np. kotów.

Wysoki poziom heterogenności przestrzeni w miastach powinien sprzyjać występowaniu gatunków cechujących się zwiększonymi zdolnościami migracyjnymi osobników. Dodatkowo istotna wydaje się zdolność do pokonywania otwartych przestrzeni niepokrytych roślinnością i barier antropogenicznych, które dla wielu gatunków stanowią barierę nie do przekroczenia.

Badania fauny miast prowadzone są na całym świecie, w tym także w Polsce. Na przykład, badania nad składem gatunkowym ptaków Warszawy wykazały występowanie w mieście ok. 50% gatunków



Ryc. 7. Światło odpadowe – problem dużych miast. Grenoble, Francja. Fot. Artur Sawicki.

w stosunku do całej ornitofauny krajowej. W populacji miejskiej myszy polnej (*Apodemus agrarius*) zasiedlającej parki miejskie w Warszawie wykazano wzrastający udział samców w populacji zgodny z gradientem urbanizacji, a także istnienie odmiennej struktury wiekowej, odmienny przebieg procesów rozrodczych, lepszą przeżywalność zimową oraz większą masę i rozmiary ciała dorosłych osobników w porównaniu z populacjami pozamiejskimi tego gatunku. Osobniki z populacji miejskich charakteryzowały się ogólną lepszą kondycją fizjologiczną wynikającą z korzystniejszych warunków życia.

U wielu gatunków synurbijnych wykazano znaczące zróżnicowanie genetyczne pomiędzy populacją miejską i naturalną np. u ptaków: pustułka (*Falco tinnunculus*), ssaków: lisa (*Vulpes vulpes*), myszaka białostopego (*Peromyscus leucopus*), japońskiego gatunku myszy *Apodemus speciosus* i myszy polnej (*Apodemus agrarius*), a także u północnoamerykańskich jaszczurek *Uta stansburiana* i *Sceloporus occidentalis*, czy węża *Plestiodon skiltonianus*. Wynika to z występowania zjawiska dryfu genetycznego i wsobności wywołanymi silną izolacją niewielkich lokalnych populacji i, w konsekwencji, spadku heterozygotyczności i różnorodności genetycznej.

5. Proces synurbizacji

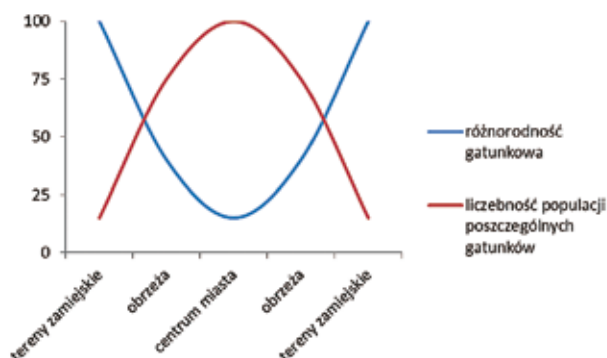
Można wyróżnić dwa źródła pochodzenia gatunków występujących w miastach. Pierwszą grupę tworzą gatunki zasiedlające pozostałości środowisk pozamiejskich wchłoniętych przez rozrastające się miasta i „zamknięte” w ten sposób poprzez otoczenie zajmowanych przez nie siedlisk infrastrukturą

miejską. Znaczna część takich gatunków nie jest w stanie dostosować się do nowych warunków życia i ich lokalne populacje ulegają wymarciu. Część gatunków jednak przystosowuje się do nowych warunków i tworzy mniej lub bardziej trwałe populacje lokalne, w których jednak widoczne stają się ekologiczne i genetyczne skutki wynikające z izolacji i niewielkiej liczebności (wsobność, dryf genetyczny). Drugą grupę gatunków występujących w środowisku miejskim tworzą te, które aktywnie wnikają do miast, znajdując tu dogodne warunki do życia (brak konkurentów i drapieżników, łatwość zdobycia pokarmu wśród odpadów pozostawianych przez człowieka itp.). Gatunki te charakteryzuje umiejętność przekraczania barier istniejących w środowisku miejskim oraz brak antropofobii.

Terminem „synurbizacja” określa się proces adaptacji do życia w wysoce specyficznych warunkach środowiska miejskiego. Na kształtowanie procesu synurbizacji znaczący wpływ ma występowanie bariery presji urbanizacyjnej, która uniemożliwia wniknięcie do miast gatunkom mniej plastycznym ekologicznie. Poza atrakcyjnością środowiska miejskiego, wnikanie gatunków do miast tłumaczy się stwarzaniem przez człowieka korzystnych warunków pokarmowych i siedliskowych na obrzeżach miast, co powoduje nadmierny wzrost liczebności tych populacji i zasiedlanie przez nie terenów miejskich, jak również degradacją naturalnych siedlisk na terenach podmiejskich. Uważa się, że obecność niektórych gatunków na terenach zurbanizowanych jest wynikiem konkurencyjnego wypierania ich, jako gatunków słabszych, z naturalnych siedlisk. Zostało to potwierdzone w przypadku synurbizacji w Warszawie myszy polnej, która przez kilkadziesiąt lat była jedynym gatunkiem drobnych ssaków występującym w centrum miasta.

