

**Dr arch. Maciej Bors**

Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Towarzystwo Urbanistów Polskich  
(Prezes Oddziału TUP w Katowicach)

## **Metabolizm miasta**

Tradycyjnie terminem „metabolizm” określa się całokształt procesów przemian materii i energii zachodzących w żywych komórkach, co stanowi podstawę wszelkich zjawisk biologicznych. Metabolizm pozwala komórkom na wzrost i rozmnażanie, zarządzanie swoją strukturą wewnętrzną oraz odpowiadanie na bodźce zewnętrzne. Analogie do procesów, jakie zachodzą w komórkach, dostrzec można także w innych sferach, między innymi „życia” organizmów innego typu, np. społecznych. W badaniach procesów, jakie zachodzą w funkcjonowaniu „organizmów miejskich” przydatny może okazać się model „metabolizmu miejskiego” (ang. „urban metabolism”). Model ten ułatwia opis i analizę przepływu materiałów i energii w systemie osadniczym, jako swoista metafora dla interakcji zachodzących pomiędzy działalnością ludzką a przyrodą. Pomimo iż próby użycia tego modelu datują się na połowę lat 60. ubiegłego wieku<sup>1</sup>, to wydaje się, iż nie wykrystalizowała się jeszcze ostateczna jego definicja. Można powiedzieć, że metabolizm miasta to końcowy bilans (suma) procesów technologicznych i społeczno-ekonomicznych przebiegających w mieście, których rezultatem jest jego fizyczny rozrost oraz wyprodukowana energia i wyeliminowane odpady<sup>2</sup>.

Model metabolizmu miejskiego pomaga analizować wpływ wywierany ze strony społeczeństw, szczególnie w obszarach miejskich na środowisko naturalne. Na jego skalę i intensywność wpływają zmiany demograficzne, konkurencja gospodarcza oraz innowacje technologiczne. Dynamika rozwoju miejskiego w aspekcie powyższych czynników była przedmiotem badań już w przeszłości, natomiast ich korelacja z fizycznym wpływem na środowisko naturalne wymaga wciąż pogłębionych analiz. Podjął się tego m.in. realizowany w latach 2009-2011 w ramach 7-go Programu Ramowego Badań i Rozwoju Technologicznego UE, projekt SUME – „Zrównoważony metabolizm miejski dla Europy” (ang.: „Sustainable Urban Metabolism for Europe”). W jego ramach realizowane były między

---

<sup>1</sup> prace A. Wolmana w USA [Wolman, A., 1965. The metabolism of cities. Scientific American 213(3):179-190].

<sup>2</sup> Kennedy, C.A., J. Cuddihy, and J. Engel Yan, 2007 - maj. The changing metabolism of cities. Journal of Industrial Ecology. Cytat za: Kennedy, C. 2007. Urban metabolism. <http://www.eoearth.org/view/article/156804>

innymi zadania badawcze dotyczące Warszawskiego Obszaru Metropolitalnego. Analizy miały posłużyć do opracowania strategii rozwoju obszarów miejskich, bardziej przyjaznych środowisku naturalnemu. Mogłyby też znaleźć praktyczne zastosowanie w działaniach planistycznych dotyczących obszarów miejskich<sup>3</sup>.

Wraz z rosnącą świadomością znaczenia zmian klimatycznych i degradacji atmosfery, użycie modelu metabolizmu miasta staje się coraz częstsze. Bywa wręcz kluczowe, jeśli chodzi o określanie i utrzymanie odpowiedniego poziomu zrównoważenia rozwoju miast na całym świecie. Model ten daje bowiem pewien uniwersalny i holistyczny punkt widzenia na wszystkie faktyczne przejawy aktywności miejskich. Analizy prowadzone w jego ramach pozwalają na kwantyfikację (ilościowe zmierzenie) całkowitego przepływu energii, wody, materiałów i odpadów w mieście oraz pomiędzy miastem a jego otoczeniem, w obu kierunkach. Tworzy to kompleksową informację o stanie miasta w kategoriach zrównoważonego rozwoju: sprawności energetycznej, obiegu surowców i materiałów, gospodarki odpadami oraz efektywności infrastruktury.

