

Architektura energoaktywna po 2021

Tom1. Zagadnienia architektoniczno-budowlane

REDAKCJA NAUKOWA ANNA BAĆ



Architektura energoaktywna po 2021

Tom1. Zagadnienia architektoniczno-budowlane

REDAKCJA NAUKOWA ANNA BAĆ



OFICyna WYDAWNICZA POLITECHNIKI WROCŁAWSKIEJ, WROCŁAW 2020

ae

RECENZENCI

Janusz Rębielak

Michał Stangel

Jarosław Witek – Arup

REDAKCJA

Anna Miecznikowska

OPRACOWANIE TYPOGRAFICZNE

Anna Bać

Tomasz Gracek

SKŁAD

Tomasz Gracek

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część niniejszej książki, zarówno w całości, jak i we fragmentach nie może być reprodukowana w sposób elektroniczny, fotograficzny i inny bez zgody wydawcy i właścicieli praw autorskich.

© Copyright by Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2020

Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej

Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

<http://www.oficyna.pwr.edu.pl>

e-mail: oficwyd@pwr.edu.pl

zamawianie.ksiazek@pwr.edu.pl

ISBN 978-83-7493-127-4

DOI: 10.37190/archen2021t1

Patronat honorowy



Patronat

DOLNOŚLĄSKA OKRĘGOWA
IZBA ARCHITEKTÓW RP



Główny patronat medialny



Patronat medialny



SPIS TREŚCI

	Wstęp	5
	Anna Bać	
1	Architektura aktywna energetycznie	10
	Anna Bać	
2	Polityka energetyczna w Polsce i Unii Europejskiej	23
	Henryk Kwapisz	
3	Rola architektury w energetyce budynku	41
	Katarzyna Zielonko-Jung	
4	Lokalizacja budynku a jego projektowana charakterystyka energetyczna	54
	Łukasz Nowak	
5	Projektowanie elewacji aktywnej energetycznie	65
	Katarzyna Zielonko-Jung	
6	Wpływ obudowy budynku na jego charakterystykę energetyczną	75
	Łukasz Nowak	
7	Informacja wizualna dotycząca zagadnień energetycznych	95
	Jarosław Figaszewski	
8	Wpływ rozwiązań ergoaktywnych na architekturę	115
	Piotr Kuczia	
	Słownik pojęć z objaśnieniem skrótów	145
	Summary	152

Wstęp

ANNA BAĆ

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA, WYDZIAŁ ARCHITEKTURY

Na świecie zagadnienia ochrony zasobów naturalnych, korzystania z wzorców natury i wreszcie oszczędnego gospodarowania energią stanowią obecnie jedno z kluczowych wyzwań architektury, także tej mainstreamowej. Dość wspomnieć laureatów nagrody Pritzкера, jak Norman Foster, Renzo Piano, Glenn Murcutt i Thom Mayne. Także światowe najbardziej znane biura architektoniczne i inżynierskie, takie jak Arup czy Cundall, szczytą się zrównoważonym i zintegrowanym projektowaniem zwróconym na efektywność energetyczną uzyskaną jak najmniejszym kosztem środowiskowym w tzw. całym cyklu życia.

Wiele globalnych inicjatyw skierowanych na tematykę energii podejmują właśnie architekci lub ich zrzeszenia. Warto tu wymienić przede wszystkim „2030 architecture” zainicjowaną w 2002 roku przez Edwarda Mazrę [https://architecture2030.org/] czy cykl wykładów ArchDaily pt. „Architecture and Climate” z wywiadami, jakich udzielili wielcy projektanci – tacy jak Nicholas Grimshaw, Daniel Libeskind i Ken Yeang [https://www.youtube.com/watch?v=N6bFBafnwqk].

Także niektóre postaci polskiego środowiska z branży architektoniczno-budowlanej wykazują zainteresowanie problematyką energii i zrównoważenia, co przejawia się m.in. działalnością i publikacjami Zespołu ds. Rozwoju Zrównoważonego przy Zarządzie Głównym Stowarzyszenia Architektów Polskich (SARP) Preludium 3xE [https://www.facebook.com/sarpzg/photos/] oraz 3xC [http://www.sarp.org.pl/pokaz/3xc_preludium,2758/]. Ostatnio inicjatyw tego typu jest coraz więcej, m.in. powstało Koło Architektury Zrównoważonej przy Oddziale Warszawskim SARP, które promuje akcję #ArchitekcidlaKlimatu. Niemniej, wydaje się, że w naszym kraju kultura energetyczna na miarę XXI wieku nie jest jeszcze rozwinięta w stopniu zadowalającym.

Pomysł na tę książkę powstał w 2016 roku, kiedy przekonałam się, jak mało popularna wśród studentów czy ogólnie architektów w Polsce (w tym dydaktyków) jest kwestia *architektury i energii*.

Dodatkową motywacją są wyniki przeprowadzonej przeze mnie ankiety na temat perspektywy osiągania standardu blisko zeroenergetycznego dla nowo budowanych obiektów w Polsce od 2021 roku. Wykazała ona, że dla 60% architektów (członków Dolnośląskiej Okręgowej Izby Architektów – DOIA oraz Polskiego Stowarzyszenia Budownictwa Ekologicznego – PLGBC, którzy zechcieli w niej wziąć udział) realizacja wymagań Warunków Technicznych (WT) w tym zakresie jest niemożliwa. Innym uzasadnieniem jest przekonanie, że samo spełnienie przepisów prawa zamyka kwestie odpowiedzialności architekta za środowisko naturalne oraz stan naszych miast (powietrza, wód, gleby etc.). Jeszcze innym jest świadome pomijanie zagadnień dotyczących szeroko pojętej energetyki budynku jako domeny branży instalacyjnej, eklektycznej czy automatyki – co w erze Building Information Modeling, czyli potocznie BIM-u, ulegnie transformacji. Powodów tak sceptycznego podejścia środowiska architektonicznego do tematu niskiej energochłonności jest zapewne wiele. Jednym z nich jest prawdopodobnie brak wiedzy i/lub świadomości zagadnień, których nie sposób jest obecnie pominąć bez uszczerbku dla przyszłych pokoleń. O nich, w dużym skrócie, traktuje niniejsza praca.

Mało optymistyczne informacje dotyczące braku należytej popularności kwestii zrównoważenia i energii w architekturze i na polskich uczelniach poparte zostały także moimi doświadczeniami z sześciu edycji (2013–2016) konkursu na prace dyplomowe inżynierskie i magisterskie na Politechniki Wrocławskiej (WA PWr) pt. „Architektura Energoaktywna” (AE)¹ [<https://www.facebook.com/pg/architekturaenergoaktywna/about/>]. Swoje projekty zgłosiło w nim 65 studentów, co stanowiło mniej niż 5% prac dyplomowych broniących w tych rocznikach. Podobnie niskie notowania wśród studentów architektury miały zielone konkursy ogólnopolskie. Na konkurs Polskiego Stowarzyszenia Budownictwa Ekologicznego – PLGBC [<https://awards.plgbc.org.pl/>] w 2015 roku zgłoszono 10 prac, a na konkurs o nagrodę im. Macieja Nowickiego organizowany przez czasopismo „Architektura & Biznes” w edycji 2018 zgłoszono ich jedynie 16².

Doświadczenia zebrane przy okazji konkursu AE pokazały kilka prawidłowości. Przede wszystkim tę, że postawione wymagania były odbierane jako zbyt wysokie, by przyciągnąć szersze grono uczestników – dyplomantów oraz promotorów, którzy podjęliby trud szczególnego zainteresowania się problematyką oszczędności i efektywności energetycznej czy w ogóle ochroną zasobów naturalnych. Do dziś na Wydziale spotkać można prowadzących, którzy wręcz piętnują tego typu dążenia wśród studentów oraz wyrażają się w kwestiach racjonalnego gospodarowania energią bardzo krytycznie. Po drugie, prace zgłoszone na konkurs były nie do końca poprawne i pokazywały luki w edukacji ich autorów. Po trzecie, zdecydowanie brakowało w nich umiejętności

¹ Konkurs odbywał się na WA PWr, organizatorami byli Anna Bać i Piotr Michalski. Puła nagród ufundowanych przez Isover Polska Saint Gobain wyniosła 35 000 PLN. Jurorami byli przedstawiciele kilku dyscyplin – architekci, specjaliści z zakresu fizyki budowli oraz instalacji sanitarnych, osoby zawodowo związane z projektowaniem lub nauczaniem, z wieloletnią praktyką w zawodzie: Piotr Kuczia (architektura) – przewodniczący, Henryk Kwapisz (efektywność energetyczna), Henryk Nowak (budownictwo), Łukasz Nowak (budownictwo), Bogusław Wowrzeczka (architektura), Piotr Kęskiewicz (inżynieria środowiska). Kryteria w konkursie AE to: walory architektoniczne, architektoniczne rozwiązania energoaktywne, instalacyjne rozwiązania energoaktywne, wykonanie minimum dwóch detali architektonicznych pozbawionych mostków cieplnych, zapewnienie wartości U współczynnika przenikania ciepła dla wszystkich przegród budowlanych na poziomie wymagań z roku 2017, określonych w WT, oraz ocena ryzyka wystąpienia kondensacji międzywarstwowej dla ściany zewnętrznej. Wydaje się, że w dzisiejszych czasach wymienione zagadnienia powinny być dla architekta ważne i oczywiste (może z wyjątkiem ostatniego punktu dodanego z powodu weryfikacji poprawności doboru przegród budowlanych na życzenie fizyka budowli). Ponadto prace dyplomowe na obu stopniach studiów na wydziałach architektury powinny mieć cechy projektu budowlanego... Praktyka tego nie potwierdziła.

² Tematy konkursu to: „Ekologia, zrównoważony rozwój, innowacyjność” w 2019 roku; „Inteligentna architektura odpowiedzialna za środowisko” w 2018 roku; „Człowiek, architektura, środowisko – wiedza i inspiracje” w 2017 roku.

przedstawienia kwestii energetycznych, czy to w części ideowej, opisowej, czy rysunkowej. Spotkałam się też z przekonaniem studentów, że energooszczędne nie może być piękne, nie jest designem i że trzeba (by) tworzyć obiekty stodoły całkowicie pozbawione upragnionego przez projektantów efektu „wow”. Ostatnią zaobserwowaną prawidłowością jest ta, że wiele osób kojarzy architekturę energooszczędną jedynie z wyposażeniem obiektu w kilka gadżetów, jak pompy ciepła, kolektory słoneczne i fotowoltaika, ewentualnie jeszcze z „pogrubionym” ociepleniem. Być może nazwa konkursu sugerowała takie postrzeganie architektury aktywnej energetycznie. Ostatecznie z wielu przyczyn jako komitet organizacyjny podjęliśmy decyzję o jego zawieszeniu.

Po blisko czterech latach zauważam wzrost liczby prac studenckich i doktorskich poświęconych problematyce zrównoważenia (czy ekologii) w architekturze i tym samym odpowiedzialnego gospodarowania energią w obiektach. Wynika to zapewne z rosnącej medialnej popularności tych zagadnień w Polsce, powoli zwiększającego się popytu na obiekty koszty- i energooszczędne, a także z faktu, iż zmiany w przepisach po prostu wymagają innego sposobu myślenia. Osobną kwestię stanowi oczywiście (nie)skuteczność prawa...

Właśnie taki stan rzeczy – zwiększające się w polskim społeczeństwie zainteresowanie energooszczędnością z jednej strony i światowe tendencje związane z rozwojem zrównoważonym (wśród nich z problemem ograniczania zużycia energii) z drugiej – zainspirował mnie do wydania publikacji dedykowanej energii w architekturze. Do jej współtworzenia zaprosiłam przede wszystkim jurorów z konkursu AE, których doświadczenia z przebiegu sędziowania są bezcenne i mocno ukształtowały prezentowane tu treści, oraz grono praktyków i specjalistów z Polski i z zagranicy. Wkład w powstanie monografii mają też producenci marek szczyjących się zrównoważonym podejściem do wyrobów budowlanych i urządzeń. Książkę zechciało objąć patronatem kilka organizacji: Dolnośląska Okręgowa Izba Architektów oraz Stowarzyszenie Architektów Polskich SARP, a szczególnej rekomendacji udzieliły jej Zespół do spraw środowiska i ochrony klimatu przy Zarządzie Głównym SARP, Koło Architektury Zrównoważonej przy Oddziale Warszawskim SARP, a także SARP Oddział Wrocław – za co jestem bardzo wdzięczna.

W ręce Czytelników oddaję dwa tomy, które stanowią przegląd interdyscyplinarnych badań na temat architektury aktywnej energetycznie oraz zawierają kwintesencję tego, co architekt powinien wiedzieć o światowych tendencjach w projektowaniu klimatycznym i niskoenergożernym, wymogach prawnych związanych z energią od roku 2021 w Polsce i Unii Europejskiej oraz o możliwościach i uwarunkowaniach ich spełniania.

W pierwszym tomie książki zawarto wyjaśnienie pojęcia energoaktywności, jego genezę oraz obszar zagadnień, których dotyczy (rozdział 1, autorka: A. Bać). Omówiono aktualną politykę energetyczną w Polsce i Unii Europejskiej jako wyznacznik działań w branży budowlanej (rozdział 2, autor: H. Kwapisz). Następnie zaprezentowano rozwiązania energoaktywne z dwóch różnych perspektyw: architektonicznej (rozdziały: 3 i 5, autorka: K. Zielonko-Jung) oraz budowlanej popartej wymogami prawnymi (rozdziały: 4 i 6, autor: Ł. Nowak). Wskazano metody graficznej prezentacji zagadnień energetycznych (rozdział 7, autor: J. Figaszewski). Pokazano także praktyczne zastosowanie rozwiązań energoaktywnych w projektach architektonicznych (zrealizowanych i koncepcyjnych, rozdział 8, autor: P. Kuczia).

W drugim tomie opisano podstawy i zasady instalacyjnych rozwiązań energoaktywnych, które sformuowano w dużej mierze na podstawie projektów dyplomowych zgłoszonych do konkursu AE (rozdziały: 1 i 2, autor: P. Kęskiewicz). Następnie przybliżono BIM jako narzędzie projektowe – uczyniono to z dwóch różnych perspektyw: architektonicznej (rozdział 3, autor: P. Wojsznis) i instalacyjnej (rozdział 4, autor: R. Radziecki). Dokonano przeglądu zaawansowanych narzędzi symulacyjnych przydatnych w projektowaniu skierowanym na oszczędność nakładów energii (rozdział 5, autor: W. Stec). Przedstawiono zagadnienia efektywności energetycznej i ekonomicznej w obiektach (rozdział 6, autor: K. Witczak) oraz na zakończenie ich ocenę w tzw. cyklu życia (rozdział 7, autor: W. Kujawski).

