



Marcin Brzezicki

Inteligentny budynek?

Poprzednicy

Wysłuzona formuła: *forma wynika z funkcji* nabiera dziś nowego sensu, a właściwie znów odzyskuje sens dawny, zgodny z pierwotnym jej rozumieniem. Jej autor, Louis Sullivan, traktował naturę jako niezrównaną mistrzynię, w doskonały sposób rozwiązującą wszystkie zagadnienia. Sullivan mówił o nierozdzielnej więzi, jaka zachodzi między budową organizmów żywych a sposobem ich poruszania się. Skrzydło ptaka jest ściśle przystosowane do lotu, ogon i płetwy ryb do pływania w wodzie. *Form follows function* [27, s. 76 i 244] stanowiło syntezę, rodzaj podsumowania tych rozważań, a zarazem wytyczną dla ludzkiego postępowania.

Warto o tym przypomnieć dziś, gdy twórcy nowatorskich rozwiązań deklarują, że budynki powinny zachowywać się jak zwierzęta¹. W tym wypadku *zwierzę*, podobnie jak u Sullivana, jest przykładem doskonałego przystosowania się do warunków zewnętrznych. Inna sprawa, że proklamowana przez Sullivana, i akceptowana przez Wrighta i innych, architektura organiczna, znana jest raczej z zewnętrznego podobieństwa jej obiektów do organizmów żywych². Z punktu widzenia współczesnych apologetów natury, taka formalna mimikra byłaby raczej zaprzeczeniem lansowanego przez nich programu. Ich zdaniem istotą jest sposób działania organizmów żywych, to on stanowi wytyczną dla różnych ludzkich poszukiwań, a nie zewnętrzny wygląd zwierzęcia.

Jeśliby nawet kwestionować praktyki architektury organicznej, to i tak w dziedzinie teorii Louis Sullivan może śmiało uchodzić za prekursora współczesnych poszukiwań, inspirowanych wzorami natury. Takie badania obejmują najrozmaitsze dziedziny, a osiągnięte sukcesy są zgoła zdumiewające. „Pojawiły się prace, których autorzy korzystali z genetycznych algorytmów do projektowania obwodów

scalonych, sieci łączności, turbin samolotowych oraz doborzenia optymalnych portfeli akcji” [6, s. 162].

Podpatrywanie przyrody i wdrażanie do budownictwa zapożyczonych od niej rozwiązań przynosi wiele korzyści. Zainteresowani problematyką wskazują, że dużo można nauczyć się nawet od owadów, których społeczności dla ochrony i właściwego rozwoju budują własne siedliska. Wzorowane na termitierach, systemy naturalnej wentylacji obiektów są wyjątkowo skuteczne. Mikroklimat mrowiska regulują zimą gnijące resztki pożywienia i uprawiana przez mrówki grzybnia³. Jeszcze korzystniejsze są obserwacje organizmów stałocieplnych. Pieski preriowe sytuują wejścia do swoich nor w taki sposób, aby możliwe było ich naturalne przewietrzanie [8, s. 69], konieczne do utrzymania odpowiedniej temperatury.

W ciepłym klimacie, w gorące dni, tempo metabolizmu spada, zmniejsza się zapotrzebowanie na pożywienie, zwiększa na wodę; zwierzęta poszukują cienia. Budynki nie uciekną w cień, a byłoby to wskazane, zwłaszcza dla tych obficie przeszklonych i wyposażonych w skądinąd przydatne urządzenia, takie jak koparki, komputery i drukarki laserowe. O możliwości poruszania się całych budynków marzył kiedyś wizjoner-fantasta Buckminster Fuller [1, s. 34]. Jego idea ruchomego domu (ang. *mobile home*) nie doczekała się co prawda szerszego rozpowszechnienia, dom na kółkach stał się jednak trwałą formą zamieszkiwania pewnej, niezbyt licznej grupy amerykańskiej ludności. Także Ron Herron z grupy *Archigram* szokował krytyków swą wizją wędrującego miasta (ang. *walking city*), [29]. Inną próbą inspirowania się niedoścignionym wzorcem adaptacji i ewolucji zwierząt jest architektura przekształcalna, zwana także elastyczną (ang. *flexible*). W budynku przekształcalnym nieustannej wymianie podlegają jego elementy składowe, natomiast główna struktura nośna pozostaje nie-

¹Np. budynek, który stoszy pióra: *Patentiertes Gefieder*, „Intelligente Architektur” 2000, nr 8(23), s. 25.

²Więcej pisałem o tym [w:] Brzezicki M., *Dlaczego ogórek nie ziewa*, Materiały V Sympozjum, Gra o przestrzeń, Rybna 2000.

³Mrówki z rodzaju *Atta* – gatunki: *Cyphomyrmex*, *Apterostigma* i *Trachymyrmex*.



fol. Palle Villesen, Aarhus University

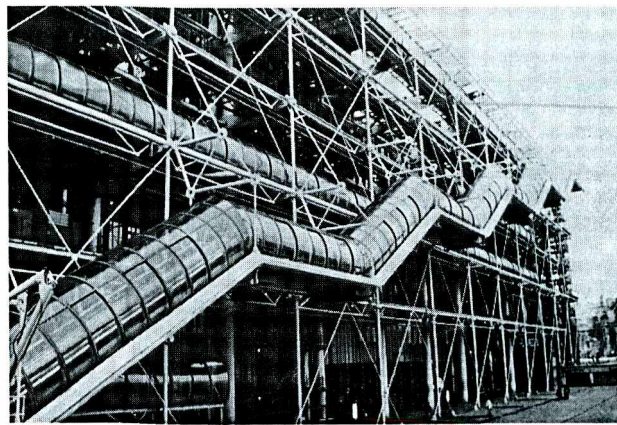
Ryc. 1. Grzybnia uprawiana przez mrówki z rodzaju *Atta Cyphomyrmex*

Fig. 1. Fungus-growing ants, tribe *Atta Cyphomyrmex*

zmienna. Japońscy zwolennicy takiego rozwiązania określali się mianem *metabolistów* [14, s. 98], podkreślając w ten sposób istnienie podobieństwa ich dzieł do organizmów żywych, w których nieustannej wymianie komórek towarzyszą nieznaczne zgoła zmiany całego organizmu. Angielscy propagatorzy takiego rozwiązania, wywodzący się z grupy *Archigram*, tworzyli struktury zwane *plug-in* [15, s. 327]. Przewidywano, że najwolniej zmienia się infrastruktura urzędów miejskich, z którą obiekt jest związany, dłużej trwają elementy konstrukcji, ściany i stropy, najczęstszej wymianie natomiast podlegają systemy obsługi oraz ich poszczególne części [5, s. 15]. Richard Rogers podaje diagram uwzględniający niejednakową trwałość rozmaitych elementów obiektu [20, s. 47]. Taka otwarta struktura umożliwiałaby budynkowi starzenie się z godnością. Wszystkie używane elementy instalacji i urządzeń byłyby wymieniane na bieżąco, z uwzględnieniem nie tylko technicznego, ale także moralnego zużycia poszczególnych ich części.