Zastosowanie pojęcia metabolizmu pozwala mówić o występujących problemach w sposób bardziej zrozumiały, bliski szerszej publiczności. Sprzyja to rozwijaniu dyskusji publicznej na tematy ważne społecznie. Oszczędność, czy też racjonalizacja zużycia energii jest bowiem bardziej paląca w odczuciu społecznym niż np. argument ładu przestrzennego, podnoszony przez przepisy dotyczące planowania przestrzennego. Takie nowe postawienie problemu pozwala dotrzeć z argumentami przestrzennymi do szerszej publiczności, a tym samym uzyskać możliwość znaczącej poprawy metabolizmu miasta (efektywności zużycia jego zasobów) poprzez odpowiednie polityki rozwoju i planowanie. Pozwala też zbadać, które aspekty metabolizmu miasta pozostają pod wpływem form zagospodarowania przestrzeni i które współzależności muszą być przede wszystkim brane pod uwagę w polityce rozwoju i związanych z nią decyzjach przestrzennych. Model metabolizmu miasta może wesprzeć wyznaczanie strategicznych celów rozwoju oraz dostarczyć rzetelne i zobiektywizowane instrumenty diagnostyczne do zarządzania zmianami przestrzennymi i analizowania różnych wariantów rozwoju, pod kątem poprawy metabolizmu miasta.

Model metabolizmu miejskiego, pozwala postrzegać wiele problemów rozwojowych w kategoriach zużycia energii. Miasto jest konsumentem energii, przede wszystkim zaspokajając trzy główne typy potrzeb:

---

<sup>3</sup> Jednym z partnerów projektu była Szkoła Główna Handlowa w Warszawie.

1. Potrzeby życiowe mieszkańców – tu wzrost standardów życia powoduje zasadniczo wzrost zużycia energii; z tego typu wzrostem zapotrzebowania energetycznego próbujemy walczyć, propagując odpowiednie sposoby zaspokajania nowych potrzeb, oraz rozwiązania technologiczne dla kontrolowania konsumpcji energii;
2. Potrzeby produkcyjno-gospodarcze – postęp technologiczny sprawia, że zużycie jednostkowe energii w produkcji spada, a technologie zbyt energochłonne stają się nieopłacalne; ale z drugiej strony rosnąca produkcja wymusza większe zużycie energii, z czym godzimy się, gdyż wzrost ten przynosi nam wymierne korzyści;
3. Koszty funkcjonowania organizmu miejskiego – zależące w głównej mierze od struktury funkcjonalno-przestrzennej miasta; niezależnie od tego, co miasto produkuje, jakich usług dostarcza, to jego struktura pochłania energię, którą można określić obrazowo „energiją biegu jałowego”, czyli taka, która do niczego praktycznego właściwie nie służy.

Ta trzecia grupa jest największym polem konsumpcji energii i zużycia materiałów przez miasta. Np. materiałochłonność budowy i eksploatacji dróg jest nieporównywalnie wyższa niż zużycie energii i materiałów w procesach technologicznych stosowanych w przemyśle. To samo dotyczy zużycia energii na cele komunikacyjne, właściwie niesłużące zaspokajaniu żadnych realnych potrzeb – np. poszukiwanie miejsca parkingowego – ponad 30% samochodów w centrum miasta średniej wielkości jest w ruchu wyłącznie w tym celu. Przy użyciu języka i kryteriów efektywności energetycznej, zagadnienia powyższe mogłyby stać się bardziej zrozumiałe, a także więc ich rozwiązywanie jako problemu gospodarki przestrzennej bardziej społecznie oczekiwane.

Pojęcie metabolizmu miasta wydaje się dość atrakcyjne, gdyż pokazuje, że lokalizacje funkcji i jakość powiązań przestrzennych ma wpływ na zużycie energii. Dopóki argumentujemy to kryteriami estetycznymi, a ład przestrzenny z tym się większości kojarzy, jest to mniej przekonujące niż wskazanie nieracjonalności zużycia energii i związanych z tym zbędnych kosztów. Metabolizm jest pojęciem modnym w dzisiejszej kulturze – wszyscy wiedzą, że prawidłowy metabolizm jest warunkiem zdrowia. Wiedzą też, że to, co jest zewnętrznym objawem złego metabolizmu jest tylko częścią choroby. Zły metabolizm tkwi głęboko we wszystkich strukturach organizmu. Nasze miasta obrastają „tkanką tłuszczową” – stawiając w ten sposób problem, powodujemy, że wadliwy metabolizm miast może być łatwiej dostrzeżony i potępiony. Kryteria metabolizmu miejskiego mogą więc służyć optymalizacji struktury funkcjonalno-przestrzennej, jako wdrażanie „odpowiedniej diety”.