Jednym z przejawów nasilającej się presji urbanizacyjnej jest najczęściej wyraźny spadek zróżnicowania gatunkowego przy równoczesnym wzroście liczebności i zagęszczenia populacji pozostających w mieście (Ryc. 8), jak również zmiana struktury dominacyjnej w zgrupowaniach wielogatunkowych. Ponadto można zaobserwować ubożenie składu gatunkowego zwierząt zgodnie ze wzrastającym gradientem miejskości. Jednak zależność ta kształtuje się różnie w zależności od położenia analizowanego miasta w danej strefie klimatycznej. Oznacza to, że w przypadku miast z niektórymi strefami klimatycznymi może dochodzić do wzrostu różnorodności składu gatunkowego, dzięki występowaniu w miastach np. sztucznych zbiorników wodnych. Świadczy to zatem o potrzebie analizowania miasta zawsze w kontekście zgrupowań fauny z danej strefy.

Obecnie wiele gatunków podlega procesowi synurbizacji, są to (na przykładzie Polski): pustułka (*Falco tinnunculus*), kos (*Turdus merula*), lis (*Vulpes vulpes*), mysz polna (*Apodemus agrarius*) i od niedawna notowana w centrum Warszawy – mysz leśna (*Apodemus flavicollis*), należąca do gatunku typowo leśnego.



Ryc. 8. Gradient różnorodności gatunkowej i liczebności populacji przebywających w mieście.

E-mail: pieniazek.aga@gmail.com

6. Zakończenie

Ludzie żyjący w wielkich miastach także narażeni są na szkodliwe działanie wielu czynników stresujących, takich jak zanieczyszczenie powietrza, hałas, czy przegęszczenie skutkujące często wzrostem wzajemnej agresji. Jednym ze sposobów łagodzenia skutków ich działania, podnoszącym jednocześnie standard życia w mieście, jest możliwość codziennego kontaktu z przyrodą. Rozumne planowanie struktury przestrzennej miast, zachowanie „korytarzy ekologicznych” ułatwiających wnikanie roślin i zwierząt do stref śródmiejskich poprzez łączenie terenów zielonych w „sieci zieleni miejskiej” – to działania, które służyć powinny nie tylko różnorodności biologicznej fauny i flory miast, lecz także podniesieniu komfortu życia nas samych.

CYKLONY I HYDROCYKLONY

Jakub Niechcial (Wrocław)

Uwaga od redakcji: Artykuł ten ma charakter wyrażnie techniczny, ale prezentujemy go ze względu na znaczenie omawianych urządzeń w systemach ochrony środowiska.

We współczesnym społeczeństwie, które staje się coraz bardziej świadome w kwestii funkcjonowania świata i techniki, pojawiają się zagadnienia związane z odzyskiem cennych składników z mieszaniny płynów. Cyklony i hydrocyklony mają duże znaczenie w procesie oczyszczania cieczy, jak i gazów. Urządzenia te są ważnym elementem przemysłowym. Znajdują zastosowanie nie tylko w ochronie środowiska, ale również z powodzeniem mogą służyć w procesie wzbogacania np. węgla lub w systemie zagęszczania zawiesin. Często używane są do wydzielenia sztucznego gipsu z zawiesin powstających w instalacjach mokrego odsiarczania, co pozwala zmniejszyć emisję SO_2 w elektrowniach węglowych. W miastach bardzo często współpracują z oczyszczalniami ścieków komunalnych, gdzie jednym z elementów procesu oczyszczania jest odpiaszczanie zawiesiny. Innymi źródłami zanieczyszczeń mogą być m.in.: transport,

rolnictwo (wskutek intensywnej uprawy roli i hodowli). W krajach wysoko rozwiniętych w dużym stopniu źródłem zanieczyszczeń są przede wszystkim pojazdy spalinowe (ok. 70% ogółu), elektrownie ciepłe oraz urządzenia grzewcze o zasięgu lokalnym. Nieco inaczej wygląda to w krajach o średnim i niskim stopniu rozwoju. Tutaj głównym źródłem szeroko rozumianych zanieczyszczeń są takie działy gospodarki jak przemysł ciężki, elektrownie (udział ok. 60–70%), w mniejszym stopniu pojazdy spalinowe. Warto odnotować, że skażenie powietrza staje się coraz powszechniejszym problemem. Na świecie istnieje około 100 wielkich miast powyżej 1 mln mieszkańców. Do metropolii szczególnie zanieczyszczonych należą: Chicago, Detroit, Nowy Jork, Los Angeles, Nowy Orlean, San Francisco. W tych aglomeracjach każdego dnia produkowanych jest ok. 70 mln ton pyłów i gazów na dobę. Oprócz oczyszczania powietrza równie ważna jest separacja cząstek stałych z cieczy np. z wody. Przy odpowiednim dobraniu wielkości aparatu (hydrocyklonu) oraz jego mocy, możliwe jest usunięcie z cieczy cząstek o wymiarach 3–250 μm . Szerokie industrialne zastosowania hydrocyklonów dotyczą procesów: zagęszczania,