W drugiej połowie lat 70. XX wieku doszło do realizacji wizjonerskich pomysłów. Autorzy Centrum Pompidou (arch. R. Rogers, R. Piano, Paryż, 1977) podkreślali zwłaszcza dążenie do maksymalnej przekształcalności. Nawet stropy miały być ruchome, aby umożliwić ekspozycję dzieł sztuki o różnych gabarytach [11, s. 85]. Krytycy wykazują jednak, że Centrum Pompidou w ciągu wielu lat eksploatacji wymagało bardzo kosztownych remontów, możliwość przekształcania nie została natomiast wykorzystana. Może wcale nie było to potrzebne, a może wprowadzanie zmian okazało się znacznie trudniejsze niż sugerowali to autorzy projektu [25, s. 59]. Być może, chodziło nie tyle o budynek, ile o człowieka; marzenie; by dostojęństwu jego siwiejących włosów towarzyszyło młodzieńcze, nienagane działanie wszystkich organów wewnętrznych. W tym wypadku natura przestaje być doskonałym wzorcem, nowatorzy zaś poszukujący części *zamiennych do naprawiania ludzi*, występują raczej w roli zbuntowanych przeciw mistrzyni konkurentów niż posłusznych wobec niej terminatorów.

Niewątpliwie, tak zwane elastyczne obiekty bywały przeinwestowane. Termin ten rozumiem tu w szerokim znaczeniu, nie tylko w sensie przynieszonego przez inwestycje bezpośredniego zysku, ale korzystania z przewidywanych udogodnień.



Ryc. 2. Centrum Pompidou

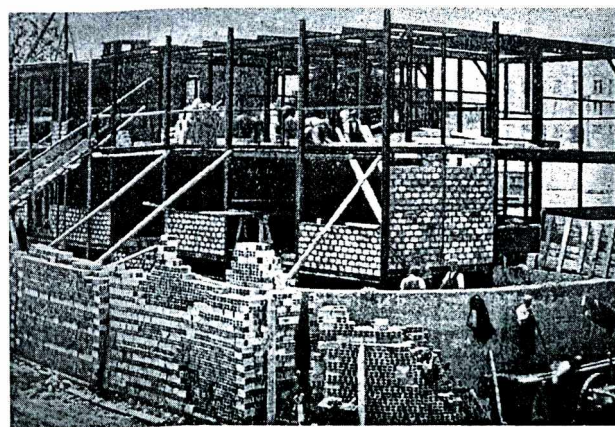
Fig. 2. Centre Pompidou

Prekursorskie propozycje często bywają w taki sposób przeinwestowane. Idea przekształcalności żywo interesowała kiedyś Miesa van der Rohego. Zaproponowane przez niego rozwiązanie w bloku mieszkalnym na osiedlu Weisenhoff w Stuttgarcie, wybudowanym w 1927 r., uległo kompletnemu zapomnieniu, mimo że budynek nie ucierpiał podczas działań wojennych. Nawet tak wytrawny znawca architektury współczesnej jak Banham kwestionował prawdziwość twierdzenia van der Rohego o zainstalowanych w budynku ruchomych ścianach. Twierdził, że w omawianym obiekcie „nie było niczego, co normalnie nazywamy ruchomymi ścianami (...)”, [2, s. 338]. A jednak ruchome ściany, dające się przestawiać zgodnie ze zmieniającymi się potrzebami i życzeniami użytkowników, zostały zainstalowane, jakkolwiek nie we wszystkich mieszkaniach, lecz jedynie jako eksperyment w sekcji nr 16 [18].

Koncepcja przekształcalności rozprzestrzeniła się tylko w ograniczonym zakresie. Inwestorzy w swojej przeważającej większości preferowali raczej skostniałe formy funkcjonalne. Niektórzy jednak decydowali się na eksperymentalne budowle sądząc, że wysokie koszty inwestycji zwrócą się w ciągu dłuższego okresu eksploatacji. Nie można jednak potwierdzić słuszności tego twierdzenia „bo nie można przedstawić wiarygodnego bilansu kosztów. Nie da się ustalić ekonomicznych zysków przekształcalności, bo nie

Ryc. 3. Osiedle Weisenhoff podczas budowy

Fig. 3. Weisenhoff housing estate during erection





4 fot. Jadwiga Sławińska

Ryciny: 4. Blok mieszkalny na osiedlu Weisenhoff, 5. Budynek Seagram, 6. Siedziba Fundacji Forda, 7. Siedziba firmy ubezpieczeniowej Lloyd'a

Figures: 4. Weisenhoff housing estate, 5. Seagram building, 6. Ford Foundation, 7. Lloyd of London Headquarters

fot. Mary Ann Sullivan



5

6 fot. Mary Ann Sullivan



7



wiadomo kiedy i ile razy zostanie on przekształcony, oraz nie są znane koszty rozwiązania alternatywnego, tj. przeprowadzania zmian metodami konwencjonalnymi” [25, s. 57].

Jeśli nawet przeinwestowanie, związane z przekształcalnością przyniosło pewne straty, to i tak zostały one w inny sposób zrekompensowane. Proklamowany jeszcze przez Le Corbusiera *otwarty plan*, będący jednym z jego pięciu punktów twórczego programu, którego on sam zresztą nie przestrzegał, przewidywał jedynie zastąpienie ścian nośnych systemem szkieletowej konstrukcji. Dalsza ewolucja polegała na eliminowaniu podpór pośrednich. Dzięki

dynamicznemu rozwojowi rozmaitych systemów konstrukcji przekształcalne, w intencji ich twórców, budynki zyskały wielką siłę wyrazu. Umożliwiło to też otwarcie dolnych kondygnacji dla publiczności i tworzenia tam tak poszukiwanych w zatłoczonym mieście przestrzeni publicznych⁴.

Struktury *plug-in*, jakkolwiek rzadko stosowane do rzeczywistej wymiany modułów funkcjonalnych, np. komunikacyjnych czy sanitarnych, zaowocowały w inny sposób: przyczyniły się do powstania budynków inteligentnych.

⁴ Ghirardo poświęca temu cały rozdział pt.: *Przestrzeń publiczna* [10, s. 43–106].