W teorii metabolizmu miast istotne jest rozróżnienie pomiędzy metabolizmem cyklicznym a liniowym – im bardziej przekształcenia materii i energii wpisują się w

zamknięty cykl (recykling), tym poziom zrównoważenia rozwoju jest wyższy. Porównania pomiędzy miastami pozwoliły określić, jak różne czynniki, na przykład forma przestrzenna, gospodarka wodna, efektywność cieplna, systemy komunikacji, technologie budowlane oraz sposoby realizacji usług publicznych wpływają na metabolizm miasta. Dzięki temu opracowano innowacyjne metody śledzenia poziomu „zrównoważenia” rozwoju poszczególnych miast, bardziej zrozumiałe w sferze politycznej, a więc posiadające zwiększoną „moc” skutecznego piętnowania rozwiązań i praktyk niewłaściwych z punktu widzenia zrównoważonego rozwoju. Analogia do podstawowego rozumienia metabolizmu w naukach przyrodniczych pozwala w rozwiązywaniu dość skomplikowanych zagadnień posługując się jasnym przesłaniem, że miasta „przetwarzają” surowce, paliwa i wodę w elementy zagospodarowania przestrzeni, biomasę i odpady.

Model metabolizmu ma w studiach nad rozwojem miast duży walor praktyczny. Parametry, którymi posługuje się model pozwalają poznać wielkości eksploatacji zasobów i generowanych odpadów, jako miary poziomu zrównoważenia rozwoju. Dalszą korzyścią jest w związku z tym określenie efektywności wykorzystania tych zasobów i stopnia ich recyrkulacji (recyklingu), co może pomóc w identyfikacji możliwości poprawy tych wskaźników. W procesie poszukiwania możliwości zbiorczego i wszechstronnego rejestrowania zgromadzonych w miastach zasobów oraz faktycznych przepływów materiałów i energii model metabolizmu miejskiego pozwala wskazać najbardziej krytyczne procesy w tym względzie i miejsca ich występowania. To może pomóc w określeniu, które z zasobów są bliskie wyczerpania, a gdzie miasto posiada jeszcze rezerwy, które można wykorzystać w procesie jego rozwoju.

Kilka czynników wpływa na metabolizm miast, a szczególną rolę odgrywa tu forma przestrzenna. Gęstość i morfologia urbanizacji oraz stosowana technologia transportu wpływają zarówno na przepływ materiałów jak i energii. „Rozlane”, o niskiej gęstości zabudowy miasta charakteryzują się większym zużyciem energii *per capita* niż miasta zwarte. Klimat też ma istotny wpływ na metabolizm – miasta w klimacie kontynentalnym zużywają więcej energii na ogrzewanie i klimatyzację niż miasta strefy umiarkowanej. Stąd dobór właściwej technologii budowlanej, zakres, sposób i gatunki pokrycia terenu roślinnością, polityka cenowa w energetyce, czy obowiązujące przepisy budowlane mogą znacząco wpływać na zużycie energii. Podobnie rozwój technologii odnawialnych, recyklingu, polityk kształtujących świadomość i zachowania społeczne, w tym nakierowujących popyt, mogą wpływać na gospodarowanie wodą, rodzaj używanych produktów, w tym żywnościowych a także poziom odpadów. Wiek i stan techniczny zagospodarowania, w tym szczególnie

infrastruktury, a także technologie używane w produkcji przemysłowej prowadzonej na obszarze miasta także wpływają na jego metabolizm.

Główny problem współczesnego osadnictwa wiąże się z suburbanizacją, czyli rozlewaniem się osadnictwa. Główne cechy tego zjawiska to:

- Przyrost terenów zurbanizowanych – głównie poza obszarem węzłowym lub wręcz poza miastem; przyrost ten jest szybszy niż proporcje przyrostu ludności czy rozwoju infrastruktury. Wprawdzie podwyższa się standard, ale więcej zużywa się terenów niż przybywa dróg i mieszkańców;
- Zwiększanie udziału obszarów o niskiej gęstości zabudowy i zaludnienia – coraz niższa staje się racjonalność usług publicznych, droższy dostęp do infrastruktury, komunikacji, edukacji – nie tylko od strony energetycznej, a w ogóle przepływu środków. Paradoksem jest akceptowany okres zwrotu nakładów na infrastrukturę komunalną na poziomie 50–300 lat, wobec kryzysu finansów; z różnych przyczyn gminy podejmują działania, które mogą zostać pokryte z odpowiednich wpływów często w perspektywie dłuższej niż tysiąc lat (!!!);
- Wzrost powierzchni zabudowanej na mieszkańca – w dzielnicach mieszkaniowych i ogółem w mieście, wyższy niż wynika to ze wzrostu standardów powierzchni; standardy rosną dość szybko, czego często nie doceniamy, ale przyrost powierzchni zabudowanej jest jeszcze większy – buduje się bowiem ekstensywnie; jedną z przyczyn jest tu nadmiarowość instrumentów planistycznych, w Polsce szczególnie widoczna w studiach uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego.

Objawami suburbanizacji jest niska gęstość zabudowy, brak ciągłości użytkowania terenu, nierównomierne rozmieszczenie zabudowy i miejsc pracy, w tym nadmierna lokalna koncentracja użytkowania. Suburbanizacja prowadzi do transportochłonnej organizacji przestrzeni, wynikającej z nadmiernego oddalenia miejsc zamieszkania i pracy od dostarczanych przez miasto usług. Objawia się ona także małym stopniem zróżnicowania sposobów użytkowania terenu na jednostkę powierzchni oraz dużymi odległościami pomiędzy różnymi formami użytkowania ziemi. Tworzy się w związku z tym dodatkowy policentryczny układ centrów lokalnych, wokół miasta.

Skutki suburbanizacji to rozproszenie zabudowy mieszkaniowej, obniżenie standardu usług, szczególnie sfery publicznej, utrata przestrzeni otwartych i straty przyrodnicze. Paradoksalnie, bo wbrew pierwotnym przyczynom, suburbanizacja skutkuje też obniżeniem jakości środowiska zamieszkania – jego wartości krajobrazowych, kulturowych, rekreacyjnych. Powoduje podwyższone wydatki publiczne na infrastrukturę, usługi publiczne

i transport oraz wzrost materiałochłonności i energochłonności funkcjonowania miasta oraz trwałą utratę gruntów.

Suburbanizacja jest więc jak otyłość – miasta, konsumując za dużo energii, nie są w pełni sprawne. Kryterium metabolizmu miejskiego pozwala na wdrożenie swoistej „diety”: optymalizację przepływu oraz transformacji materii i energii w funkcjonowaniu miasta. Prowadzi to do zmniejszenia jej jednostkowego i całkowitego zużycia, poprawy efektywności energetycznej i zmniejszenia ilości „odpadów”. Zadaniem analiz w modelu metabolizmu miasta jest więc poznanie praktycznych zależności form zagospodarowania obszarów miejskich i zużycia zasobów – gruntów, materii, energii, z uwzględnieniem wpływów przemian cywilizacyjnych: demograficznych, konkurencji gospodarczej oraz innowacji technologicznych.

Badania prowadzone na całym świecie wskazują, że wolumen metabolizmu miast wzrasta. Ma to miejsce nie tylko w metropoliach globalnych, odnotowujących gwałtowny przyrost liczby mieszkańców, ale także w miastach europejskich, które nie rosną już tak szybko lub wręcz charakteryzują się stagnacją zaludnienia. Wprawdzie często udaje się tam zmniejszać zużycie energii, emisję pyłów i niektórych gazów, czy zredukować wielkość odpadów komunalnych, ale na przykład już odpady przemysłowe i logistyczne na ogół nadal wzrastają. Eksploatuje się więcej zasobów przyrodniczych, zajmuje nowe tereny, wzrasta obciążenie transportu pasażerskiego i towarowego, a także wytwarza się więcej zanieczyszczeń.

Dla sformułowania wytycznych do strategii rozwoju przestrzennego podjęto w ramach projektu SUME różnorodne działania. Przede wszystkim opracowano scenariusze potencjalnych kierunków rozwoju obszarów miejskich na zróżnicowanych przykładach, w tym dla aglomeracji warszawskiej. Dla przyjętej w ich wyniku typologii dokonano analizy wpływu różnych form zagospodarowania obszarów miejskich na zużycie zasobów oraz sporządzono strategie postępowania i wytyczne dla polityk rozwoju. Zadaniem projektu było też pobudzenie debaty publicznej, w tym na forum rządowym i samorządowym, dotyczącej koncepcji metabolizmu miejskiego i wyzwań z nim związanych.