Oba tomy skonstruowane są analogicznie – poprzedza je wprowadzenie, dla ułatwienia w obu zawarto słownik ważniejszych pojęć. Każdy rozdział rozpoczyna krótkie streszczenie w języku polskim, a kończy bibliografia i nota o autorze. W kilku rozdziałach podano dodatkowe informacje dotyczące wymagań prawnych oraz autorskie opracowania wytycznych dla architektury aktywnej energetycznie. Na końcu książki zebrano streszczenia w języku angielskim.

Zasadniczo rozdziały odnoszą się do wszystkich etapów procesu realizacji inwestycji, od planowania poprzez projektowanie, w nieznacznym stopniu wykonawstwo, po etap użytkowania i zarządzania obiektem. Może najmniej traktują o etapie utylizacji budynków, co moim zdaniem odzwierciedla małą popularność widzenia ich w całym cyklu życia.

W tym miejscu serdecznie dziękuję wszystkim Autorom za zaangażowanie i trud włożone w pisanie poszczególnych rozdziałów. Szczególnie wdzięczna jestem tym osobom, które uczestniczyły w spotkaniach roboczych i naradach nad kształtem książki. Dziękuję Studentkom z koła naukowego eko_studio za aktywny udział w dyskusjach i w przedsięwzięciu. Wyrazy wdzięczności składam

szanownym Recenzentom, których niezwykle cenne uwagi wpłynęły na poprawę jakości merytorycznej pracy. Podziękowania kieruję do redaktorki językowej, wykonawcy składu, dzięki którym książka przyjęła swój ostateczny kształt. Dziękuję Oficynie Wydawniczej Politechniki Wrocławskiej za współpracę, a także sobie za to, że podjęłam się tego dużego wyzwania, które stało się dla mnie źródłem nauki i ciekawych nowych doświadczeń.

Książkę dedykuję przede wszystkim studentom architektury, wszak wy w niedalekiej przyszłości będziecie kreować naszą przestrzeń do życia. Kieruję ją także do planistów, decydentów, projektantów, użytkowników i zarządców – żeby świadomie gospodarowali zużyciem energii i zasobów naturalnych dla dobra przyszłych pokoleń.

1. Architektura aktywna energetycznie

ANNA BAĆ

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA, WYDZIAŁ ARCHITEKTURY

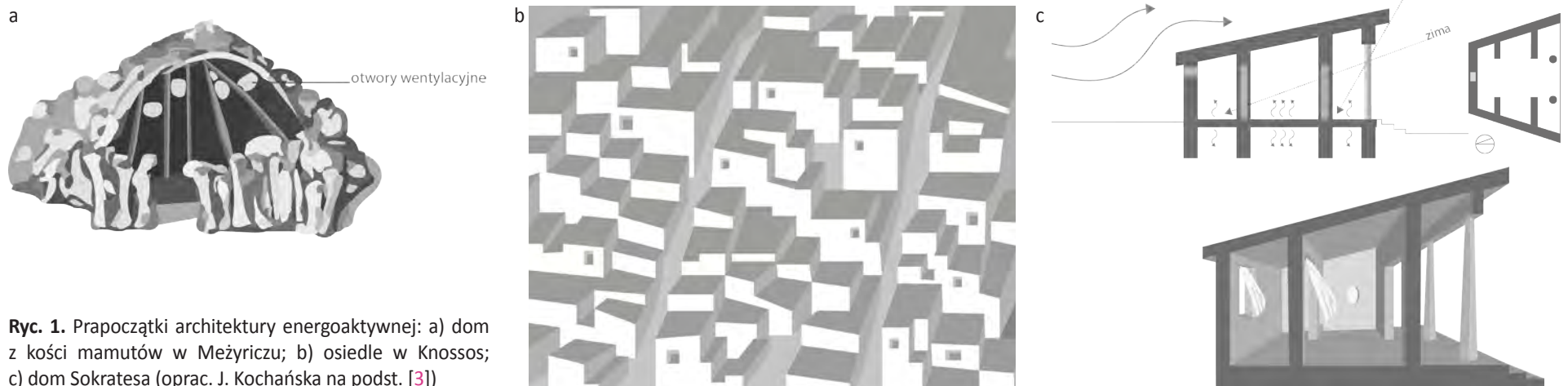
W rozdziale zaprezentowano pojęcie energoaktywności oraz wyzwania dla architektury XXI wieku, jakie się z nim wiążą, zwłaszcza z powodu konieczności ograniczania zużycia energii w budownictwie, zmian klimatu i redukcji negatywnego oddziaływania sektora budowlanego na środowisko naturalne. Celem rozdziału jest przybliżenie problematyki energii, która dotyczy wszystkich stadiów życia obiektów, od momentu planowania do rozbiórki. Zakres tematyczny obejmuje uzasadnienie, semantykę i wybrane problemy architektury aktywnej energetycznie.

1.1. Wprowadzenie

Racjonalne wykorzystanie energii w kształtowaniu pojedynczych obiektów czy siedlisk towarzyszy ludzkości od czasów prehistorycznych [1, 2]. Za prapoczątki architektury aktywnej solarnie uznaje się architekturę sumeryjską i minońską z około V wieku p.n.e. czy późniejszą architekturę starożytną Grecji i Rzymu. Bodaj najstarsze domy z kości mamutów znalezione w Meżyrzyczu na Ukrainie wykorzystujące pryncypia architektury aktywnej energetycznie liczą sobie 26 000 (!) lat [3]. Za pierwsze udokumentowane osiedle zaplanowane tak, aby regulować zyski słoneczne w zależności od pory dnia i roku oraz stosować przepływ wiatru czy chronić się przed nim za wzniesieniami uznaje się Knossos sprzed 4000 lat. Za przykład stawia się też starożytne greckie domy atrialne oraz południową ekspozycję ich dziedzińców, które tworzyły rodzaj kolektora słonecznego (np. w Priene – 300 rok p.n.e.) oraz łaźnie rzymskie ze strefowaniem termicznym. W literaturze przedmiotu często przywoływany jest układ domu Sokratesa (ryc. 1).

Dzięki stosowaniu naturalnych, prostych i oczywistych rozwiązań bazujących na energii słonecznej oraz miejscowych uwarunkowaniach klimatycznych i topograficznych, przy wykorzystaniu lokalnych materiałów dawne kultury z łatwością osiągały komfortowe warunki do życia. Wraz z rozwojem cywilizacji i zdobyczami techniki, kiedy jakość przebywania w obiektach uzależniła się od wszelakich mechanicznych systemów zasilania w ciepło, chłód, świeże powietrze, oświetlenia itp., okazało się, że architektura może być kształtowana całkowicie bez względu na warunki zewnętrzne. Zwłaszcza w krajach wysoko rozwiniętych korzystny mikroklimat w budynkach przez ostatnie dziesięciolecia osiągało się wysokim nakładem energii, przy zużyciu zasobów i dużych kosztach środowiskowych. Dopiero pod koniec XX wieku nastąpił zwrot i poszukiwanie optymalnych rozwiązań z uwzględnieniem trzech filarów zrównoważenia, m.in. poprzez redukcję zużycia energii dla zapewnienia komfortu.

Kwestie oszczędności energii w budownictwie na szeroką skalę pojawiły się w latach 70. minionego stulecia. Wymusił to kryzys energetyczny w USA wynikający ze wzrostu cen za ropę. Drugim czynnikiem bezpośrednim było i pozostaje niebezpieczeństwo wyczerpywania się kopalnych źródeł energii, a trzecim – zjawisko globalnego ocieplenia i zmian klimatu, wzrost emisji gazów cieplarnianych oraz zanieczyszczenie środowiska naturalnego. Już w latach 60. powstały różnego rodzaju obiekty



Ryc. 1. Prapoczątki architektury energoaktywnej: a) dom z kości mamutów w Meżyrzcu; b) osiedle w Knossos; c) dom Sokratesa (oprac. J. Kochańska na podst. [3])

eksperymentalne wykorzystujące odnawialne źródła energii – OZE, urządzenia dedykowane przetwarzaniu odpadów (opon, plastikowych butelek) itp. Nurt ten nasilił się w pierwszej dekadzie XXI wieku, kiedy na świecie przyjęto paradygmat rozwoju zrównoważonego, a wraz z nim zwrócono uwagę na problematykę kurczenia się zasobów naturalnych, konieczności ochrony środowiska, wzrostu ilości odpadów oraz gospodarowania energią [4, 5].

1.2. Stan badań

Przedstawione w literaturze przedmiotu wyniki badań jednoznacznie świadczą o tym, że sposób, w jaki rozwija się cywilizacja, znacznie przekracza możliwości ziemi i że obecnie biologiczna pojemność¹ (biocapacity) planety do obsługi jej mieszkańców jest przekroczona blisko dwukrotnie [6].

Za jeden z kluczowych sektorów, konsumujący najwięcej, bo aż 40%, produkowanej globalnie energii, oraz emitujący około 35% gazów cieplarnianych uważa się budownictwo. Wynika stąd, że architekci jako kreatorzy przestrzeni do „życia, pracy i zabawy” (life, work and play) przyczyniają się do takiego stanu, pozostając obojętnymi na światową problematykę zrównoważenia. Powszechnie projektanci po dziś dzień ograniczają się wyłącznie do zagadnień formy i funkcji, może poszerzonych o modne tematy przestrzeni społecznych czy nawet zieleni. Równoległe jednak występuje coraz silniejszy trend włączania do architektury kwestii środowiskowych i energetycznych, co potwierdzają projekty uznanych biur architektonicznych, by wymienić Behnisch Architekten, Foster + Partners, Grimshaw Architects, MVRDV, RPBW Architects oraz wiele innych.

Przegląd materiałów źródłowych pozwala na wyodrębnienie trzech podstawowych prawidłowości. Po pierwsze, na światowych uczelniach architektonicznych energia występuje jako jedno z kluczowych zagadnień dydaktyki, czego przykładem może być przesłanie z Uniwersytetu Harvarda: „Materiały, budynki, krajobrazy, miasta i urbanizacja to jawnie połączone hierarchie energetyczne, które muszą być dziś zrozumiane jako podstawa każdego projektowania” [7]. Po drugie, wielcy projektanci włączają się lub wręcz tworzą nurt dedykowany architekturze zrównoważonej i aktywnej energetycznie. Norman Foster czy Peter Busby (z biura Perkins+Will) mówią o odpowiedzialności za ilość energii zużywanej w projektowanych obiektach i emisję szkodliwego CO₂, co oznacza, że ich twórca powinien wiedzieć, ile energii zużywa obiekt i jak wpływa na środowisko. Inni wielcy architekci mówią też o ilości energii zawartej w materiałach budowlanych i wykończeniowych. Na przykład Glenn Murcutt zwykł przeliczać stosowane przez siebie materiały na megadżule potrzebne do ich wytworzenia, żeby wybierać materiały wymagające jak najmniej energii wbudowanej i jak

¹ Zdolność biosfery do zaspokajania potrzeb cywilizacyjnych i pochłaniania zanieczyszczeń oraz degradacji odpadów. Badania globalnego odcisku ekologicznego wykazują, że corocznie pojemność ziemi zmniejsza się, co jest mierzone za pomocą tzw. overshoot day, czyli dnia, w którym zaczynamy zużywać deficytowe zasoby ziemi. W roku 2019 to był 29 lipca, w 2018 – 1 sierpnia, a w 2000 roku koniec września [6].

najmniej obciążające środowisko naturalne. Z kolei William McDonough, wraz z Michaeliem Braungartem, spopularyzował rozwój recyklingu i upcyklingu dzięki koncepcji cradle to cradle, która stała się częścią europejskich norm ISO [8, 9]. Wreszcie po trzeciej, wielu innych znanych projektantów od kilku dekad dba o uzyskanie komfortu w budynkach jak najmniejszym kosztem czy to ekonomicznym, czy środowiskowym (ryc. 2).

Nie tylko topowi projektanci i biura wypowiadają się w kwestiach architektura – energia – natura, lecz także organizacje światowe. Już w 2010 roku Stowarzyszenie Architektów Europy (Architect's Council of Europe – ACE) ogłosiło zbiór najważniejszych zadań dla projektantów, w którym dominuje problematyka energoaktywna. Można w nim przeczytać m.in. o zapewnianiu optymalnego komfortu, w tym cieplnego, poprzez stosowanie rozwiązań zarówno pasywnych, jak i aktywnych, które przyczynią się do redukcji zużycia energii i negatywnego wpływu budynków na środowisko. A także o stosowaniu materiałów przyjaznych i z uwzględnieniem cyklu życia [10]. W grudniu 2018 roku



Ryc. 2. Budynek Academy of Sciences w San Francisco autorstwa Renzo Piano, gdzie lufciki wspomagają naturalną wentylację i chłodzenie obiektu (fot. P. Kuczia)

Komitet Środowiska przy Amerykańskim Instytucie Architektów (American Institute of Architects Committee on the Environment – AIA COTE) opublikował dokument wspomagający projektowanie budynków efektywnych energetycznie i odnoszący się do zmian klimatu [11].