Geneza budynku inteligentnego

W latach 80. popularna stała się, konkurencyjna wobec metody *plug-in*, idea ogólnej adaptacji. Sieć komputerowa oplatająca budynek umożliwiała tworzenie interdyscyplinarnych zespołów, bez potrzeby zmiany stanowisk pracy specjalistów. W tym celu lokalne sieci informatyczne włączano w globalny system informacji. Wtedy po raz pierwszy pojawiła się nazwa *inteligentny budynek*⁵. Metaforyczna nazwa sugerowała, że budynek może nie tylko jak żywy organizm reagować na bodźce zewnętrzne, ale także sprawnie myśleć. Była w tym niewątpliwie przesada, ale mimo to, a może właśnie dlatego, nazwa doskonale służąca reklamie szybko się rozpowszechniła. Oczywiście, istnieje pewne podobieństwo między sposobami funkcjonowania pionierskich budynków inteligentnych a procesami zachodzącymi w naturze. Niewiele z tego wynika, bowiem bogactwo i różnorodność rozwiązań natury są wprost nieskończone i ludziom trudno by było zaproponować coś nowego, co by już wcześniej w naturze nie występowało. Pionierskie budynki, jak je nazywam: pierwszej generacji, nawiązywały do natury w sposób wybitnie fragmentaryczny, wręcz wyrywkowy. Tylko pod jednym względem działały zgodnie z jej zasadami, ignorując wszystkie pozostałe. Przyniosło to rozwiązania wielce niedoskonałe. Trwały więc dalsze poszukiwania. Budynek inteligentny szybko ewoluował. Zwolennicy kolejnych, bardziej doskonałych rozwiązań nie tylko odrzucali rozwiązania wcześniejsze, ale wręcz zarzucali

⁵ Za pierwszy budynek inteligentny uznaje się siedzibę firmy United Technologies wybudowaną w 1986 r. w Harford w stanie Connecticut.

im brak inteligencji. Istotnie, sterowanie podstawowymi procesami eksploatacyjnymi nie oznacza jeszcze zdolności do uczenia się, czy aktywnego wnioskowania.

Jedna i ta sama nazwa *budynek inteligentny* obejmuje wielce niejednolity zbiór. W tej sytuacji podejmuję próbę wyodrębnienia kolejnych generacji budynków inteligentnych. Moje propozycje zasadniczo różnią się od przedstawianych dotychczas [31, s. 32]. Za kryterium takiego podziału przyjmuję kolejno powstające ściślejsze, bardziej wszechstronne i rozległe związki z naturą. Tak więc pierwotnym wzorcem dla pierwszej generacji była komórka reagująca na bodźce zewnętrzne, dla drugiej inspiracją był już bardziej złożony, wielokomórkowy, wieloorganowy organizm. Kolejny etap rozwoju, trzecia generacja budynków uwzględniała interakcję zachodzącą między organizmem a jego środowiskiem.

Kolejne generacje budynków inteligentnych zasadniczo się od siebie różnią. Stwarza to pokusę, aby każda z nich inaczej nazwać, rezygnując zarazem ze wspólnej nazwy dla całego zbioru. Za utrzymaniem jednak jednej nazwy na określenie tak różnych rozwiązań przemawiają liczne argumenty. Nawyk językowy bardzo trudno zmienić, nawet jeśli wystąpiłoby się z nowymi propozycjami w dziedzinie nazewnictwa. Całościowe ujęcie sprzyja ukazaniu poszukiwań w tej dziedzinie, a zarazem tłumaczy zmiany znaczenia samej nazwy. Próba analizy i wyodrębnienia poszczególnych znaczeń staje się kroniką zmagania twórców budynków inteligentnych; zapisem kolejnych przybliżeń w dążeniu do stworzenia samodzielnego, *myślącego* obiektu.

I generacja

Automatyczne sterowanie znajduje zastosowanie w wielu różnych dziedzinach. Najwcześniej było wprowadzane do produkcji przemysłowej. Później do wyposażenia biur i wreszcie do eksploatacji całych obiektów. W budynkach biurowych najpierw pojawiła się automatyzacja i informatyzacja systemów o strategicznym znaczeniu dla działania firm. Objęła sieci przepływu informacji, metody elektronicznego jej składowania i zabezpieczenia przed włamaniem. Systemy te określaliśmy mianem wewnętrznej komunikacji i przesyłu danych⁶.

⁶ Inteligentna komunikacja – jeden z integralnych elementów inteligentnego budynku wg <http://www.ib.pl/ib.html>.

Początkowo pojawiły się w instytucjach, przetwarzających znaczne ilości informacji, takich jak firmy informatyczne, administracja czy wojsko. Prowadzone prace badawcze lub ochrona bezpieczeństwa państwa wymagały budowy kosztownych systemów. Niezbędne dla funkcjonowania firm systemy regularnie wzbogacano o te, które były związane ze sterowaniem pracy budynku: automatyzację oświetlenia, klimatyzacji, transportu wewnętrznego. Automatyzacja takich procesów wynikała z potrzeby zapewnienia użytkownikowi odpowiednich warunków pracy. Regulacja mikroklimatu odbywała się całkowicie automatycznie, bez ludzkiej ingerencji w ramach tzw. systemu HVAC

(ang.: *heating, ventilation, air-condition* – ogrzewanie, wentylacja mechaniczna, klimatyzacja). Jakkolwiek projektanci tych systemów nie deklarowali się jako uczniowie natury, to jednak korzystali z teorii sterowania, wywodzącej się z analizy organicznej homeostazy, zwłaszcza z wcześniejszych prac ojca współczesnej cybernetyki – Norberta Wienera [33]. Nauka przed powstaniem cybernetyki, przynajmniej do czasów oświecenia, traktowała ludzi, zwierzęta i maszyny jako byty całkowicie odrębne⁷. Jeżeli dokonywano porównań między nimi, to miały one jedynie literacki charakter. Wiener wykazał, że zachowanie się z jednej strony ludzi i zwierząt, a z drugiej funkcjonowanie maszyn podlega pewnym wspólnym regułom. W tym sensie cybernetyka jest ogólną nauką o sterowaniu. Na podstawie jego pionierskich prac nad zachowaniem stanów równowagi opracowano matematyczne modele mechanizmów sprzężenia zwrotnego (ujemnego i dodatniego). Prekursorzy inteligentnych tworów nieożywionych opierali się więc na podstawowych schematach sterowania. W konsekwencji pojawia się analogia między tymi twórcami a układami homeostazy nawet najprymitywniejszych organizmów jednokomórkowych⁸. Trafnie dostrzeżono też paralelę między zdolnością organizmów do utrzymywania w stanie równowagi różnych parametrów warunkujących prawidłowe funkcjonowanie organizmu a obiektami architektonicznymi: „Inteligentny budynek miał stanowić otoczenie dla firm działających w czasie rzeczywistym i reagujących na rynkowe bodźce natychmiast, zgodnie z teorią firmy jako **mechanizmu homeostatycznego** [wyróżnienie autora]” [17].