Określono główne czynniki wpływające na metabolizm miast to układ przestrzenny, zróżnicowanie funkcjonalne i typologia zabudowy. Wszystkie one mają wpływ na zużycie gruntów, energii i materiałów. Wzajemne zależności ukazuje załączona tabela<sup>4</sup>:

---

<sup>4</sup> Borsia M., 2012. Zrównoważony metabolizm miejski w scenariuszach rozwoju aglomeracji warszawskiej - doświadczenia projektu SUME, w: Przegląd Urbanistyczny tom 3, Warszawa 2012, s. 31-33.

	<b>Układ przestrzenny</b>	<b>Zróźnicowanie funkcjonalne</b>	<b>Typologia zabudowy</b>
<b>Zużycie</b>	Zużycie gruntów jest funkcją intensywności zabudowy; fragmentacja obszarów źle wpływa na środowisko	Zużycie gruntów nie zależy w istotnym stopniu od układu funkcjonalnego – zamieszkania i pracy	Zużycie gruntów zależy przede wszystkim od typu zabudowy: najczęściej terenów zużywa ekstensywna zabudowa mieszkaniowa
<b>Zużycie energii</b>	Zużycie energii zależy od intensywności zabudowy i stopnia fragmentacji obszarów zabudowy – zwiększa ona istotnie odległości transportowe	Zużycie energii zależy od sprawności transportu publicznego, koncentracji miejsc pracy oraz wysokiej gęstości zabudowy; rozproszenie wydłuża odległości; przemieszanie funkcji sprzyja użyciu rowerów i dojściom pieszym	Zużycie energii dla potrzeb grzewczych zależy od intensywności zabudowy oraz rodzaju, wieku i stanu technicznego budynków
<b>Zużycie</b>	Jest większe przy niskiej intensywności i wysokiej fragmentacji – ze względu na potrzeby infrastruktury	Nie zależy od zróżnicowania funkcjonalnego	Zależy od typu zabudowy – niska może być mniej materiałochłonna, ale rozległa infrastruktura pochłania te oszczędności; wiek budynku ma wpływ na zużycie i recykling materiałów

Z analiz tych wynikają praktyczne wnioski dla polityki przestrzennej. W odniesieniu do układu przestrzennego sprowadzają się one do postulatu zwartości i zwiększenia gęstości zabudowy, bez utraty jakości środowiska zamieszkania. W naszych warunkach należałoby zatem unikać fragmentacji obszaru, do czego prowadzi m.in. nadmiarowość praktykowana w planowaniu przestrzennym. Zróźnicowanie funkcjonalne powinno prowadzić do podwyższonej gęstości zabudowy przy osiach transportu publicznego oraz do przemieszania funkcjonalnego – policentrycznej lokalizacji funkcji usługowych i pomocniczych. Co do typologii zabudowy, to konieczne jest zwiększanie jej sprawności energetycznej.

Model metabolizmu miasta pozwala przede wszystkim stwierdzić, że efektywność energetyczna osadnictwa zależy w istotnym stopniu od sprawności funkcjonowania organizmu miejskiego, czyli jego struktury funkcjonalno-przestrzennej. Miasto może oszczędniej gospodarować zasobami: gruntami, materiałami i energią poprzez bardziej innowacyjną politykę rozwoju przestrzennego, a szerokie możliwości w tym zakresie daje optymalizacja form zagospodarowania przestrzeni miejskich. Sprzyjać jej może większa

świadomość mieszkańców i władz w zakresie podstawowych kwestii metabolizmu miast – zasad i skali przepływów materii i energii.

**Artykuł powstał na podstawie referatu, wygłoszonego podczas konferencji:**

**MIASTO IDEALNE – MIASTO ZRÓWNOWAŻONE**

**Planowanie przestrzenne terenów zurbanizowanych i jego wpływ na ograniczenie skutków zmian klimatu**

**Warszawa, 24 października 2014 r.**



**Niniejszy materiał został opublikowany dzięki dofinansowaniu Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Za jego treść odpowiada wyłącznie Uniwersytet Warszawski.**