W Polsce temat energii jest podejmowany bardzo często, przede wszystkim w literaturze naukowej i czasopiśmie branżowych, jak „Instal”, „Materiały Budowlane”, wcześniej w nieistniejącym już „Energia i Budynek”, a także szeroko w mediach. Pewnym utrudnieniem w jego rozpowszechnianiu jest występowanie problematyki energetycznej w specjalistycznych publikacjach z dziedzin, do których przeciętny architekt nie ma wglądu. Powoduje to rozdział między zagadnieniami architektonicznymi i badaniami z dyscyplin stricte energetycznych, instalacyjnych i budowlanych. Z publikacji architektonicznych warto przytoczyć zwłaszcza dwie książki powstałe pod patronatem Zespołu do Spraw Zrównoważonego Rozwoju w Budynkach Zarządu Głównego SARP, tj. *3xE Preludium* i *3xC Preludium* [12, 13] oraz prace m.in. Elżbiety Ryńskiej [14], Katarzyny Zielonko-Jung i Janusza Marchwińskiego [15], Wacława Celadyna [16] czy Stanisławy Wehle-Strzeleckiej [17]. Ukazało się też wiele dzieł traktujących bardziej szczegółowo o wybranych tematach związanych z szeroko pojętą energią, m.in. Doroty Chwieduk [18], Dariusza Heima [19] i innych. Bardzo cenne są publikacje Marcina Popkiewicza [19–20] podejmujące zagadnienia z obszaru gospodarka – energia – zasoby środowiska, podkreślające pilną potrzebę prowadzenia niskoenergetycznego życia przez każdego z nas. Warto wymienić także wspomniane we wstępie rozprawy doktorskie obronione w ostatnim czasie, szczególnie cenne Justyny Juchimiuk, Aleksandry Głuchowskiej, Piotra Michalskiego, Martynty Mokrzejkiej, czy Mateusza Sikorskiego [21–26]².

Niestety, mimo obecności tematu w literaturze naukowej, a nawet w mediach, w Polsce świadomość zagadnień energetycznych czy ogólnie zrównoważenia nie jest powszechna, a nawet – jak twierdzą – jest przez niektórych akademików i projektantów marginalizowana (zob. wstęp). Także praktyki projektowe pokazują, jak niewiele obiektów jest naprawdę efektywnych energetycznie oraz jak bardzo nieskuteczne w tym zakresie jest prawo. Lokalni czy nawet ogólnopolscy deweloperzy starają się ograniczać wydatki na inwestycje, lekceważąc koszty środowiskowe i eksploatacji budynku po oddaniu go do użytkowania. Deweloperzy związani ze światowym rynkiem nieruchomości, dla zapewnienia odpowiednich standardów oraz certyfikatów, traktują kwestie energii znacznie lepiej. Jednak to ciągle zbyt mało.

Może pocieszający jest fakt, że badania przeprowadzone wśród architektów, m.in. członków Dolnośląskiej Izby Architektów (DOIA), wrocławskiego oddziału Stowarzyszenia Architektów Polskich

² Na uwagę zasługuje platforma e-learningowa opracowana przez Justynę Juchimiuk pt. *Atlas Polskiej Architektury z OZE* [<http://ozearch.pl/>].

(SARP) oraz zrzeszonych w Polskim Stowarzyszeniu Budownictwa Ekologicznego (PLGBC), wykazały, że dla 62% respondentów projektowanie zgodne z zasadami oszczędności energii jest ważne i stosują je w swojej praktyce zawodowej, a jedynie niecałe 9% uważa, że kwestie energii są mało istotne i w niewielkim stopniu uwzględnia je w swojej pracy [27]. Ponadto wiele osób przyłączyło się do akcji Warszawskiego Oddziału SARP #ArchitekciDlaKlimatu – co także świadczy o wzroście zainteresowania środowiska zawodowego problematyką nie tylko lokalną, ale i globalną.

1.3. Terminologia

Projektowanie świadome „energożerności” obiektów, ich energochłonności i oddziaływania na środowisko naturalne w ciągu całego cyklu życia jest w dzisiejszych czasach kluczowe i oznacza konieczność przyjęcia paradygmatu energii na kilku podstawowych, wzajemnie przenikających się płaszczyznach:

- źródeł i procesów związanych z energią oraz zasad gospodarowania nią,
- redukcji zapotrzebowania na energię użytkową niezbędną do zapewnienia komfortu,
- energii wbudowanej widzianej w całym cyklu życia dowolnego obiektu i wykorzystania materiałów przyjaznych środowisku,
- powiązanej z nimi kwestii redukcji emisji zanieczyszczeń i odpadów.

Wbrew przekonaniom prezentowanym przez wielu twórców zagadnienia te mają fundamentalne znaczenie dla architektury oraz kształtowania idei i koncepcji architektonicznej, a tym bardziej pełnobraźowej dla obiektów wszelkiej skali.

Za najlepsze źródło inspiracji w zakresie posługiwania się energią należy przyjąć naturę (bionika) i dawną architekturę, także wernakularną, opierającą się na podstawowych prawach fizyki. Dodatkowe możliwości w gospodarowaniu energią w sposób racjonalny daje rozwój najnowszych technologii zarówno budowlanych, jak i projektowych. Skutecznym narzędziem optymalizacji w tym zakresie – oprócz niezbędnych chęci, idei, intuicji i doświadczenia twórców – są nowoczesne techniki projektowania czy wykonywania symulacji i analiz, zwłaszcza tych związanych z komfortem użytkowania, czyli metodologia Building Information Modeling (BIM). Wsparciem dla projektantów powinny być także prawo i przepisy dostosowane do europejskich wymagań w zakresie efektywności energetycznej.

Koncepcja architektury aktywnej energetycznie wiąże się z wieloma nurtami projektowania – od solarnego, przez pasywne, bioklimatyczne, low- i high-tech, nisko- i zerowęglowe (lowcarbon,

zerocarbon), zielone, ekologiczne, recyklingowe, zeroodpadowe (zero-waste) po zrównoważone, zintegrowane i regeneracyjne. Pierwszym warunkiem jej skuteczności jest przyjęcie niskoenergetycznych celów i priorytetów na początku procesu realizacji inwestycji, czyli na etapie jej planowania, ewentualnie na etapie koncepcji architektonicznej czy koncepcji pełnobranżowej. Próby wprowadzania elementów związanych z efektywnością energetyczną na późniejszych etapach projektowania są natomiast niewydajne i zwiększają koszty inwestycji.

Podstawowa definicja energoaktywności oraz innych pojęć została podana w słowniku zamieszczonym na końcu tomu. W tym miejscu należy przybliżyć korzenie tego zagadnienia oraz wskazać kilka kluczowych spraw. Poszukiwania właściwej nazwy dla całego spektrum rozwiązań architektonicznych, materiałowych, budowlano-instalacyjnych oraz koncepcji i procesów mających na celu określenie ich energetycznej wrażliwości były długotrwałe. Studia literatury przedmiotu wykazały przede wszystkim mnogość nomenklatury związanej z energią oraz występowanie nazw własnych przypisanych konkretnym technologiom i inicjatywom okołoenergetycznym, czasem odbiegających od powszechnie przyjętych znaczeń (jak budownictwo *pasywne* wg metodologii Darmstadt, *NATURALny* Dom czy dom *aktywny* oraz *termiczne aktywne* systemy budynkowe). W kolejnych partiach rozdziału przytoczono najważniejsze z nich.

Istnieje wiele nazw zbliżonych do terminu „architektura energoaktywna”. Należą do nich: architektura energoresponsywna (energy responsive), niskoenergetyczna (low energy), energooszczędna (energy effective), efektywna energetycznie (energy efficient) czy niskowęglowa (low carbon). Powszechnie używa się przymiotników „aktywne”, „pasywne” i „semiaktywne”, czyli „hybrydowe” dla systemów odpowiednio wymagających, niewymagających lub częściowo wymagających dostawy energii elektrycznej. W literaturze zachodniej pojęcia te stosuje się często w odniesieniu do architektury solarnej (solar architecture), gdzie mówi się „bierne solarnie” (passive solar) lub „aktywne solarnie” (active solar). Istotą pasywnych rozwiązań solarnych jest możliwość pozyskania energii słonecznej poprzez przegrody przeziernie i jej zamiany w ciepłą za pomocą (masywnych) elementów budowlanych służących ogrzewaniu lub chłodzeniu pomieszczeń. Piotr Kuczia stosuje pojęcie „solarna aktywacja budynków” [28], czyli wykorzystanie energii ze słońca jako środka do redukcji zużycia nieodnawialnych źródeł energii i poprawy bilansu energetycznego obiektów, które stają się według niego „helioaktywne”.

Chyba najwięcej niejasności pojawia się przy sformowaniu *pasywne*, które określa rozwiązania naturalne, a równocześnie stanowi nazwę własną standardu energetycznego opracowanego

w Instytucie Budownictwa Pasywnego (IBP) w Darmstadt. Te pierwsze obejmują strategie naturalne lub pasywne sensu stricto i odwołują się do wielu rozwiązań głównie architektonicznych i budowlano-instalacyjnych oraz działań mających na celu osiągnięcie komfortu (przy zmniejszonym zapotrzebowaniu budynku na energię użytkową) bez użycia prądu. Dotyczy to przede wszystkim kwestii naturalnego ogrzewania, chłodzenia, wentylacji, oświetlenia i zachowania energii oraz planowania układu funkcjonalnego, kształtowania bryły i elewacji, zysków solarnych i ochrony przed nimi [26, s. 15]. Urządzenia służące do ogrzewania, wentylacji mechanicznej, klimatyzacji, sztucznego oświetlenia itp. wykorzystujące odnawialne bądź nieodnawialne źródła energii i zasilane prądem są strategiami aktywnymi. Należą do nich m.in. kolektory słoneczne, panele fotowoltaiczne, pompy ciepła czy gruntowe wymienniki ciepła (GWC) z wymuszonym przepływem czynnika. Z kolei określenie „budownictwo, domy czy budynki pasywne” zgodnie z metodologią niemieckiego IBP (Passive House Institute – PHI) opracowaną w 1991 roku przez Wolfganga Feista [29], definiuje obiekty, które wykorzystują zarówno pasywne zyski ciepła ze słońca, od urządzeń i użytkowników, jak i systemy aktywne, takie jak wentylacja mechaniczna z rekuperacją scalona z gruntowym wymiennikiem ciepła czy standardowo kolektory słoneczne do uzyskania ciepłej wody użytkowej (c.w.u.).

Z kolei systemy „semiaktywne”, nazywane też „semipasywnymi” czy „hybrydowymi”, w swojej istocie opierają się na procesach naturalnych, ale dla poprawy funkcjonowania wymagają dostawy prądu. Na przykład przy wentylacji naturalnej stosuje się zasilane prądem czujniki temperatury, stopnia wilgotności i poziomu CO₂ w powietrzu, skorelowane ze sterownikami podzespołów tejże wentylacji (lufcikami, oknami dachowymi czy kratkami wentylacyjnymi). Bardzo często rozwiązania te są częścią systemów zarządzania budynkiem, czy to przy udziale użytkowników, czy za pomocą systemów BEMS (Building Energy Management System).

W Polsce mamy też koncepcję „NATURALny Dom” opracowaną w 2007 roku przez architekta Andrzeja Głęba, który zajmował się minimalizacją kosztów środowiskowych i ekonomicznych poprzez redukcję energii wbudowanej i użytkowej oraz idącym za tym osiągnięciem stosunkowo małych kosztów energii do ogrzewania (800 PLN/rok) w projektach domów jednorodzinnych [30]. Na świecie i w Polsce występuje bogaty nurt budownictwa o tej nazwie, w myśl którego obiekty wykonane są z naturalnych materiałów, takich jak glina, ziemia czy słoma, oraz działają dzięki podstawowym zjawiskom i procesom fizycznym, jak konwekcja i akumulacja. Według zwolenników tego nurtu rozwiązania mało przetworzone są znacznie bliższe i bardziej przyjazne dla organizmu człowieka niż te mechaniczne [31].

Wreszcie występuje koncepcja „domów aktywnych” (active house) [32] opracowana na potrzeby firmowanego przez Velux międzynarodowego projektu demonstracyjnego domów o obniżonym zapotrzebowaniu na energię do ogrzewania, chłodzenia i wentylacji oraz oświetlenia dzięki zastosowaniu rozwiązań naturalnych i zarazem domów produkujących energię ciepłą przy użyciu kolektorów słonecznych, a elektryczną – paneli fotowoltaicznych. Dodatkowo znaczenie przypisuje się uwarunkowaniom lokalizacyjnym, właściwemu rozplanowaniu funkcji oraz wykorzystaniu materiałów przyjaznych środowisku.

Jest obecne także pojęcie „termicznie aktywne”, które oznacza masywne elementy budynkowe włączone do systemów ogrzewania lub chłodzenia (Thermal Active Building System – TABS) [33]. Rozwiązanie polega na umieszczeniu rur ogrzewania lub chłodzenia wodnego w żelbetowych ścianach, podłogach czy stropach budynków. Jest ono szczególnie popularne w obiektach biurowych³.

Jak pokazano, w literaturze przedmiotu pojawia się wiele pojęć, jednak żadne z nich nie odzwierciedla w pełni intencji architektury energetycznie aktywnej. Ostatecznie wybrano określenie „energoaktywna”, które zostało bezpośrednio zaczerpnięte z artykułu Krystyny Januszkiewicz i Henryka Katowicza-Kowalewskiego opublikowanego w „Archivolcie” w 2013 roku [34]. Według tych autorów oznacza ono w skrócie pojedyncze obiekty lub miasta wyposażone w różnorodne rozwiązania mechaniczne wykorzystujące OZE lub wzorowane na naturze, takie jak kolektory słoneczne, ogniwa fotowoltaiczne lub bardziej wyszukane energoaktywne parasole przeciwsłoneczne, systemy elewacyjne czy systemy rolet dla regulacji insulacji wnętrza.

W tej pracy przez pojęcie „architektura energoaktywna” rozumie się wszelkie rozwiązania czy strategie służące ograniczeniu kosztów środowiskowych, ekonomicznych i społecznych wydatkowanych na energię związaną z funkcjonowaniem obiektów w całym cyklu życia. W takim ujęciu ważną jest redukcja zapotrzebowania na:

- energię użytkową niezbędną do ogrzewania – wentylacji – chłodzenia oraz do zapewnienia C.W.U.,
- energię elektryczną, w tym przeznaczoną na oświetlenie, oraz
- energię wbudowaną w materiały budowlane i całe budynki w cyklu życia.