Traktowanie jako wzorców jedynie prymitywnych organizmów wynikało ze stopnia złożoności bardziej skomplikowanych układów nerwowych (np. kręgowców). Zagadnienia te łatwiej było analizować rozpatrując w pierwszej kolejności organizmy znajdujące się na niższym szczeblu ewolucji, a dopiero później posuwając się do prób poznania bardziej zaawansowanych systemów (neurologia ewolucyjna). Ograniczenie to doprowadziło jednak do powstania rozwiązań, których *inteligencja* nie wykraczała poza podstawową reakcję na zewnętrzne bodźce. Odpowiednikiem naturalnych receptorów stały się czujniki. Rolę włókien nerwowych przejęły kable elektryczne. Decyzje podejmował centralnie sterujący systemem komputer. W konsekwencji twórcy skrupulatnie podkreślali, że powstające homeostaty techniczne były sprawniejsze i wygodniejsze w użyciu niż ich organiczne wzorce. Charakteryzowały się daleko większą tolerancją na zmiany temperatury, umożliwiały centralne sterowanie wszystkimi zachodzącymi w budynku procesami i bez większych konsekwencji można je było unieruchomić, nawet na długi czas. Powszechnie były stosowane w amerykańskich wieżowcach: (*Chase Manhattan Bank*, arch. Skidmore, Owings i Merrill (SOM), 1961, *Citicorp Center*, arch. Hugh Stubbins 1978,

Hancock Place, arch. Ieoh Ming Pei, 1977, *World Trade Center*, arch. Minoru Yamasaki, 1977 [23]). Funkcje, które w naturze spełniały futro, dreszcze czy pot przejęte zostały przez odpowiednie systemy. Temperatura i wilgotność wnętrza były utrzymywane automatycznie, za pomocą instalacji grzewczych i klimatyzacyjnych, w zależności od stanu pogody. Odpowiednio skonstruowane, hermetyczne fasady chroniły użytkowników przed hałasem ulicznym i zanieczyszczeniem powietrza. Najczęściej taka automatyzacja była koniecznością wynikającą ze skali obiektu. Użytkownicy początkowo zaakceptowali te usprawnienia. Uwalniały bowiem obsługę i pracowników od obowiązku ręcznego sterowania zachodzącymi w budynku procesami. Nie dostrzeżono, że pełna izolacja od warunków zewnętrznych, eliminująca możliwość interakcji z otaczającym środowiskiem, nie zawsze jest zaletą, lecz może być wadą.

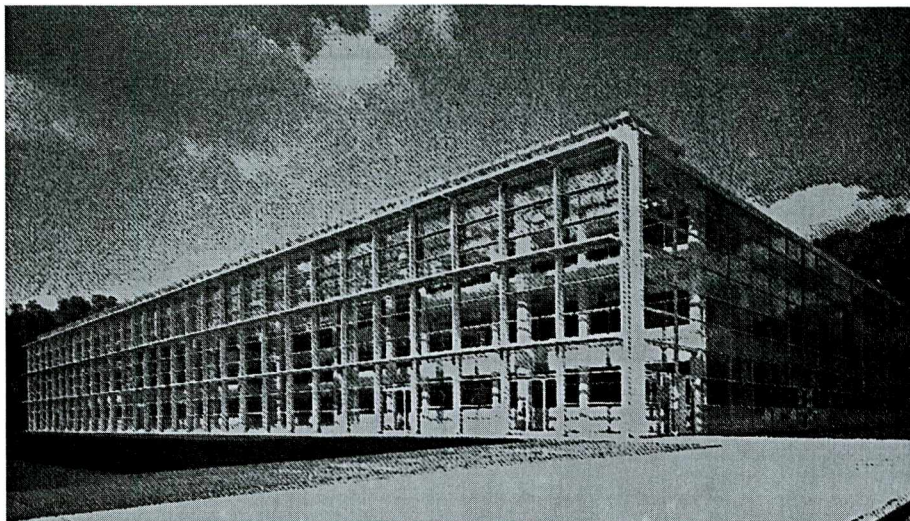
Rozmaite wewnętrzne i zewnętrzne instalacje pozostawały od siebie niezależne. Było to spowodowane względami bezpieczeństwa. Systemy nie wymieniały między sobą żadnych informacji lub czyniły to w niewielkim stopniu. Brakowało także kompatybilnych, zgodnych systemów, tworzonych dla kompleksowej obsługi budynków. Ograniczona sprawność mechanizmów sterowania i niewystarczająca moc obliczeniowa central wykluczała możliwość indywidualnego wyboru opcji przez poszczególnych użytkowników. Wszyscy musieli pozostawać w jednakowych warunkach. Brakowi możliwości technicznych czasem towarzyszył niezrozumiały upór niektórych projektantów, którzy ze względów formalnych dążyli do ujednoczenia wyglądu fasady budynku. W wieżowcu *Seagram* (arch. Mies van der Rohe, Nowy Jork, 1958) „oświetlenie i żaluzje okienne są kontrolowane automatycznie celem nadania ujednoczonego wyglądu bez względu na potrzeby użytkowników” [15, s. 116].

Rozmaite mankamenty pierwszej generacji budynków inteligentnych stały się widoczne dopiero w czasie ich eksploatacji. Zostały one spowodowane niekorzystnymi następstwami fragmentarycznego, wybiórczego traktowania wzorów – organizmów żywych. *Budynki miały być jak zwierzęta*, jednak żadne zwierzę nie może: po pierwsze, pozostawać w całkowitej izolacji od środowiska, po wtóre, pozwolić sobie na skrajną rozrzutność energetyczną, gdyż nie ma sposobu uzupełnienia braków z dodatkowych, zewnętrznych źródeł. Po trzecie wreszcie, jego system reagowania na bodźce zewnętrzne musi się charakteryzować znaczną elastycznością.

Pierwsze budynki inteligentne, w trosce o utrzymanie sztucznego stanu równowagi, całkowicie izolowano od środowiska. Powstawały obiekty na wzór statków kosmicznych i łodzi podwodnych. Konstruowano je tak, jakby miały funkcjonować we wrogim dla człowieka otoczeniu. Fasady były uszczelniane, likwidowano możliwość otwierania okien. Duże powierzchnie kondygnacji biurowych i głębokie trakty wykluczały oświetlenie stanowisk pracy światłem dziennym. Separacja od wpływów zewnętrznych nie była jednak koniecznością, wynikała raczej z trudnych do przewidzenia skutków integracji z otoczeniem: kondensacji pary wodnej w klimatyzowanych pomieszczeniach, nadmiernego przenikania ciepła, przeciągów.

⁷ Kartzeszus „...zwierzęta pojmował jako maszyny i w tym sensie interpretował ich zachowanie” [28, s. 50].

⁸ Termin *homeostaza* w biologii oznacza zdolność żywego organizmu do zachowania względnie stałego stanu równowagi, np. składu krwi, temperatury itp., przez odpowiednią koordynację i regulację procesów życiowych. Termin, stworzony wcześniej, po raz pierwszy zdefiniował Walter Cannon w książce *Wisdom of the Body* w 1930 r.