Nie chodzi o rozwiązania stricte aktywne (choć może tak sugerować przyjęta nazwa), lecz właśnie szczególnie rozwiązania pasywne i naturalne (bierne), tj. architektoniczne i budowlano-instalacyjne, których wykorzystanie w jakikolwiek sposób przyczynia się do obniżenia zużycia energii

³ TABS został zapoczątkowany w 1980 roku w Szwajcarii i następnie rozpowszechniony w Europie. Uważa się go za niskoenergetyczny i ekonomiczny system ogrzewania i chłodzenia płaszczyznowego dzięki wykorzystaniu masy akumulacyjnej betonu, co umożliwia redukcję zapotrzebowania szczytowego na ogrzewanie i chłodzenie, zmniejszenie instalacji chłodzących i redukcję wydatków na instalacje. Występuje także w postaci tzw. sufitów radiacyjnych lub belek.

użytkowej i elektrycznej w obiektach, zmniejszenia energochłonności nakładów inwestycyjnych oraz redukcji negatywnego oddziaływania na środowisko w cyklu życia budynku. Wszelkie inne rozwiązania (aktywne) traktowane są jako wspomaganie systemów pasywnych w celu poprawy oraz regulacji komfortu przebywania w obiektach. Rozwiązania materiałowe oraz eksploatacja obiektów w całym cyklu życia nie powinny pogarszać środowiska do życia (ludzi i ekosystemów) obecnie i w przyszłości. Wreszcie architektura energoaktywna powinna być piękna i zapewniać szczęście jej użytkownikom oraz stanowić kompromis między spełnianiem oczekiwań wszystkich jej interesariuszy, wymagań prawa, budżetu i zapewnieniem jej funkcjonowania na racjonalnie niskim poziomie.

1.4. Podsumowanie

Pojęcie „architektura aktywna energetycznie” odnosi się do wielu zagadnień z różnych obszarów działalności człowieka i funkcjonowania obiektów. Określa wrażliwość i zrozumienie kwestii pozyskiwania energii oraz świadomości jej stałego wykorzystywania w codziennym życiu w architekturze oraz w procesie jej tworzenia. Energia służy przede wszystkim do zapewnienia komfortu (ciepła, chłodu, ruchu powietrza, oświetlenia, ciepłej wody itp.) w budynkach. Niemniej do ich bilansu energetycznego wlicza się również energię użytą w całym procesie realizacji inwestycji, a więc też konieczną do pozyskania, wyprodukowania, transportu i budowy, także w procesie projektowania, użytkowania i rozbiórki oraz ponownego użycia. Gospodarowanie energią jest ważne na każdym etapie realizacji inwestycji. Od planowania i ustalania priorytetów, po świadomy wybór materiałów budowlanych i wykończeniowych. Od idei po rozwiązania i systemy zapewniające piękno i komfort w niskoenergetyczny sposób.

Warto zwrócić uwagę, że poszczególne dyscypliny i branże mają swoje specyficzne uwarunkowania i obowiązują w nich nieco inne spojrzenie na kwestie teoretyczne i praktyczne związane z gospodarowaniem energią. Jak uwidaczniają poszczególne rozdziały obu tomów monografii, w ramach jednej dyscypliny czy branży występują różnice w podejściu do energii w zależności od wykonywanego zawodu i nabytych doświadczeń Autorów. Z tego powodu w książce zagadnienia są omawiane z różnych perspektyw, nie tylko branżowych, lecz także poszczególnych etapów procesu budowlanego.

Bibliografia

- [1] Butti K., Perlin J., *Golden Thread: 2500 Years of Solar Architecture and Technology*, Cheshire Books, New York 1980.
- [2] Mofidi S.M., *Responsive and sustainable architectural strategies for temperate regions*, [w:] M. Santamouris (ed.), Proceedings of the 1st International Conference "Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment", May 2005, Santorini, Greece, Heliotospos Conferences, 2005, s. 1091–1096.
- [3] Holloway D., *Sun Tempered Architecture. A Simple Design Methodology for Passive Solar Houses*, <http://www.dennisrhollowayarchitect.com/SimpleDesignMethodology.html>, dostęp 12.12.2019.
- [4] Bać A., *Zrównowazenie w architekturze. Od idei do realizacji na tle doświadczeń kanadyjskich*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2016.
- [5] Bonenberg W., Kaplinski O., *The Architect and the Paradigms of Sustainable Development: A Review of Dilemmas*, „Sustainability” 2018, vol. 10 (1), <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/1/100>, dostęp 25.10.2019.
- [6] Global Footprint Network, *Ecological Footprint*, <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/>, dostęp 10.04.2019.
- [7] Harvard University, *Graduate School of Design*, <http://www.gsd.harvard.edu/topic/energy/>, dostęp 13.12.2019.
- [8] McDonough W., Braungart M., *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*, North Point Press, New York 2002.
- [9] McDonough W., Braungart M., *The Upcycle: Beyond Sustainability – Designing for Abundance*, North Point Press, New York 2013.
- [10] Architects’ Council of Europe, *Sustainable Architecture across Europe*, https://www.ace-cae.eu/fileadmin/user_upload/events/20th%20Anniversary%20of%20the%20ACE/ACE_20YEAR_cat_ENG_2010.pdf, dostęp 12.12.2019.
- [11] Aggarwal V., *The AIA Toolkit for Architects in the Era of Climate Change*, https://www.archdaily.com/908186/the-aia-toolkit-for-architects-in-the-era-of-climate-change?ad_medium=widget&ad_name=chrome-extension, dostęp 10.04.2019.
- [12] *3xE Preludium*, Stowarzyszenie Architektów Polskich, Warszawa 2017.
- [13] *3xC Preludium*, Stowarzyszenie Architektów Polskich, Warszawa 2019.
- [14] Ryńska E.D., *Bioklimatyka a forma architektoniczna*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2001.
- [15] Zielonko-Jung K., Marchwiński J., *Współczesna architektura proekologiczna*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012.
- [16] Celadyn W., *Energia w architekturze*, „Kwartalnik Architektury i Urbanistyki” 2012, No. 3, s. 39–56.
- [17] Wehle-Strzelecka W., *Energia słońca w kształtowaniu środowiska mieszkaniowego – ewolucja koncepcji na przestrzeni wieków*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2014.
- [18] Chwieduk D., *Energetyka słoneczna budynku*, Arkady, Warszawa 2015.
- [19] Heim D. (red.), *Optymalizacja fasad podwójnych pod kątem oszczędności energii i jakości środowiska wewnętrznego*, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2013.
- [20] Popkiewicz M., *Rewolucja energetyczna. Ale po co?*, Wydawnictwo Sonia Draga, Katowice 2015.
- [21] Popkiewicz M., *Świat na rozdrożu*, Wydawnictwo Sonia Draga, Katowice 2013.
- [22] Juchimiuk J., *Wpływ odnawialnych źródeł energii na architekturę wybranych obiektów w Polsce po roku 2004*, praca doktorska, Wydział Budownictwa i Architektury, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Szczecin 2019.
- [23] Głuchowska A., *Energia wiatrowa w architekturze*, praca doktorska, Wydział Architektury, Politechnika Krakowska, Kraków 2019.
- [24] Michalski P., *Cechy budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych*, praca doktorska, Wydział Architektury, Politechnika Wroclawska, Wrocław 2019.
- [25] Mokrzejka M., *Zagadnienia proekologiczne w domach studenckich. Aspekt architektoniczno-behawioralny*, praca doktorska, Wydział Architektury, Politechnika Wroclawska, Wrocław 2019.

- [26] Sikorski M., *Kształtowanie domów energooszczędnych z zastosowaniem strategii pasywnych w klimacie umiarkowanym ciepłym*, praca doktorska, Wydział Architektury, Politechnika Wrocławska, Wrocław 2018.
- [27] Bać A., *Research into the possibility of achieving the NZEB standard in Poland in 2021 – Architect’s perspective*, [w:] R. Howlett, L. Jain (red.), *Sustainability in Energy and Buildings*, Springer 2020, s. 665–676, <https://www.springer.com/series/8767>, dostęp 13.04.2020.
- [28] Kuczia P., *Solarna aktywacja budynków: 10 rozwiązań strukturalnych*, „Czasopismo Techniczne. Architektura” 2011, R. 108, z. 2-A/2, s. 127–134.
- [29] Feist W., *Bauvorbereitendes Forschungsprojekt Passive Häuser*, Endbericht, Darmstadt 1992.
- [30] Głab A., *Naturalny dom*, <https://prostydom.oferteo.pl/>, dostęp 13.04.2020.
- [31] Fathy H., *Natural Energy and Vernacular Architecture*, The University of Chicago Press, Chicago–London 1986.
- [32] Williams J., *What is an Active House*, <https://makewealthhistory.org/2017/03/10/what-is-an-active-house/>, dostęp 13.04.2020.
- [33] Kalz D., Koenigsdorff R., Pfafferott J., *Technology: Thermo-Active Building Systems: operational experience practice report*, “Detail” 2011, <https://inspiration.detail.de/technology-thermo-active-building-systems-operational-experience-practice-report-107207.html?lang=en>, dostęp 10.04.2020.
- [34] Januszkiewicz K., Katowicz-Kowalewski H., *Architektura aktywna energetycznie*, „Archivolta” 2013, nr 3(59), s. 39–43.



ANNA BAĆ

➤ Jest architektką, profesorką na Wydziale Architektury Politechniki Wrocławskiej (gdzie pracuje od 2003 roku), prowadzi także zajęcia w szkole podyplomowej Architektura i Budownictwo Proekologiczne na Politechnice Gdańskiej. Zajmuje się zrównoważoną i energoaktywną architekturą mieszkaniową i usługową. Jest założycielką koła naukowego eko_studio (2003) oraz grupy dydaktycznej Architektura Energoaktywna (2015) i jest moderatorką jej profilu na Facebooku. Współtworzyła kursy dedykowane architekturze zrównoważonej. Wykonane pod jej opieką projekty studenckie, w tym dyplomowe, uzyskały ponad 30 nagród i nominacji. Jest organizatorką warsztatów studenckich, konkursu na prace dyplomowe na WA PWR pt. Architektura energoaktywna (2013–2016) i wystaw prac studenckich.

Współprowadzi pracownię grupa_Synergia (2006). Jest autorką i współautorką ponad 44 projektów architektonicznych cechujących się efektywnością energetyczną, wykonanych w zintegrowanym procesie projektowym, w tym ponad 20 zrealizowanych, w których prowadzi badania jakościowe. Brała udział w konkursach architektonicznych, zdobywając nagrody i wyróżnienia.

Prowadzi działalność popularyzatorską, ma na koncie ponad 35 wystąpień krajowych i zagranicznych. Uczestniczyła w komitetach organizacyjnych i naukowych kilku konferencji, była moderatorką i panelistką spotkań poświęconych zielonemu budownictwu. Była jurorem w wielu konkursach architektonicznych związanych ze zrównoważonym i energooszczędnym budownictwem. Jest autorką i współautorką blisko 80 publikacji, w tym książki *Zrównoważenie w architekturze. Od idei do realizacji na tle dokonań kanadyjskich*, a także współredaktorką monografii *Kierunki rozwoju budownictwa energooszczędnego na Dolnym Śląsku*. Uzyskała 10 nagród za dorobek naukowo-badawczy, organizacyjny i popularyzatorski, w tym jedną zbiorową, oraz nagrodę Ministra Infrastruktury za rozprawę doktorską *Wybrane zagadnienia projektowania szkół na przykładzie realizacji wiedeńskich z lat 90. XX wieku*.

Była kierowniczką naukową 11 projektów badawczych, m.in. International Sustainable Engineering Practices. Jest członkinią m.in. Grupy ds. Rozwoju Zrównoważonego przy Zarządzie Głównym SARP, Komisji Legislacyjnej w Polskim Stowarzyszeniu Budownictwa Ekologicznego – PLGBC, Polskiej Akademii Nauk oraz współzałożycielką Centrum Naukowego Zrównoważonego Kształtowania Środowiska Zbudowanego na PWR – RoSE.

2. Polityka energetyczna w Polsce i Unii Europejskiej

HENRYK KWAPISZ

SAINT-GOBAIN

Polityka energetyczna w Unii Europejskiej ma doprowadzić do redukcji zużycia energii w budynkach, m.in. poprzez wzrost efektywności energetycznej, ograniczanie emisji CO₂ oraz wprowadzanie odnawialnych źródeł energii. Niestety w praktyce ograniczanie konsumpcji energii napotyka wiele trudności. W rozdziale omówiono podstawowe akty prawne, które mają lub powinny mieć wpływ na przebieg procesu realizacji inwestycji w zakresie efektywności energetycznej budynków. Zarysowano także problemy związane z ich wdrażaniem oraz przedstawiono i skomentowano przepisy polskie wynikające z przepisów europejskich, ponieważ różnią się one w niektórych punktach.

2.1. Wprowadzenie

Unia Europejska (UE), wywodząca się z Europejskiej Wspólnoty Węgla i Stali, prowadzi wspólną politykę energetyczną od zarania swojego istnienia. Na początku kwestie energetyczne ograniczały się tylko do kontroli wydobycia i dystrybucji węgla kamiennego. Z czasem, wobec rosnących wyzwań związanych z ochroną klimatu i bezpieczeństwem energetycznym, postępowanie w tej materii było rozbudowywane o kolejne zagadnienia, takie jak np.: ograniczanie emisji CO₂, odnawialne źródła energii, czy wreszcie efektywność energetyczna. Ponieważ w Europie 40% energii pochłaniają właśnie budynki, Wspólnota w swoich działaniach legislacyjnych położyła na tę sprawę duży nacisk, tworząc dokumenty, które wyznaczają lub powinny wyznaczać kierunki rozwoju współczesnego budownictwa w państwach członkowskich. Efektywność energetyczna w budynkach nowych i poddawanych renowacji w istotny sposób może wpłynąć na bezpieczeństwo energetyczne UE, a także na poprawę klimatu i co za tym idzie – zdrowia obywateli Starego Kontynentu. Niestety

wdrażanie przepisów unijnych napotyka wiele przeszkód, które warto przedstawić. Należy też przybliżyć przepisy polskie wynikające z przepisów europejskich, ale różniące się w niektórych punktach (przykładowo w prawodawstwie UE mówi się o budynku niemal zeroenergetycznym, a w polskim o budynku o niskim zapotrzebowaniu na energię).

Polska jako kraj członkowski UE konsekwentnie wprowadza przepisy unijne do swojego porządku prawnego. Najważniejsze aktualne dokumenty dotyczące efektywności energetycznej to:

- nowa Dyrektywa w sprawie charakterystyki energetycznej budynków – EPBD 2018/844/EU (Energy Performance of Building Directive) [1],
- Dyrektywa w sprawie charakterystyki energetycznej budynków EPBD 2010/31/EU (Energy Performance of Building Directive – EPBD) [2],
- Dyrektywa w sprawie efektywności energetycznej EED 2012/27/EU (Energy Efficiency Directive – EED) [3],
- Krajowy plan działań dotyczący efektywności energetycznej dla Polski [4],
- Polityka energetyczna Polski i Europy [5].

Poza dokumentami wymienionymi powyżej, zwłaszcza w ostatnich dwóch latach powstało wiele nowych inicjatyw rządowych zmierzających do poprawy efektywności energetycznej w Polsce. Są to przede wszystkim programy „Czyste powietrze”, „Mój Prąd”, a także nowelizacja ustawy o termomodernizacji ukierunkowana na renowację „wielkiej płyty” oraz rozporządzenie w sprawie ulgi termomodernizacyjnej. Nie mają one bezpośredniego wpływu na przebieg implementacji opisanych wyżej dokumentów.

2.2. Dyrektywy w sprawie charakterystyki energetycznej budynków

Aktualnie, w 2019 roku, mamy dwie dyrektywy EPBD. Nowa Dyrektywa w sprawie charakterystyki energetycznej budynków z dnia 9 czerwca 2018 r., 2018/844/EU zmienia dyrektywę 2010/31/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków i dyrektywę 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej. Termin transpozycji zapisów tej dyrektywy to 10 marca 2020, zatem dyrektywy EPBD i EED będą obowiązywać w nowej wersji od końca marca 2020 roku. Główne sześć punktów, na których koncentruje się nowa dyrektywa, to: 1. Jest elementem polityki klimatyczno-energetycznej i tzw. Pakietu zimowego. 2. Obejmuje wyniki przeglądu i oceny jego skutków przeprowadzonych przez Komisję Europejską. 3. Zakłada dekarbonizację zasobów budowlanych. 4. Zakłada zwiększenie efektywności energetycznej oraz ograniczenie emisji CO₂. 5. Zakłada rozwój

infrastruktury niezbędnej do ładowania pojazdów elektrycznych. 6. Wymaga przygotowania długoterminowej strategii renowacji. Kraje członkowskie zobowiązane są do jej wdrażania przy jednoczesnym prowadzeniu prac przygotowawczych m.in. w postaci określenia Krajowych planów klimatyczno-energetycznych (National Climate and Energy Plans – NECP). Nowa dyrektywa 2018/844/EU skłania ponadto państwa członkowskie do poprawy systemów zarządzania i kontroli strategii klimatyczno-energetycznych oraz społecznych konsultacji celów energetycznych i sposobów ich realizacji [1].

Głównym celem wcześniejszej Dyrektywy 2010/31/UE, z dnia 19 maja 2010 roku, w sprawie charakterystyki energetycznej budynków jest promocja kwestii poprawy charakterystyki energetycznej budynków w krajach UE, z uwzględnieniem panujących na zewnątrz warunków klimatycznych i lokalnych oraz wymagań dotyczących klimatu wewnętrznego i opłacalności ekonomicznej. Dyrektywa ustanawia też wymagania w zakresie:

- a) *wspólnych ram ogólnych dla metodologii obliczania zintegrowanej charakterystyki energetycznej budynków i modułów budynków¹;*
- b) *zastosowania minimalnych wymagań dotyczących charakterystyki energetycznej wobec nowych budynków i nowych modułów budynków;*
- c) *zastosowania minimalnych wymagań dotyczących charakterystyki energetycznej wobec:*
 - *podlegających ważniejszej renowacji budynków istniejących, modułów budynków oraz elementów budynków;*
 - *elementów budynków stanowiących część przegród zewnętrznych i mających istotny wpływ na charakterystykę energetyczną przegród zewnętrznych budynku², w sytuacji gdy elementy te są modernizowane lub wymieniane; oraz*
 - *systemów technicznych budynku, jeżeli są one instalowane, wymieniane lub modernizowane;*
- d) *krajowych planów mających na celu zwiększenie liczby budynków o niemal zerowym zużyciu energii;*
- e) *certyfikacji energetycznej budynków lub modułów budynków;*
- f) *regularnych przeglądów systemów ogrzewania i klimatyzacji w budynkach; oraz*
- g) *niezależnych systemów kontroli świadectw charakterystyki energetycznej i sprawozdań z przeglądu [2, s. 17–18].*

¹ W tekście zacytowano oficjalne tłumaczenie pochodzącego z dyrektywy sformułowania „building unit” jako „moduł budynku”. Zdaniem części ekspertów powinno być raczej: „wydzielona część budynku lub lokalu” [przyj. red.].

² W tekście zacytowano oficjalne tłumaczenie dyrektywy. Zdaniem części ekspertów nie mówi się jednak o charakterystyce energetycznej przegród budowlanych, a o charakterystyce energetycznej budynku. W odniesieniu do przegród zajmujemy się raczej właściwościami, w tym m.in. w zakresie przewodzenia ciepła [przyj. red.].

Tak naprawdę EPBD reguluje trzy najważniejsze dla procesu projektowania kwestie, które zostaną pokrótce omówione w dalszej części rozdziału:

- system świadectw charakterystyki energetycznej budynków – precyzowany w Polsce przez Ustawę o charakterystyce energetycznej budynków [6],
- wyrażanie charakterystyki energetycznej budynku jako wskaźnika energii pierwotnej – EP – określonego w Warunkach Technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie – WT [7],
- definicję budynku o niemal zerowym zużyciu energii (nearly zero energy building – NZEB) – zawartą w „Krajowym planie mającym na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii” [8].

2.3. System świadectw charakterystyki energetycznej

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (z późniejszymi zmianami) [9] każdy projekt architektoniczno-budowlany obiektu budowlanego powinien zawierać [...] *charakterystykę energetyczną budynku, opracowaną zgodnie z przepisami dotyczącymi metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej, wydanymi na podstawie art. 15 ustawy z dnia 29 sierpnia 2014 r. o charakterystyce energetycznej budynków [...], określającą w zależności od potrzeb:*

- a) bilans mocy urządzeń elektrycznych oraz urządzeń zużywających inne rodzaje energii, stanowiących jego stałe wyposażenie budowlano-instalacyjne, z wydzieleniem mocy urządzeń służących do celów technologicznych związanych z przeznaczeniem budynku,*
- b) w przypadku budynku wyposażonego w instalacje ogrzewcze, wentylacyjne, klimatyzacyjne lub chłodnicze – właściwości cieplne przegród zewnętrznych, w tym ścian pełnych oraz drzwi, wrót, a także przegród przezroczystych i innych,*
- c) parametry sprawności energetycznej instalacji ogrzewczych, wentylacyjnych, klimatyzacyjnych lub chłodniczych oraz innych urządzeń mających wpływ na gospodarkę energetyczną budynku,*
- d) dane wykazujące, że przyjęte w projekcie architektoniczno-budowlanym rozwiązania budowlane i instalacyjne spełniają wymagania dotyczące oszczędności energii zawarte w przepisach techniczno-budowlanych [9, s. 7].*

Każdy projekt powinien zatem dawać inwestorowi wskazówkę, jak bardzo efektywny energetycznie jest jego budynek. Charakterystykę energetyczną obiektu wyznacza się zgodnie z Rozporządze-

niem Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej [10]. Same zasady sporządzania świadectw określa natomiast wspomniana już Ustawa z dnia 29 sierpnia 2014 r. o charakterystyce energetycznej budynków [6].

Niestety system ten w Polsce właściwie nie działa. Przyczyny tego stanu rzeczy są trzy:

1. Świadectwa mają nieczytelną formę, przez co nie stymulują działań na rzecz poprawy efektywności energetycznej budynków, stały się jedynie niezrozumiałym obowiązkiem formalnym, który też jest bardzo często obchodzony. Urzędy publiczne powinny w swoich budynkach umieszczać w widocznym miejscu świadectwo (art. 3 pkt 3 Ustawy o charakterystyce energetycznej budynków) [6, s. 2], natomiast deweloper w reklamie swojej inwestycji powinien informować o charakterystyce energetycznej oferowanego obiektu (art. 13 Ustawy o charakterystyce energetycznej budynków) [6, s. 12]. Ani jeden, ani drugi zapis nie jest respektowany, z powodu nieegzekwowania tego prawa przez odpowiednie władze.
2. Świadectwa są pokazywane jako narzucone przez UE zbędne wymaganie, które prowadzi do wzrostu kosztów inwestycji. Tymczasem nikt nie informuje, że jest to narzędzie, które umożliwia kupującemu wybór, np. mieszkania, przez porównanie odpowiednich wskaźników określających, jakie jest zapotrzebowanie na energię do ogrzewania, chłodzenia, wentylacji, przygotowania ciepłej wody i oświetlenia.
3. Świadectwa określają zapotrzebowanie na energię jako energię pierwotną (EP), nie pozwalają zaś oszacować kosztów eksploatacji obiektu, a taka informacja jest zazwyczaj jedną z najbardziej istotnych dla potencjalnego nabywcy. Są więc tak naprawdę mało praktyczne.

Obecnie (2020) w Ministerstwie Rozwoju rozważa się aktualizację rozporządzenia w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku. Dzięki aktualizacji zmienione zostałyby następujące elementy:

- forma i sposób przekazywania informacji zawartych w świadectwach charakterystyki energetycznej,
- weryfikacja i wyeliminowanie wzbudzających kontrowersje ścieżek obliczeniowych,
- weryfikacja wartości współczynników nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej.

2.4. Charakterystyka energetyczna budynku jako wskaźnik nieodnawialnej energii pierwotnej

Konieczność określania zapotrzebowania na energię wielkością energii pierwotnej wynika wprost z aktualnych WT zdefiniowanych przez Ministra Inwestycji i Rozwoju z 8 kwietnia 2019 r., w dziale X dotyczącym oszczędności energii i izolacyjności cieplnej [7, s. 88, 89]. W myśl tego rozporządzenia: *Budynki i jego instalacje ogrzewcze, wentylacyjne, klimatyzacyjne, ciepłej wody użytkowej, a w przypadku budynków użyteczności publicznej, zamieszkania zbiorowego, produkcyjnych, gospodarczych i magazynowych – również oświetlenia wbudowanego, powinny być zaprojektowane i wykonane w sposób zapewniający spełnienie następujących wymagań minimalnych: 1) wartość wskaźnika rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP [kWh/(m²·rok)], obliczona według przepisów wydanych na podstawie art. 15 ustawy z dnia 29 sierpnia 2014 r. o charakterystyce energetycznej budynków (Dz.U. z 2018 r. poz. 1984 oraz z 2019 r. poz. 730), jest mniejsza lub równa wartości maksymalnej obliczonej zgodnie ze wzorem, o którym mowa w § 329 ust. 1 lub 3 (paragraf 328.1.1) [7, s. 88].*

Według przywołanego paragrafu 329 ust. 1:

Maksymalną wartość wskaźnika rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP oblicza się zgodnie z poniższym wzorem: $EP = EP_{H+W} + \Delta EP_C + \Delta EP_L$ [kWh/(m²·rok)],

gdzie: EP_{H+W} – cząstkowa wartość wskaźnika EP na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej,

ΔEP_C – cząstkowa wartość wskaźnika EP na potrzeby chłodzenia,

ΔEP_L – cząstkowa wartość wskaźnika EP na potrzeby oświetlenia [7, s. 89].

Ponadto WT definiują także cząstkowe wartości wskaźnika EP, które określono zgodnie z trzema osobnymi tabelami: na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej (tab. 1), na potrzeby chłodzenia oraz na potrzeby oświetlenia. W przypadku budynku o różnych funkcjach użytkowych maksymalną wartość wskaźnika rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP oblicza się zgodnie z odpowiednim wzorem.

Tab. 1. Wymagania dla wskaźnika energii pierwotnej [7, s. 89, 90]

L.p.	RODZAJ BUDYNKU	CZĄSTKOWE WARTOŚCI WSKAŹNIKA EP_{H+W} NA POTRZEBY OGRZEWANIA, WENTYLACJI I PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY [kWh/(m ² ·rok)]	
		od 1 stycznia 2017 r.	od 31 grudnia 2020 r. ^{*)}
1	Budynek mieszkalny:		
	a) jednorodzinny	95	70
	b) wielorodzinny	85	65
2	Budynek zamieszkania zbiorowego	85	75
3	Budynek użyteczności publicznej:		
	a) opieki zdrowotnej	290	190
	b) pozostałe	60	45
4	Budynek gospodarczy, magazynowy i produkcyjny	90	70

^{*)}Od 1 stycznia 2019 r. – w przypadku budynku zajmowanego przez organ wymiaru sprawiedliwości, prokuraturę lub organ administracji publicznej i będącego jego własnością.

Dodatkowo dział X obliguje do spełnienia wskaźników energetycznych, m.in. wymagań izolacyjności cieplnej przegród zawartych w załączniku nr 2 do tejże ustawy [7, s. 105, 106], podanych w tabeli 2.

Tak jak wspomniano, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 6 września 2019 r. [11, s. 2], charakterystykę energetyczną budynku należy wyrażać w świadectwie poprzez:

- wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię użytkową – EU [kWh/(m²·rok)] – obligatoryjnie, ale tylko do celów poglądowych,
- wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię końcową – EK [kWh/(m²·rok)] – obligatoryjnie, ale tylko do celów poglądowych,
- wskaźnik rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną – EP [kWh/(m²·rok)] – obligatoryjnie, bo służy to do stwierdzenia, czy został spełniony wymóg WT,
- jednostkową wielkość emisji CO₂ – E_{CO_2} [tCO₂/m²·rok]],
- udział odnawialnych źródeł energii w rocznym zapotrzebowaniu na energię końcową – U_{OZE} [%].