Ryc. 8. Enerplex, budynek północny
Fig. 8. Enerplex, North building

Ścisła izolacja od otoczenia sprzyjała niekorzystnemu trwonieniu energii. Jej wzrastające zużycie wynikało z zastosowania wielu energochłonnych rozwiązań technicznych. Nagromadzone w ten sposób ciepło odpadowe wymagało usuwania. Stwarzało to zapotrzebowanie na wytężoną pracę systemów klimatyzacyjnych i w konsekwencji powodowało dodatkowe zużycie energii.

Próby odejścia od obowiązującego schematu były już podejmowane w latach 60. W 1967 roku powstała Siedziba Fundacji Forda (arch. Kevin Roche, John Donkolo, Nowy Jork, 1967), budynek z dużym, przeszklonym, choć izolowanym od warunków zewnętrznych, atrium [12, s. 77]. Z początkiem lat 80., słynna amerykańska firma projektowa, znana z realizacji m.in. *Sears Tower* – Skidmore, Owings & Merrill została zaproszona do udziału w projektowaniu i realizacji eksperymentalnego zespołu biurowych budynków energooszczędnych – *Enerplex* (Princeton, 1981), [30, s. 32]. Inwestor, Prudential Insurance, zdecydował się na wprowadzenie wielu rozwiązań ograniczających zużycie energii: przeszklonych atrium, zdwojonych fasad umożliwiających obieg ciepłego powietrza wokół budynku, a nawet izolowanych basenów, służących do magazynowania lodu w zimie – sposobu na chłodzenie budynku w lecie. Takie nowatorskie rozwiązanie niewątpliwie wyprzedziło swój czas. Nie znalazło jednak zrozumienia i nie odniosło komercyjnego sukcesu, konieczna była rezygnacja z części energooszczędnych rozwiązań [10, s. 117]. Taki rozwój wypadków przyczynił się raczej do zahamowania poszuki-

wań w nowym kierunku, niż do ich przyspieszenia. Znacznie wygodniej było sterować pracą budynku w sposób automatyczny, odpowiadało to zapotrzebowaniu rynku i aspiracjom inwestorów.

Powstające w ten sposób systemy przejmowały nadzór nad pracą budynku, od regulacji mikroklimatu do kontroli dźwignów osobowych. Scentralizowane schematy sterowania były mało elastyczne. Samoregulujące systemy w poprawny sposób funkcjonowały w warunkach standardowych, w ramach określonego programu, ale nie w okolicznościach wyjątkowych. Nie wykrywały zagrożenia w odpowiednim momencie. Nie działały należycie w sytuacjach, które nie zostały przewidziane w algorytmach ich funkcjonowania. Budynki inteligentne pierwszej generacji, z jednej strony nie mogły sobie radzić bez ludzkiej pomocy, ale z drugiej, ograniczały inwencję i możliwość wyboru opcji, dokonywanego przez zatrudnionych pracowników. Skazywały ich na przebywanie w sztucznym środowisku, na którego regulację nie mieli żadnego wpływu. Z przyjaznego człowiekowi schronienia, przychylnego mu tworowi, zmieniały się w autorytarnych władców. Zawsze *wiedziały* lepiej jak mają funkcjonować. Niekiedy uważano to za zaletę. „Inteligentny budynek to taki obiekt, w którym wszystkie podsystemy współdziałają ze sobą (...), a ponadto posiadają zdolność automatycznego reagowania na wszelkiego rodzaju zagrożenia, czy też zmiany warunków pracy, przy **minimalnej ingerencji człowieka** [wyróżn. aut.] (...)” [24].

II generacja

Druga generacja budynków inteligentnych powstała dzięki świadomej, całościowej analizie funkcjonowania organizmów żywych. Budowa systemów sterowania, programów komputerowych i okablowania była wzorowana na autonomicznych układach nerwowych kręgowców: centralnym i obwodowym. Umożliwiło to niezależny obieg różnych sygnałów i jednoczesną kontrolę przez jednostkę centralną pracy poszczególnych, odseparowanych od siebie części. Doskonałość natury jako niedoścignionego wzorca polega na tym, że może ona połączyć integrację z autonomią na poziomie pojedynczych organizmów: orga-

nów lub tkanek, jednostek lub ich społeczności⁹. Mechanizm działania tych systemów przewyższył swą złożonością dotychczas stosowany schemat: bodziec – reakcja. Zastosowanie fizycznego rozdziału poszczególnych obwodów systemu sterującego, z jednoczesnym umożliwieniem wymiany informacji ułatwiło regulację i kontrolę należytej pracy budynku, zwiększyło się też bezpieczeństwo. Systemy regulacji mikroklimatu funkcjonowały niezależnie od

⁹ Termity, mrówki, pszczoły – inteligencja zbiorowa i jednoczesna autonomia poszczególnych osobników.

systemów nagłośnienia, ale mogły jednocześnie się komunikować. Obserwacja i analiza poszczególnych organów doprowadziła także do powstania systemów dobrze działających, niezależnie od awarii systemów centralnych. Tak jak bicie serca nie ustaje mimo utraty przytomności, podobnie układ przeciwpożarowy funkcjonuje niezależnie od awarii całego systemu. Odnosi się to także do zasady lokalnego sprzężenia zwrotnego. „Oznacza to, że poszczególne urządzenia rozmieszczone w całym budynku, odpowiedzialne za działanie oraz sterowanie różnymi czujnikami, mogą bez zakłóceń wykonywać funkcje kontrolne, nawet w przypadku przerwania komunikacji z nadrzędnymi jednostkami zarządzającymi” [24].

Współczesną realizacją wcześniejszych założeń stał się BMS (ang. *Building Management System* – system zarządzania budynkiem), który jest standardowo instalowany w dużych obiektach, wymagających centralnego sterowania. Jednym z pierwszych budynków, w którym zainstalowano BMS był biurowiec Lloyda w Londynie (arch. Richard Rogers, 1979–1986), [22]. Współcześnie praca BMS coraz częściej jest oparta na sterowaniu z zastosowaniem logiki rozmytej i sieci neuronowych, które upodobił algorytm programu do schematu funkcjonowania układów organicznych [19]. Zastosowanie tych metod ułatwia komunikację z użytkownikiem i zwiększa precyzję określenia stanu środowiska (bardzo zimno, zimno, ciepło, bardzo ciepło), [32, s. 15].

Wzorowana na układach nerwowych kregowców budowa systemów BMS umożliwia pełną integrację. Jej zakres zależy obecnie jedynie od budżetu inwestycji. W pełni zintegrowane systemy obsługują banki, budynki rządowe, fabryki o zaawansowanej technologii oraz instytuty badawcze. „Dzięki zastosowaniu komputerów i standaryzacji komponentów wchodzących w skład instalacji różnego typu, pojawiła się możliwość śledzenia i sterowania wszelkimi procesami zachodzącymi w budynku. Integracja systemów pokazała, że możliwe jest efektywne zarządzanie zasobami budynku” [24].

Dzięki zastosowaniu integracji systemów rozmaite urządzenia budynku inteligentnego stają się bardziej autono-

miczne. Obraz sytuacji uzyskany dzięki przetworzeniu dużo większej liczby danych staje się o wiele dokładniejszy i bardziej precyzyjny. Nieustanne zmiany poszczególnych parametrów zostają niezwłocznie zarejestrowane. Dzięki zastosowaniu neuropodobnych algorytmów zwiększa się precyzja oceny stanu środowiska, choć nie umożliwiają one jednak wykroczeń poza założony schemat działania. *Inteligencja* tych obiektów oznacza głównie wyposażenie jednostki centralnej w skomplikowany program sterujący z wprowadzonymi z góry schematami sprzężeń zwrotnych: program *wie*, że aby podnieść temperaturę w danym pomieszczeniu należy zwiększyć dopływ ciepła.

Zastosowanie nowych metod sterowania redukuje, w porównaniu do wcześniejszych rozwiązań, energochłonność budynków. Centralne zarządzanie umożliwia odpowiednią dystrybucję energii w zależności od potrzeb. Automatyka reguluje ogrzewanie i wyłącza oświetlenie w pomieszczeniach, w których czasowo nie przebywają ludzie [34, s. 12]. Na popularność energooszczędnych rozwiązań wpłynęły kryzysy paliwowe i spodziewane przez inwestorów podwyżki cen energii. Niemalą rolę odegrała także zwiększająca się popularność idei zrównoważonego rozwoju [3].

Przykładem praktycznej realizacji pełnej integracji systemów jest siedziba Biura Projektów firmy Josef Garter w Gundelfingen, w Niemczech (arch. Ackermann & Partner, 1993). Instalacje, których zadaniem jest regulacja mikroklimatu budynku: ogrzewanie, wentylacja, klimatyzacja, rekuperacja ciepła, ochrona przed nadmiernym nasłonecznieniem, oświetlenie i instalacje alarmowe przeciwpożarowe są sterowane przez system DDC (ang. *Direct Digital Control* – cyfrowej kontroli bezpośredniej). Wszystkie jego elementy: czujniki, siłowniki, zawory itp. są połączone z centralnym komputerem. System sterowania jest oddzielony od systemu zasilania poszczególnych urządzeń. Impulsy sterujące wysyłane są „za pośrednictwem okablowania i docierają do poszczególnych urządzeń, które są tak ustawione, jak przystanki na trasie autobusu” [16, s. 128].

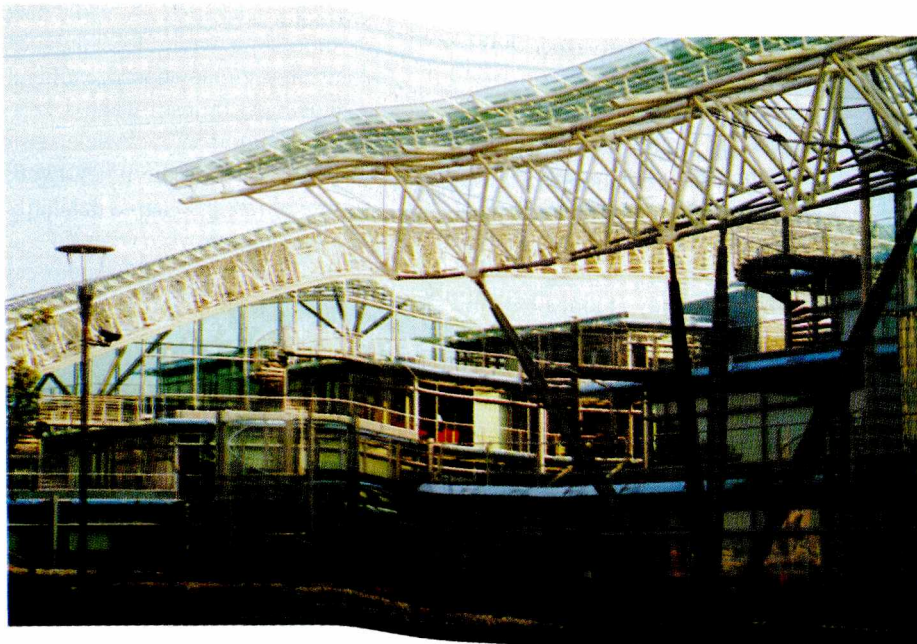
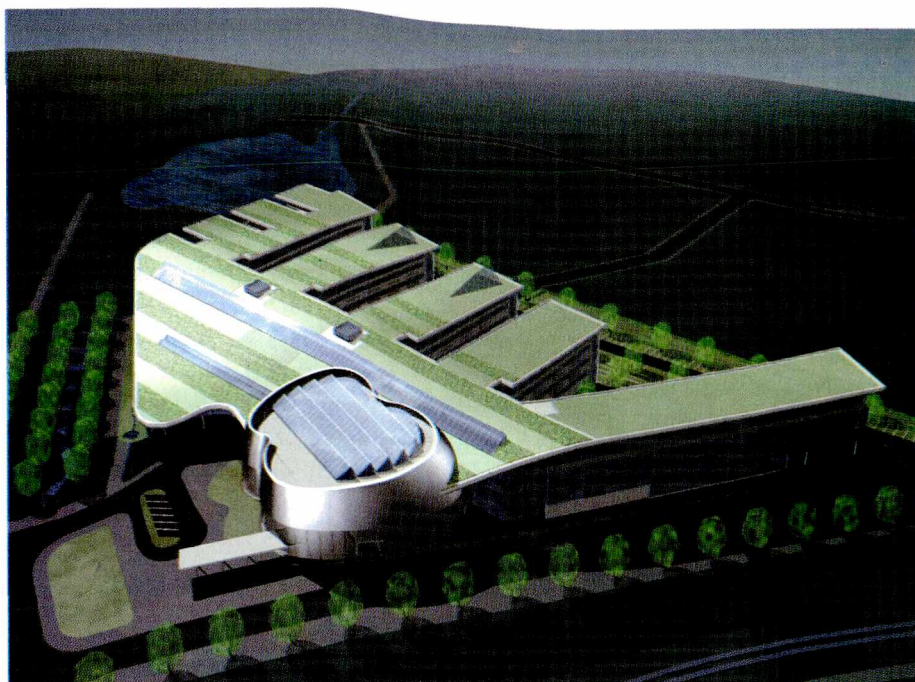
III generacja

Kolejna generacja budynków inteligentnych powstała dzięki lepszej, bardziej wszechstronnej obserwacji całokształtu oddziaływania środowiska na żywe organizmy. Wcześniejsze techniczne modele homeostazy zakładały izolację urządzeń technicznych od zewnętrznych czynników środowiskowych. Było to bardzo korzystne, ze względu na wygodę sterowania, ale zarazem niekorzystne, ze względu na energochłonność tych rozwiązań. Poszukiwanie bardziej energooszczędnych urządzeń skierowało baczniejszą uwagę na populację zwierzęcą. Zauważono, że ich siedliska bywają doskonale przewietrzane, mimo że nie stosują skomplikowanych, nasyconych techniką systemów klimatyzacyjnych. Zamiast izolować się od wpływów zewnętrznego środowiska, zdają się na nie otwierać, korzystając z naturalnych ruchów powietrza, energii słonecznej itp. Przykładem mogą być wspomniane uprzednio sposoby regulowania mikroklimatu wewnątrz kopców termitów¹⁰.