Tab. 2. Wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej przegród [7, s. 105, 106]

Lp.	RODZAJ PRZEGRODY I TEMPERATURA W POMIESZCZENIU	WSPÓŁCZYNNIK PRZENIKANIA CIEPŁA $U_{C(max)}$ [W/(m ² ·K)]	
		od 1 stycznia 2017 r.	od 31 grudnia 2020 r.*)
1	Ściany zewnętrzne:		
	a) przy $t_1 \geq 16^\circ\text{C}$	0,23	0,20
	b) przy $8^\circ\text{C} \leq t_1 < 16^\circ\text{C}$	0,45	0,45
	c) przy $t_1 < 8^\circ\text{C}$	0,90	0,90
2	Ściany wewnętrzne:		
	a) przy $\Delta t_1 \geq 8^\circ\text{C}$ oraz oddzielające pomieszczenia ogrzewane od klatek schodowych i korytarzy	1,00	1,00
	b) przy $\Delta t_1 < 8^\circ\text{C}$	bez wymagań	bez wymagań
	c) oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego	0,30	0,30
3	Ściany przyległe do szczelin dylatacyjnych o szerokości:		
	a) do 5 cm, trwale zamkniętych i wypełnionych izolacją cieplną na głębokości co najmniej 20 cm	1,00	1,00
	b) powyżej 5 cm, niezależnie od przyjętego sposobu zamknięcia i zaizolowania szczeliny	0,70	0,70
4	Ściany nieogrzewanych kondygnacji podziemnych	bez wymagań	bez wymagań
5	Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub przejazdami:		
	a) przy $t_1 \geq 16^\circ\text{C}$	0,18	0,15
	b) przy $8^\circ\text{C} \leq t_1 < 16^\circ\text{C}$	0,30	0,30
	c) przy $t_1 < 8^\circ\text{C}$	0,70	0,70
6	Podłogi na gruncie:		
	a) przy $t_1 \geq 16^\circ\text{C}$	0,30	0,30
	b) przy $8^\circ\text{C} \leq t_1 < 16^\circ\text{C}$	1,20	1,20
	c) przy $t_1 < 8^\circ\text{C}$	1,50	1,50

cd. tab. 2

7	Stropy nad pomieszczeniami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi:		
	a) przy $t_1 \geq 16^\circ\text{C}$	0,25	0,25
	b) przy $8^\circ\text{C} \leq t_1 < 16^\circ\text{C}$	0,30	0,30
	c) przy $t_1 < 8^\circ\text{C}$	1,00	1,00
8	Stropy nad ogrzewanymi pomieszczeniami podziemnymi i stropy międzykondygnacyjne:		
	a) przy $\Delta t_1 \geq 8^\circ\text{C}$	1,00	1,00
	b) przy $\Delta t_1 < 8^\circ\text{C}$	bez wymagań	bez wymagań
	c) oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego	0,25	0,25

Pomieszczenie ogrzewane – pomieszczenie, w którym na skutek działania systemu ogrzewania lub w wyniku bilansu strat i zysków ciepła utrzymywana jest temperatura, której wartość została określona w § 134 ust. 2 rozporządzenia.

t_1 – temperatura pomieszczenia ogrzewanego zgodnie z § 134 ust. 2 rozporządzenia.

^{*)} Od 1 stycznia 2019 r. – w przypadku budynku zajmowanego przez organ wymiaru sprawiedliwości, prokuraturę lub organ administracji publicznej i będącego jego własnością.

Ponadto rozporządzenie określa, że:

[...] 2. Roczne zapotrzebowanie na energię w świadectwie charakterystyki energetycznej jest wyrażane przez roczne zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną, energię końcową oraz energię użytkową. Dane do obliczeń określa się na podstawie budowlanej dokumentacji technicznej lub obmiaru budynku istniejącego i przyjmuje się standardowy albo faktyczny sposób użytkowania, w zależności od wybranej metody obliczania. 3. Roczne zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną uwzględnia obok energii końcowej dodatkowe nakłady nieodnawialnej energii pierwotnej na dostarczenie do budynku każdego wykorzystanego nośnika energii lub energii. Uzyskane niskie wartości wskazują na nieznaczne zapotrzebowanie na energię i tym samym wysoką efektywność energetyczną budynku i zużycie energii chroniące zasoby naturalne i środowisko. 4. Roczne zapotrzebowanie na energię końcową określa roczną ilość energii dostarczaną do budynku dla systemów: ogrzewania, chłodzenia, przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz wbudowanej instalacji oświetlenia. Zapotrzebowanie na energię końcową jest to ilość energii, która powinna być dostarczona do budynku przy standardowym lub faktycznym sposobie użytkowania z uwzględnieniem wszystkich strat, aby zapewnić utrzymanie temperatury wewnętrznej, której wartość została określona w przepisach techniczno-budowlanych, niezbędną wentylację oraz oświetlenie

i przygotowanie ciepłej wody użytkowej. Niskie wartości sygnalizują wysokosprawne systemy techniczne w budynku i jego wysoką efektywność energetyczną. 5. Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową określa: a) w przypadku ogrzewania budynku – energię przenoszoną z budynku do jego otoczenia przez przenikanie lub z powietrzem wentylacyjnym, pomniejszoną o zyski ciepła, b) w przypadku chłodzenia budynku – zyski ciepła pomniejszone o energię przenoszoną z budynku do jego otoczenia przez przenikanie lub z powietrzem wentylacyjnym, c) w przypadku przygotowania ciepłej wody użytkowej – energię przenoszoną z budynku do jego otoczenia ze ściekami. Niskie wartości sygnalizują bardzo dobrą charakterystykę energetyczną przegród, niewielkie straty ciepła przez wentylację oraz optymalne zarządzanie zyskami słonecznymi [11, s. 5].

Jak widać, każdy rodzaj energii pokazuje inne wartości, a tak naprawdę najbardziej istotne dla przeciętnego użytkownika są:

- energia końcowa *EK* – bo jako wartość zaprojektowanej ilości energii dostarczanej do budynku, dzięki pomnożeniu przez cenę danego nośnika, pozwoli uzyskać koszt, jaki zostanie poniesiony na energię,
- energia użytkowa *EU* – bo pokazuje, jak dobrze zaprojektowany jest budynek.

2.5. Budynek o niemal zerowym zużyciu energii

Unia Europejska w tworzoną przez siebie prawie kładzie duży nacisk na to, aby wszystkie budynki na terenie należących do niej krajów charakteryzowały się niemal zerowym zużyciem energii. Dotyczy to obiektów nowych, ale także tych poddawanych głębokiej renowacji. W trwającej obecnie dyskusji mówi się, że od roku 2050 i nowe, i istniejące obiekty będą musiały mieć niemal zerowe zużycie energii. Dlatego też ważne staje się zdefiniowanie na poziomie krajowym, co wynika z EPBD, czym taki budynek jest.

W Polsce definicja taka jest zawarta w Uchwale nr 91 Rady Ministrów z dnia 22 czerwca 2015 r. w sprawie przyjęcia „Krajowego planu mającego na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii” [8]. W jej myśl: *Przez „budynek o niemal zerowym zużyciu energii” należy rozumieć budynek o bardzo wysokiej charakterystyce energetycznej określonej zgodnie z wytycznymi zawartymi w załączniku I do dyrektywy 2010/31/UE. Niemal zerowa lub bardzo niska ilość wymaganej energii powinna pochodzić w bardzo wysokim stopniu z energii ze źródeł odnawialnych, w tym energii ze źródeł odnawialnych wytwarzanej na miejscu lub w pobliżu. Należy podkreślić, iż w warunkach krajowych budynek o niemal zerowym zużyciu energii będzie utożsamiany i określany*

jako budynek o niskim zużyciu energii, o którym mowa w art. 39 ustawy z dnia 29 sierpnia 2014 r. o charakterystyce energetycznej budynków, która wdraża do krajowego porządku prawnego część postanowień dyrektywy 2010/31/UE [8, s. 18].

Z zapisu tego wynika, że w Polsce nie będzie się stosować unijnego terminu „budynek o niemal zerowym zużyciu energii”, tylko określenie „budynek o niskim zużyciu energii”. Według zapisów w polskim prawie oba pojęcia należy traktować jako tożsame.

W przytoczonej definicji zaznaczono też, że: *Przez „budynek o niskim zużyciu energii” należy rozumieć budynek, spełniający wymogi związane z oszczędnością energii i izolacyjnością cieplną zawarte w przepisach techniczno-budowlanych, o których mowa w art. 7 ust. 1 pkt 1 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz.U. z 2013 r. poz. 1409, z późn. zm.), tj. w szczególności dział X oraz załącznik nr 2 do rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 75, poz. 690, z późn. zm.), obowiązujące od 1 stycznia 2021 r., a dla budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością – od 1 stycznia 2019 r.* [8, s. 18].

Oczywiście rodzi się pytanie, czy ustalenie wymagań dla budynków o niskim zużyciu energii na poziomie z roku 2021 (2019 dla gmachów użyteczności publicznej) jest właściwe. Wszak wymagania w nieistniejącym już programie NF-15/NF-40 dla obiektów niskoenergetycznych [12], którym zarządzał Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW), były bardziej wygórowane³. Ale wydaje się, że decyzja będzie należała do inwestorów. W tej chwili nowo powstające domy jednorodzinne w większości są bardzo efektywne energetycznie, bo inwestorzy zwracają uwagę na to, ile będą płacić za ogrzewanie. W przypadku budynków wielorodzinnych i publicznych już takiego bezpośredniego przełożenia nie ma, a szkoda.

2.6. Dyrektywa w sprawie efektywności energetycznej

Dyrektywa UE w sprawie efektywności energetycznej – EED — została wprowadzona do polskiego prawa Ustawą z dnia 20 maja 2016 r. o efektywności energetycznej [14], która określa:

- zasady opracowywania krajowego planu działań dotyczącego efektywności energetycznej,
- zadania jednostek sektora publicznego w zakresie efektywności energetycznej,
- zasady realizacji obowiązku uzyskania oszczędności energii,
- zasady przeprowadzania audytu energetycznego przedsiębiorstwa.

³ W 2013 roku NFOŚiGW przygotował program priorytetowy „Efektywne wykorzystanie energii. Dopłaty do kredytów na budowę domów energooszczędnych”. Miał on na celu przystosowanie środowiska budowlanego do wymagań dla budynków o niemal zerowym zużyciu energii. W ramach programu ustanowiono polskie standardy NF40 i NF15 odnoszące się do wskaźnika rocznego jednostkowego zapotrzebowania na energię użytkową do celów ogrzewania i wentylacji – odpowiednio $\leq 40 \text{ kWh(m}^2\cdot\text{rok)}$ i $\leq 15 \text{ kWh(m}^2\cdot\text{rok)}$ [13].

W ustawie tej wskazuje się na istotną rolę jednostek publicznych, które powinny dbać o to, aby nabywały lub wynajmowały efektywnie energetycznie budynki lub ich części, spełniające co najmniej wymagania minimalne w zakresie oszczędności energii i izolacyjności cieplnej. Jest też tam powiedziane, że audyty powinny opierać się, o ile to możliwe, na analizie kosztowej cyklu życia budynku lub zespołu budynków oraz instalacji przemysłowych, a nie na okresie zwrotu nakładów, tak aby uwzględnić oszczędności energii w dłuższym czasie, wartości rezydualne inwestycji długoterminowych oraz stopy dyskonta.

W listopadzie 2017 roku w Komisji Europejskiej toczyła się niezwykle ożywiona dyskusja nad nowelizacją EED. W znaczący sposób zaakcentowano potrzebę efektywnych energetycznie budynków w osiągnięciu redukcji zużycia energii i ograniczenia emisji. Przykładowo:

- podkreśla się rolę nowych budynków o niemal zerowym zużyciu energii oraz wzywa się, by kraje UE wzmożyły wysiłki podejmowane na rzecz trzykrotnego zwiększenia zakresu termomodernizacji w skali rocznej,
- stwierdza się, że 40% energii pierwotnej w UE użytkuje się w budynkach, co stanowi 50% energii końcowej, oraz że – aby umożliwić wzrost gospodarczy i zwiększenie zatrudnienia w sektorach wymagających specjalnych kwalifikacji, tj. w sektorze budownictwa i produkcji wyrobów budowlanych, a także w działalności zawodowej takiej jak architektura i urbanistyka oraz doradztwo w zakresie ogrzewnictwa, chłodzenia, wentylacji i oświetlenia – państwa członkowskie powinny ustanowić długoterminową strategię na okres po 2020 roku, mobilizując środki na inwestycje w masową termomodernizację istniejących zasobów budynków mieszkalnych i publicznych oraz na rzecz budowy nowych obiektów zeroemisyjnych,
- mówi się też o wspieraniu finansowania paszportów termorenowacji budynków, które mogłyby pokazywać korzyści z podejmowanych działań ulepszających (oszczędności energii, redukcja CO₂, poprawa komfortu, jakości powietrza itp.). Paszport taki byłby dokumentem, który musiałby zostać sporządzony przed rozpoczęciem termomodernizacji i zawierałby wytyczne, jakie działania należy podjąć, krok po kroku, aby budynek osiągnął status zeroenergetycznego.

Z pewnością znowelizowana treść EED może wspomóc w istotny sposób działania na rzecz termomodernizacji istniejących zasobów, zwracając uwagę na fakt, że być może należy pozbyć się części budynków, które nie będą mogły zostać poddane termomodernizacji. Tym samym stworzy się nowy ład przestrzenny i osiągnie cel ograniczenia emisji CO₂, a w Polsce również tzw. niskich emisji, czyli ze źródeł znajdujących się na wysokości do 40 m.

2.7. Krajowy plan działań dotyczący efektywności energetycznej dla Polski

Aktualny, czwarty „Krajowy plan działań dotyczący efektywności energetycznej dla Polski” (w dalszej części zwany „Krajowym planem”) przyjęty przez Radę Ministrów w styczniu 2018 roku zawiera zaktualizowany opis:

- środków służących zwiększaniu efektywności energetycznej, określających działania mające na celu jej poprawę w poszczególnych sektorach gospodarki, przyjętych w związku z realizacją krajowego celu w zakresie oszczędnego gospodarowania energią z 2016 roku,
- dodatkowych środków służących osiągnięciu ogólnego celu w zakresie efektywności energetycznej rozumianego jako uzyskanie 20% oszczędności w zużyciu energii pierwotnej w UE do 2020 roku.

Jak wynika z dokumentu, w latach 2004–2014 zanotowano wzrost udziału w finalnym zużyciu energii sektorów transportu i usług oraz spadek udziału przemysłu, gospodarstw domowych i rolnictwa. Udział transportu wzrósł z 20 do 26%, a usług z 12 do 13%. Gospodarstwa domowe pozostały największym konsumentem energii, pomimo spadku udziału z 33 do 31%. Mimo to prognozowane oszczędności w poszczególnych sektorach pokazują, że większe oszczędności w roku 2020 są oczekiwane w przemyśle i transporcie (odpowiednio: 4,5 i 4,9 Mtoe) niż w mieszkalnictwie (1,3 Mtoe). Wydaje się, że podejmowane działania trudno nazwać najbardziej efektywnymi. Przykładowo tabela 17 Krajowego planu pokazuje, że większość działań w budynkach będących własnością instytucji rządowych to działania najprostsze (jak wymiana oświetlenia lub szkolenie pracowników), a nie kompleksowe. Z tej samej tabeli wynika także, że działania kompleksowe przynoszą znacząco lepsze efekty, gdyż średnia efektów wynosi 0,018 MWh/m²·rok, a efekt przeprowadzenia gruntownej termomodernizacji obejmującej docieplenie ścian zewnętrznych, docieplenie stropodachu, wymianę stolarki okiennej i drzwiowej, modernizację instalacji centralnego ogrzewania oraz wymianę wymiennika ciepła (poz. 5) wynosi natomiast 0,250 MWh/m²·rok.

Integralną częścią Krajowego planu jest część pod nazwą „Wspieranie inwestycji w modernizację budynków” (załącznik nr 3). Zawiera ona następujące rozdziały: „Przegląd krajowego zasobu budynków”, „Określenie optymalnych sposobów renowacji budynków”, „Polityki i środki wspierające renowację obecnie oraz perspektywy przyszłościowe”, a także „Korzyści, w tym szacunki oczekiwanej oszczędności energii”.

W swoim założeniu Krajowy plan ma stanowić opis istniejących zasobów budowlanych, ale także definiować długoterminową strategię wspierania inwestycji w renowację zasobów budynków mieszkaniowych.

W rzeczywistości opisuje on jedynie stan faktyczny, podając np. strukturę wiekową budynków, czy ich energooszczędność lub wymagania dotyczące maksymalnych wartości współczynnika przenikania ciepła przegród obudowy ogrzewanych pomieszczeń budynku, nie podając jednakże strategii długoterminowych działań.

W konkluzji Krajowego planu jest napisane: *Termomodernizacja budynków pozwala nie tylko na obniżenie kosztów użytkowania budynków, ale wpływa również na wzrost wartości budynków oraz lokali mieszkalnych w tych budynkach. Termomodernizacja budynków obejmująca wykonanie podstawowego zakresu prac (docieplenie przegród zewnętrznych, wymiana źródła ciepła oraz izolacja instalacji) sprawia, że zapotrzebowanie na energię spada średnio od 30% do 50%, co przekłada się bezpośrednio na zmniejszenie wydatków związanych z utrzymaniem budynków. Prace termomodernizacyjne wpływają bezpośrednio na wzrost wartości lokali mieszkalnych. Wzrost ten w zależności od zakresu podjętych prac modernizacyjnych wynosi przeciętnie od 5% do 10% wartości początkowej lokalu mieszkalnego. Wyższy niż określony powyżej wzrost cen nieruchomości zauważalny jest w przypadku budynków najstarszych (o najniższych początkowych parametrach technicznych) oraz tych zlokalizowanych w miejscowościach poniżej 50 tys. mieszkańców. Działania termomodernizacyjne wpływają pozytywnie na zmniejszenie ryzyka wystąpienia tzw. ubóstwa energetycznego oraz poprawiają warunki użytkowania budynków. Renowacja budynków powinna zapewnić odpowiednią temperaturę i właściwą wilgotność powietrza, sprawną wentylację, co wpływa pośrednio na zmniejszenie zachorowalności na takie choroby jak astma, zapalenie oskrzeli, alergie oraz choroby górnych dróg oddechowych. [...]*

Prace termomodernizacyjne, jak również sprzedaż materiałów potrzebnych do tychże czynności wiąże się z podatkiem VAT (8% lub 23%), co może stanowić dodatkowy dochód Państwa. Inwestycje w efektywność energetyczną wykazują się pozytywnymi efektami fiskalnymi w formie zmniejszenia wydatków rządowych (np. zasiłki dla bezrobotnych, wypłaty w zakresie dobrobytu socjalnego oraz koszty energii w budynkach użyteczności publicznej), a także poprawą w zakresie przychodów do budżetu (dodatkowe podatki), chociaż należy się również liczyć z pewnym spadkiem przychodów wynikającym ze zmniejszenia zużycia energii. Działania termomodernizacyjne stwarzają również dodatkowe miejsca pracy. Warto podkreślić, że dodatkowe jedno miejsce pracy w zakresie robót

termomodernizacyjnych może pośrednio pomóc stworzyć dodatkowo od dwóch do czterech miejsc pracy w zakresie działań wspomagających – produkcja, transport itd. (uwzględniając tzw. łańcuch dostaw) [4, s. 190–192].

Widać więc wyraźnie, że Rząd RP dostrzega potencjał ekonomiczny tkwiący w działaniach termomodernizacyjnych, jednocześnie jednak nie pokazuje drogi, która pozwoli go wykorzystać.

2.8. Polityka energetyczna Polski i Europy

Główne cele europejskiej polityki energetycznej to z jednej strony zapewnienie redukcji emisji gazów cieplarnianych, co wiąże się m.in. ze zmniejszeniem zużycia energii, a z drugiej – stała poprawa konkurencyjności gospodarki UE, w tym całej branży energetyki i wydobycia surowców z jednoczesnym zachowaniem bezpieczeństwa dostaw. Polityka europejska zmierza też w kierunku budowania jednolitego, konkurencyjnego rynku energii w całej Wspólnocie. Jednym z elementów regulacji w tym zakresie jest tzw. pakiet klimatyczno-energetyczny, ustanawiający m.in. cele, które wszystkie kraje członkowskie powinny osiągnąć do 2030 roku [4]:

- redukcja o 40% emisji gazów cieplarnianych w stosunku do poziomu emisji z 1990 roku,
- zwiększenie o 40% udziału energii odnawialnej w finalnej konsumpcji energii,
- zwiększenie o 32,5% efektywności energetycznej, w stosunku do prognoz na 2020 rok.

W polityce energetycznej trzeba zatem ująć dwa – wydawałoby się kompletnie rozbieżne – cele: ograniczenie zużycia energii i rozwój konkurencyjnej gospodarki. Kluczem do sukcesu jest z pewnością skupienie się na poprawie efektywności energetycznej we wszystkich dziedzinach: przemyśle, transporcie i oczywiście w budownictwie. Poprawa taka jest też jednym z priorytetów polityki energetycznej Polski. Działania w tym zakresie dotyczą więc ograniczania energochłonności gospodarki, czyli inwestycji w przedsiębiorstwach, ciepłownictwie i wykorzystania końcowego energii, termomodernizacji w budownictwie, efektywności paliwowej w transporcie, promocji racjonalnego korzystania z energii przez odbiorców końcowych. Dlatego też już od wielu lat są prowadzone programy, takie jak system „białych certyfikatów”, adresowanie środków unijnych do termomodernizacji budynków publicznych, promowanie wysokosprawnej kogeneracji ciepła i energii, fundusz termomodernizacji i remontów i wiele, wiele innych. Nadal jest jednak jeszcze dużo do zrobienia, zwłaszcza jeśli chodzi o wykorzystanie potencjału tkwiącego w termomodernizacji budynków jednorodzinnych. Zgodnie z danymi Głównego Urzędu Statystycznego w Polsce jest ponad 6 mln budynków mieszkalnych, z czego 5,5 mln to budynki jednorodzinne. Większość z nich, bo około

3,6 mln, została wybudowana do końca lat 80. ubiegłego stulecia, 70% domów jednorodzinnych jest w złym stanie energetycznym, a niemal 40% nie ma żadnego ocieplenia ścian zewnętrznych i dachu [15]. W momencie, kiedy powstaje ten tekst, trwają intensywne prace Rządu RP nad programem wsparcia dla osób o niskich dochodach, będących właścicielami domów jednorodzinnych, właśnie po to, by poprawić efektywność energetyczną i osiągnąć zakładane w UE cele pakietu klimatyczno-energetycznego.

2.9. Podsumowanie

W rozdziale omówiono podstawowe akty prawne i przedsięwzięcia, które mają lub powinny mieć wpływ na przebieg procesu realizacji inwestycji w zakresie efektywności energetycznej polskiego budownictwa. Szczególnie ważne dla architektów, ale także projektantów innych branż jest to, że oczekuje się od nich (a w najbliższych latach ten trend zapewne się utrzyma), aby projektowane przez nich obiekty rzeczywiście zużywały mało energii. Aby to osiągnąć, nie wystarczy samo zastosowanie energooszczędnego oświetlenia albo tylko odnawialnego źródła energii czy doskonałej izolacji. Projektanci powinni świadomie wprowadzać wiele optymalnych rozwiązań dla danej inwestycji, zarówno tych pasywnych, jak i aktywnych. Przepisy są pewną wytyczną pokazującą kierunek zmian. Budynki należy natomiast projektować nie tylko zgodnie z prawem, ale przede wszystkim z głową!

Bibliografia

- [1] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/844 z dnia 30 maja 2018 r. zmieniająca dyrektywę 2010/31/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków i dyrektywę 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0844&from=pl>, dostęp 14.12.2019.
- [2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A32010L0031>, dostęp 14.12.2019.
- [3] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej, zmiany dyrektyw 2009/125/WE i 2010/30/UE oraz uchylecia dyrektyw 2004/8/WE i 2006/32/WE, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027&from=pl>, dostęp 14.12.2019.
- [4] Ministerstwo Energii, Krajowy Plan Działań dotyczący efektywności energetycznej dla Polski, <http://bip.me.gov.pl/files/upload/27247/KPDzEE%202017%20wer.%201.3.pdf>, dostęp 12.11.2019.

- [5] Ministerstwo Gospodarki, *Polityka energetyczna Polski do 2030 roku*, <https://www.gov.pl/web/energia/polityka-energetyczna-polski-do-2030-roku>, dostęp 11.11.2019.
- [6] *Ustawa z dnia 29 sierpnia 2014 r. o charakterystyce energetycznej budynków*, Dz.U. 2014, poz. 1200, <http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU2014000-1200/O/D20141200.pdf>, dostęp 12.11.2019.
- [7] *Obwieszczenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 8 kwietnia 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie*, Dz.U. 2019, poz. 1065, <http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20190001065/O/D20191065.pdf>, dostęp 14.12.2019.
- [8] *Uchwała Nr 91 Rady Ministrów z dnia 22 czerwca 2015 r. w sprawie przyjęcia „Krajowego planu mającego na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii”*, M.P. 2015 poz. 614, <http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WMP20150000614/O/M20150614.pdf>, dostęp 8.12.2019.
- [9] *Obwieszczenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 13 września 2018 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego*, Dz.U. 2018, poz. 1935, <http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20180001935/O/D20181935.pdf>, dostęp 14.12.2019.
- [10] *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej*, Dz.U. 2015, poz. 376, <http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20150000376/O/D20150376.pdf>, dostęp 12.11.2019.
- [11] *Rozporządzenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 6 września 2019 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej*, Dz.U. 2019, poz. 1829, <http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20190001829/O/D20191829.pdf>, dostęp 12.11.2019.
- [12] Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, *Aktualizacja programu priorytetowego*, <https://nfosigw.gov.pl/oferta-finansowania/srodki-krajowe/programy-priorytetowe/doplata-do-kredytow-na-domy-energooszczedne/aktualnosci/art,22,aktualizacja-programu-priorytetowego.html>, dostęp 8.12.2019.
- [13] Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, *Wymagania techniczne dla budynków*, <http://nfosigw.gov.pl/oferta-finansowania/srodki-krajowe/programy-priorytetowe/doplata-do-kredytow-na-domy-energooszczedne/wytyczne-do-programu-priorytetowego/>, dostęp 5.12.2019.
- [14] *Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o efektywności energetycznej*, Dz.U. 2016, poz. 831, <http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20160000831/O/D20160831.pdf>, dostęp 14.12.2019.
- [15] Główny Urząd Statystyczny, *Raport z wyników. Narodowy spis powszechny ludności i mieszkań 2011*, https://stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/lud_raport_z_wynikow_NSP2011.pdf, dostęp 12.11.2019.



HENRYK KWAPISZ

➔ Jest dyrektorem ds. relacji instytucjonalnych w Grupie Saint-Gobain w Polsce (gdzie pracuje od 1999 roku). Aktywnie uczestniczy w konsultacjach nowych aktów prawnych, przede wszystkim w zakresie efektywności energetycznej budynków i zrównoważonego budownictwa, m.in. Komisji Legislacyjnej w Polskim Stowarzyszeniu Budownictwa Ekologicznego, a także gospodarki o obiegu zamkniętym.

Jest magistrem budownictwa, pracował w biurach projektów i na budowach, zdobywając doświadczenia praktyczne i uprawnienia budowlane w zakresie projektowania i prowadzenia budów. Zajmuje się analizą istniejącego prawa w zakresie budownictwa (głównie budynków) i jego wpływem na rozwój przemysłu w tym zakresie, prowadzi wiele szkoleń, występuje na konferencjach jako prelegent i panelista. Aktywnie wspiera działania zmierzające do popularyzowania zagadnień rozwoju zrównoważonego w polskiej architekturze i budownictwie.

Współpracuje z wyższymi uczelniami w Polsce, promuje zagadnienia m.in. efektywności energetycznej. Brał udział w wykładach i warsztatach dla studentów architektury. Przez wiele lat przewodniczył jury w międzynarodowym konkursie studenckim MultiComfort House poświęconym zrównoważonej urbanistyce i architekturze. Był jurorem oraz przyczynił się do ufundowania nagród w konkursie Architektura Energoaktywna na WA PW.

Jest członkiem prezydiów kilku stowarzyszeń związanych z budownictwem. W ramach prac inicjatywy Efektywna Polska brał udział w tworzeniu eksperckich dokumentów dla programu „Czyste Powietrze”. Jest członkiem komitetów technicznych PKN: KT 179 ds. Ochrony Ciepłej Budynków, KT 211 ds. Wyrobów do Izolacji Ciepłej w Budownictwie, KT 253 ds. Akustyki Architektonicznej, KT 307 ds. Zrównoważonego Budownictwa i KT 308 ds. Oceny Uwalniania Substancji Niebezpiecznych z Wyrobów Budowlanych.

Został odznaczony Srebrnym Krzyżem Zasługi za zasługi dla rozwoju sektora budownictwa. Jest autorem i współautorem ponad 60 poradników i publikacji w specjalistycznych wydawnictwach z zakresu poprawy jakości budownictwa w Polsce.