Projektanci inteligentnych budynków poszerzają pole swoich obserwacji. Już nie ograniczają się do kopiowania prostej zależności sprzężenia zwrotnego i wyabstrahowanych systemów nerwowych, ale pilnie studiują procesy interakcji organizmów ze środowiskiem: ewolucyjne procesy dostosowawcze. W rezultacie budynki zostają otwarte na wpływy czynników zewnętrznych. Szczególną rolę uzyskuje oświetlenie światłem dziennym i naturalna wentylacja. Dzieje się tak dzięki opracowaniu doskonalszych konstrukcji podwójnych fasad, które umożliwiają przewietrzanie budynków zapewniając jednocześnie bezpieczeństwo i ochronę akustyczną [21, s. 105]. Powoduje to wiele pozytywnych następstw, jakkolwiek nie jest wolne od pewnych wad. Naturalna wentylacja poprawia komfort pracy, zmniejsza energochłonność budynków, które nie muszą już być wentylowane mechanicznie. Podczas określonej po-

¹⁰ Australijskie termyty z rodziny *Omitermes meridionalis* wznoszą kopce o rzutach przypominających wrzeciono. Dłuższa oś zawsze

wyznacza kierunek północ-południe, krótsza wschód-zachód. Rano i wieczorem słońce pada na większą powierzchnię kopca, w południe na możliwie najbardziej ograniczoną.

Ryc. 9. Centrala firmy infor-
matycznej DVG 2000Fig. 9. DVG 2000 headquarters
buildingRyc. 10. Kompleks Nauk Biolo-
gicznych III Kampusu Uniwersy-
tetu Jagiellońskiego, wizualizacja
komputerowaFig. 10. Biological Science Com-
plex of the III Campus of the
Jagielloński University, computer
rendering

wizualizacja komputerowa: Ingarden & Ewý Architektki

gody jest w stanie zastąpić także klimatyzację. Umożliwia wprowadzenie roślinności, która może rozwijać się w rytmie naturalnie zmieniających się pór roku. Przewietrzanie i większy kontakt z naturą wpływa na pracowników stymulująco, zwiększa się wydajność pracy, zmniejsza stres, absencje chorobowe i wydatki związane z ubezpieczeniem zdrowotnym.

Baczną obserwacją zwierząt, zwłaszcza w skrajnych warunkach pogodowych, jakie panują w klimacie tropikalnym, bądź w strefach podbiegunowych, dostarcza wielu przesłanek do produkcji komponentów budowlanych i wdrażania określonych technologii eksploatacyjnych. Inna analogia zachodzi między reakcją skóry zwierzęcia na zmiany temperatury a sposobem reagowania fasad na zmienne nasłonecznienie. W zależności od intensywności insolacji samoczynnie zmienia się ich przezroczystość, a zarazem stopień zacienienia wnętrza oraz ich koloryt [4, s. 32]. Od-

dychającej skórze zwierząt odpowiada rozszczelnianie elewacji budynków.

Pod koniec lat 90. w Europie zaczęły masowo powstawać obiekty, których mikroklimat jest regulowany przemienne: przez czynniki naturalne i systemy automatyczne. Rozwiązanie takie jest możliwe dzięki wprowadzeniu dwóch trybów pracy. W trybie wentylacji naturalnej, funkcje regulacyjne przejmowane są przez zjawiska aero- i termodynamiczne: ruch mas powietrza wewnątrz budynku oraz insolację. Okna zostają uchylone, możliwe jest przewietrzanie pomieszczeń. Kiedy jednak naturalne systemy wentylacji i chłodzenia zawodzą, konieczne jest regulowanie mikroklimatu w sposób sztuczny. Takie sterowanie zastosowano po raz pierwszy na dużą skalę w 1997 r. w dwóch jednocześnie powstałych budynkach: siedzibie RWE w Essen (arch. Christopher Ingenhoven [16, s. 78]) i Commerzbanku (arch. Norman Foster). Szczególnie wyróżnia

się system BMS we frankfurckim biurówcu. Wszystkie instalacje obiektu są „sterowane przez centralny komputer, który pracuje na podstawie *inteligentnego algorytmu* – odpowiedniku ludzkiej metody prób i błędów” [9, s. 200]. Maszyna *uczy się* dokonywać wyboru trybu pracy tak, aby zachować odpowiedni komfort, z jednoczesnym minimalnym zużyciem energii.

Obiekty, które są wznoszone w końcu XX w. znacznie różnią się od realizowanych na początku lat 70. Zmiany nastąpiły nie tylko w sposobach konstruowania systemów sterowania, ale także w stosunku projektantów do natury: „Inteligentnie zaprojektowane i zarządzane budynki, czasem błędnie nazywane inteligentnymi budynkami, można rozpoznać nie po obecności zintegrowanych ze sobą zaawansowanych systemów komunikacji, wymiany danych i obsługi budynku, ale raczej po tym, że są w stanie służyć użytkownikowi bezpośrednio ze środowiska, **bez angażowania zaawansowanych instalacji technicznych** [wyróżn. aut.]. Oświetlenie dzienne, naturalna wentylacja, zmienna izolacyjność cieplna, systemy redystrybucji światła itp. zmniejszają zapotrzebowanie na energię takiego budynku o 10–40%, w stosunku do budynków konstruowanych współcześnie” [7, s. 9].

W listopadzie 1999 roku ukończono realizację zespołu budynków biurowych firmy DVG 2000 (arch. Hascher

& Jehle Architekten) w Hanowerze [13, s. 40]. Ten szczególnie interesujący obiekt mieści biura firmy zajmującej się komercyjnym przetwarzaniem dużych ilości danych. Oplatająca budynek sieć okablowania, służącego przesyłowi danych, została połączona z systemem zarządzania budynkiem. Zastosowanie skomplikowanych systemów technicznych nie przeszkodziło jednak w realizacji wielu energooszczędnych koncepcji. Aerodynamiczna forma szklanego dachu sprzyja przewietrzaniu, wewnętrzne zielone atria łagodzą mikroklimat, duża masa akumulacyjna stropów ogranicza nagrzewanie się pomieszczeń. Budynek *otwarty* na otoczenie jest bardziej przyjazny dla pracowników i tańszy w eksploatacji.

Budynki inteligentne III generacji są także projektowane w Polsce. Przykładem może być projekt konkursowy Kompleksu Nauk Biologicznych III Kampusu Uniwersytetu Jagiellońskiego, autorstwa krakowskiej pracowni projektowej JET Atelier (arch. K. Ingarden i J. Ewý, 1988). Planowany obiekt „miały być inteligentny w tym sensie, że w sposób elastyczny i **w zasadzie bez pomocy elektronicznie sterowanych urządzeń** [wyróżn. aut.] reagowałby na zmienne zewnętrzne warunki atmosferyczne” [26, s. 92].

Zakończenie

Przed laty projektanci budynków pierwszej generacji usiłowali uniezależnić swoje dzieła od zewnętrznych wpływów natury. Próby o tyle się nie powiodły, że uzyskane korzyści trzeba było okupić poważnymi stratami. Z czasem bardziej rozległe i głębsze poznanie natury umożliwiło tworzenie coraz lepiej funkcjonujących rozwiązań, a zarazem coraz lepiej przystosowanych do jej praw. Nagromadzone dotychczas doświadczenia wyraźnie wskazują, że miara dostosowania się budynku do środowiska jest zarazem świadectwem wyższego poziomu inteligencji zarówno budynków, jak i ich twórców. Z aroganckich konkurentów natury przeistaczają się

oni w doskonałych znawców i kompetentnych odtwórców jej wzorów.

Większość zaawansowanych systemów sterujących dopuszcza wprowadzanie indywidualnych korekt standardowych parametrów. Dzięki takim rozwiązaniom budynek zyskuje na samodzielności. Parametry mikroklimatu w poszczególnych pomieszczeniach można regulować o wiele sprawniej niż w systemach sterowanych centralnie. Budynek z autorytarnego rozkazodawcy, narzucającego wszystkim użytkownikom jednakowe warunki, przeobraził się w tolerancyjnego liberała, skłonного uszanować ich różne upodobania i indywidualne wybory.

Autorzy rycin (the figures by): Marcin Brzezicki – 2, 7, 8, 11; K. Ingarden, J. Ewý – 10; Jadwiga Sławińska – 4; Mary Ann Sullivan – 5, 6; Palle Villesen – 1.

Bibliografia

- [1] Baldwin J., *Buckminster Fuller's ideas for today*, Wiley, Nowy Jork 1996.
- [2] Banham R., *Rewolucja w architekturze*, Warszawa 1979.
- [3] Baranowski A., *Projektowanie zrównoważone w architekturze*, Gdańsk 1998.
- [4] Behling S., *Glass, structure and technology in architecture*, Prestel, Monachium 1999.
- [5] Brzezicki M., *Przekształcalność w architekturze*, „Inteligentny Budynek”, 1998, nr 2.
- [6] Coveney P., Highfield R., *Granice złożoności. Poszukiwania porządku w chaotycznym świecie*, Warszawa 1999.
- [7] Daniels K., *Low-tech, light-tech, high-tech. Building in the Information age*, Birkhäuser, Bazylea 1998.
- [8] Daniels K., *The technology of ecological building*, Birkhäuser, Bazylea 1997.
- [9] Davies C., *Commerzbank Frankfurt. Prototype for an ecological highrise*, Birkhäuser, Bazylea 1997.
- [10] Diamond R., *Enerplex revisited and reevaluated*, „Progressive architecture”, 1989, nr 3.
- [11] Ghirardo D., *Architektura po modernizmie*, Wrocław 1999.
- [12] Glaeser L., *Greenhouse architecture*, „The Architectural Forum”, 1974, nr 3.
- [13] Haschler R., Jehle S., *Arbeiten im Grünen*, „Intelligente Architektur”, 2000, nr 8(23).
- [14] Jencks Ch., *Pluralizm architektury japońskiej, Architektura późnego modernizmu*, Arkady, Warszawa 1989.
- [15] Jencks Ch., *Ruch nowoczesny w architekturze*, WFiA, Warszawa 1987.
- [16] Krewinkel H., *Glass buildings: material, structure, and detail*, Birkhäuser, Bazylea 1998.

- [17] Mejsner M., *Ciepło i bezpieczeństwo*, „Teleinfo”, 1999, nr 19.
- [18] Nagele H., *Die Restaurierung der Weissenhofsiedlung 1981–87*, Stuttgart 1992.
- [19] Piegat A., *Modelowanie i sterowanie rozmyte*, EXIT, Warszawa 1999.
- [20] Rogers R., *Architecture, a modern view*, Londyn 1991.
- [21] Ryńska D., *Inteligentne fasady*, „Architektura–murator”, 2000, nr 10.
- [22] Serwis internetowy: <http://www.babtiejurutera.com/ib/index.html>.
- [23] Serwis internetowy: <http://www.greatbuildings.com>.
- [24] Serwis internetowy firmy Inteligentny Budynek: <http://www.ib.pl/ib.html>.
- [25] Sławińska J., *Architektura high-tech – próba charakterystyki*, „Architectus”, 1998, nr 1–2.
- [26] Stiasny G., *Inteligentny kompleks*, „Architektura–murator”, 1999, nr 8.
- [27] Sullivan L., *Forwards the Organic*, Adler D., *Function and environment*, [w:] Mumford L., *Roots of contemporary american architecture*, Grove, Nowy Jork 1959.
- [28] Tatarkiewicz W., *Historia filozofii*, t. 2, Warszawa 1978.
- [29] Thomsen Ch., *Architekturphantasien*, Prestel, Monachium 1999.
- [30] *Two office buildings as an experiment*, „Baumeister”, 1985, nr 10.
- [31] Wachowski M., *Klasyfikacja budynków inteligentnych*, „Inteligentny Budynek”, 1998, nr 10.
- [32] Węglarz R., *Logika rozmyta*, „Inteligentny Budynek”, 1998, nr 2.
- [33] Wiener N., *Cybernetics or Control and Communication the Animal and the Machine*, MIT Press, Cambridge 1961.
- [34] Zerka M., *Inteligentne systemy oświetleniowe*, „Inteligentny Budynek”, 1997, nr 3.

Intelligent Building?

The sources of intelligent building phenomenon are found among the works of metabolists, the projects of *Archigram*, and the recent idea of plug-in and flexibility. Sullivan's *form follows function* expressing the need for natural adaptation to changing conditions and the first high-tech flexible buildings were the inspiration for early Building Management Systems. In the article, a series of similarities between the biological processes of homeostasis and the ways of regulating the building's microclimate are found. An attempt is than undertaken to distinguish the main generations

of intelligent buildings. The criterions for this specification are closer and have more universal links with nature. The first generation is based on the single cell, with its simple feedback mechanism; the second is inspired by more complex tissues and organs of the body – systems capable of exchanging information between closed circuits. The third one is modelled upon the interaction of the whole organism and its environment, where the need of adaptation and optimal use of available resources finds its parallel in natural ventilation and daylight use in recent high-rise developments.