3. Rola architektury w energetyce budynku

KATARZYNA ZIELONKO-JUNG

POLITECHNIKA GDAŃSKA, WYDZIAŁ ARCHITEKTURY

Celem tego rozdziału jest wyodrębnienie i usystematyzowanie środków architektonicznych, których stosowanie może pozytywnie wpłynąć na procesy energetyczne zachodzące w budynkach. Nazwano je energoaktywnymi rozwiązaniami architektonicznymi. Podzielono je na pięć grup, stosownie do zagadnień, w których się mieszczą, co odpowiada kolejnym etapom projektowania. Zakres opracowania został ograniczony do decyzji pozostających w wyłącznych kompetencjach architekta, pominięto elementy instalacyjne i budowlano-materiałowe. Omawiana aktywność energetyczna dotyczy skali budynków, choć uwzględniono także ich bezpośrednie sąsiedztwo, co pozwala odnieść tę pracę także do niewielkich zespołów zabudowy.

3.1. Wprowadzenie

Projektowanie budynku energoaktywnego wiąże się z koniecznością myślenia o nim jako o systemie wielu współdziałających ze sobą elementów energoaktywnych, systemie optymalnym dla danej funkcji budynku, jego usytuowania, sposobu użytkowania i innych indywidualnych uwarunkowań. Paleta znanych, istniejących rozwiązań jest bardzo szeroka. Można je podzielić na pięć grup ze względu na obszar zagadnień, w których się mieszczą [1]. Są to:

- otoczenie budynku,
- forma,
- rozplanowanie funkcji,
- rozwiązania przestrzenne wnętrza,
- obudowa zewnętrzna.

W tym rozdziale skoncentrowano się na energoaktywnych rozwiązaniach architektonicznych. Leżą one w zakresie kompetencji architekta i dotyczą różnych etapów projektowania, od ogólnych koncepcji po ustalanie szczegółów dotyczących konkretnych parametrów technicznych. Spośród pięciu wymienionych wyżej grup rozwiązań pierwsze cztery bezpośrednio dotyczą fazy koncepcyjnej, jako tej, w której zapadają najważniejsze decyzje projektowe. Zagadnienia związane z obudową zewnętrzną budynku zawarto w kolejnym, osobnym rozdziale ze względu na szczególne znaczenie tego elementu. Jej projektowanie, zgodne z ideą budynku energoaktywnego, wymaga dużego uszczegółowienia. Ciężar decyzji dotyczących elewacji leży w kolejnych, pokoncepcyjnych etapach projektu. Ponadto w przypadku ograniczeń możliwości stosowania rozwiązań należących do pozostałych grup (np. modernizacje, projektowanie na działkach o dużych ograniczeniach przestrzennych) często obudowa zewnętrzna jest jedynym elementem architektonicznym, który można poddać optymalizacji ze względu na procesy energetyczne (więcej informacji w rozdziale 4).

3.2. Otoczenie budynku

Usytuowanie oraz rozwiązanie wybranych elementów bezpośredniego zagospodarowania mają znaczenie dla procesów energetycznych zachodzących w budynku. Decyzje projektowe powinny prowadzić do możliwie najlepszego wykorzystania uwarunkowań klimatycznych w celu pozyskania energii ze źródeł odnawialnych. W pierwszej kolejności należy ją pozyskiwać w sposób pasywny, np. wykorzystywać promieniowanie słoneczne do oświetlenia wnętrza światłem dziennym i ogrzewania ich w okresach zimnych i przejściowych, czy wykorzystywać wiatr do naturalnej wentylacji. Prowadzi to do ograniczenia zapotrzebowania na energię nieodnawialną niezbędną do wytworzenia wymaganych warunków środowiska fizycznego wewnątrz. Właściwe usytuowanie obiektu w otoczeniu jest także istotne dla możliwości pozyskiwania energii odnawialnej w sposób aktywny oraz dla ochrony wnętrza przed utratą ciepła. Podstawową zasadą w naszej strefie klimatycznej jest w tej materii otwieranie budynku na ekspozycję słoneczną oraz osłonięcie go przed wychładzającym wiatrem. Ma to szczególne znaczenie w przypadku obiektów o niskich wewnętrznych zyskach ciepła (np. domy mieszkalne) i położonych na terenach otwartych, słabo zurbanizowanych. Przy wysokich wewnętrznych zyskach ciepła (np. budynki biurowe, produkcyjne, handlowe wielkoprzestrzenne) lub lokalizacjach w strefach wielkomiejskich narażonych na efekt miejskiej wyspy ciepła zasada ta nie jest już tak oczywista i należy mieć na względzie ochronę budynków przed nadmiarem energii słonecznej w okresach przejściowych i gorących oraz zapewnienie dostatecznej wymiany powietrza w bezpośrednim otoczeniu budynku.

Istotny jest także rzadko zauważany problem właściwego kształtowania mikroklimatu wokół budynku. Należy unikać sytuacji, gdy przestrzeń wokół niego jest nadmiernie zacieniona lub przegrzana. Nie powinny także w niej zachodzić gwałtowne lokalne porywy wiatru i nie może być zastojów powietrza. Ważne jest również utrzymanie właściwej wilgotności powietrza wokół.

Elementami, które w otoczeniu budynków energoaktywnych należy wziąć pod uwagę, są: ukształtowanie terenu, zbiorniki wodne, zieleń wysoka i niska, rodzaj nawierzchni oraz zabudowa sąsiadująca. Wykorzystując to, co istnieje, i właściwie zagospodarowując teren, można świadomie kształtować możliwie najbardziej korzystny układ termiczny, aerodynamiczny i wilgotnościowy (tab. 1).

Na obszarach otwartych, słabo zurbanizowanych kluczowe są naturalne czynniki terenowe. Ich rola klimatotwórcza jest wyraźna. Różnica temperatury pomiędzy powierzchniami na stokach dobrze nasłonecznionych a tymi w zagłębieniach (zaleganie zimnego powietrza) lub na szczytach wzniesień (wychładzanie wskutek wiatrów) może wynosić kilka stopni, według Heggera może sięgać 5°C [2]. W miastach, szczególnie tych charakteryzujących się zwartą zabudową, bardziej znaczące są czynniki antropogeniczne. Wśród nich największą rolę odgrywa sąsiedztwo innych obiektów. Im bardziej zwarta struktura i mniejsze odległości między jej elementami w stosunku do ich wysokości (parametr H/S), tym częściej można się spotkać z sytuacjami problemowymi – znacznym zacienieniem wnętrz (np. w sytuacjach maksymalnego wykorzystania wszelkich dopuszczalnych „ulg” w zakresie przepisów dotyczących minimalnego czasu nasłonecznienia pomieszczeń w obiektach na terenach śródmiejskich) oraz niekorzystnymi zjawiskami aerodynamicznymi (przede wszystkim zastojami powietrza, które utrudniają naturalną wentylację obiektów). Analiza wyników przedstawionych przez różnych badaczy eksplorujących to zagadnienie pozwala wnioskować, że dla zwartej tkanki (np. „szczelnie” domkniętych ulic, dziedzińców wewnątrz kwartałów) odległość między budynkami mniejsza niż 1,5 razy od ich wysokości stwarza wokół nich duże ryzyko występowania niekorzystnych warunków mikroklimatycznych [3–5]. Wpływają one negatywnie na komfort użytkowania przestrzeni miejskich, a także na procesy energetyczne zachodzące w budynkach. Zmniejszają możliwości wykorzystania pasywnych metod pozyskiwania energii słonecznej, możliwości naturalnego wentylowania wnętrz i zwiększają ryzyko ich przegrzewania latem.

Niedostatecznie docenianym elementem otoczenia budynków, regulującym korzystnie jego mikroklimat jest przemyślana co do umiejscowienia i rodzaju zieleń, w tym także redukcja na jej rzecz ilości powierzchni utwardzonych.

Tab. 1. Możliwości i sposoby wykorzystania elementów otoczenia do optymalizacji procesów energetycznych budynku (oprac. K. Zielonko-Jung)

ELEMENTY OTOCZENIA	SPOSÓB WYKORZYSTANIA	ROLA ENERGETYCZNA
Ukształtowanie terenu	lokalizacja zabudowy na stokach południowych	wykorzystanie energii słonecznej
	unikanie dolin, szczytów dużych wzniesień, stoków północnych; wykorzystanie nasypów ziemnych jako termoizolacji	ochrona przed niskimi temperaturami
	unikanie szczytów dużych wzniesień, ekspozycji na przeważające kierunki silnych wiatrów	ochrona przed wiatrem
	wybór lokalizacji eksponowanej na wiatr w przypadku koncepcji wykorzystania wiatru jako źródła energii lub wspomaganie naturalnej wentylacji poprzeczno-wyporowej (na szczytach wzniesień, w odsłoniętych lokalizacjach na kierunkach przeważających wiatrów)	wykorzystanie energii wiatru
Zieleń	wysoka zieleń liściasta, która zacienia jedynie w porach letnich	ochrona przed nadmiarem słońca
	zieleń wysoka i niska wokół budynku od stron nasłonecznionych	ochrona przed przegrzewaniem
	zieleń iglasta – szereg wysokich roślin iglastych wzdłuż ścian narażonych na wiatr	ochrona przed wiatrem
	zachowanie odpowiednich odległości od dużych grup zieleni wysokiej w strefach mało nasłonecznionych lub nastawionych na intensywne wykorzystanie energii słonecznej	ochrona przed zacienianiem
	zieleń wysoka i niska wokół budynku	regulacja wilgotności, oczyszczanie powietrza
Zbiorniki wodne	zbiorniki wodne przy budynku w strefach narażonych na przegrzewanie (regulacja mikroklimatu w bezpośrednim sąsiedztwie) lub w strefach od strony północnej (tzw. zaciąganie chłodu)	ochrona przed przegrzewaniem
	lustra wody do odbijania niskiego promieniowania słonecznego; zbiorniki wodne w bezpośrednim sąsiedztwie przeszklonych elewacji i innych struktur szklarniowych oraz powierzchni z instalacjami aktywnie pozyskującymi energię słoneczną	intensyfikacja promieniowania słonecznego
Powierzchnie utwardzone	unikanie powierzchni szybko nagrzewających się i odbijających promieniowanie przy budynku w strefach narażonych na przegrzewanie	ochrona przed przegrzewaniem
	materiały odbijające promieniowanie słoneczne, by trafiła ono na elementy pozyskujące energię lub mało nasłonecznione	intensyfikacja promieniowania
Istniejąca zabudowa	zachowanie odpowiednich odległości między budynkami	ochrona przed zacienianiem
	efekt zacieniania przez istniejącą zabudowę stref szczególnie narażonych na przegrzewanie (przy bardzo dużej ekspozycji słonecznej, dużym obciążeniu termicznym budynku, funkcji, dla których bezpośrednie oświetlenie naturalne jest niewskazane itp.)	ochrona przed nadmiarem słońca
	zachowanie odpowiednich odległości między budynkami	ochrona przed brakiem wymiany powietrza i przegrzewaniem
	istniejąca zabudowa	ochrona przed wiatrem

3.3. Forma

Już u zarania dziejów można odnaleźć związki charakterystycznych dla danych regionów form budownictwa i panujących tam warunków klimatycznych. Ukształtowały one charakterystyczne typy przestrzenne tradycyjnej zabudowy [6]. Każda ze stref klimatycznych odzwierciedla odmienność kształtu budynków – ich planów, dachów czy detali, przy czym zagadnienia energetyczne są zazwyczaj kluczowym czynnikiem wpływającym na ten kształt [7]. Współcześnie formowanie budynku to także jedno z narzędzi jego optymalizacji energetycznej (tab. 2).

Za najbardziej oczywistą zasadę w naszej strefie klimatycznej uważa się dążenie do możliwie największej zwartości formy, by uzyskać jak najmniejszy współczynnik powierzchni obudowy zewnętrznej budynku w stosunku do jego kubatury, przy zachowaniu optymalnego oświetlenia wnętrza budynku światłem dziennym. Powinno się unikać rozczłonkowanych, wieloelementowych form na

Tab. 2. Zasady optymalizacji energetycznej formy budynku (oprac. K. Zielonko-Jung)

ROZWIĄZANIE FORMALNE	ROLA ENERGETYCZNA
<ul style="list-style-type: none"> ▪ dążenie do zwartych form (redukcja współczynnika kształtu A/V) 	minimalizacja strat ciepła (w okresach grzewczych) oraz zysków ciepła ze słońca (w okresach gorących i całorocznie w przypadku budynków o wysokich wewnętrznych zyskach ciepła)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ maksymalizacja elewacji południowych, minimalizacja północnych – kształt planu, nachylenie dachu; zasada tzw. koperty słonecznej ▪ nachylenie płaszczyzn o ekspozycji południowej według zasady „do słońca” – instalacje dla ogniw fotowoltaicznych – PV oraz ściany, dachy ▪ unikanie form samozacieniających się (uskoki, formy wklęsłe) 	otwarcie na energetyczne zyski słoneczne (pasywne, aktywne) w przypadku budynków o niskich wewnętrznych zyskach ciepła
<ul style="list-style-type: none"> ▪ minimalizacja elewacji i dachów najbardziej ekspozycyjnych na słońce ▪ nachylenie płaszczyzn o ekspozycji południowej według zasady „od słońca” – ściany, dachy ▪ poszukiwanie form samozacieniających się (uskoki, formy wklęsłe) 	ochrona przed zyskami energii cieplnej ze słońca w przypadku budynków o wysokich wewnętrznych zyskach ciepła
<ul style="list-style-type: none"> ▪ eliminacja form powodujących gwałtowne zjawiska wiatrowe (np. silne uderzenia wiatru na elewacjach o dużych powierzchniach, duże przyspieszenia wiatru w wąskich szczelinach w zabudowie) ▪ poszukiwanie form charakteryzujących się mniejszym oporem dla wiatru (formy płynne, brak ostrych i wklęsłych narożników) 	ochrona przed wiatrem
<ul style="list-style-type: none"> ▪ optymalizacja układów aerodynamicznych wokół budynku (strefy parcia i ssania) – formowanie budynku względem otoczenia ▪ elementy wspomagające np. elewacja dwupowłokowa, tzw. dysk Venturiego 	wykorzystanie wiatru do wentylacji naturalnej budynku
<ul style="list-style-type: none"> ▪ optymalizacja układów aerodynamicznych wokół budynku (strefy parcia i ssania) – formowanie budynku względem otoczenia ▪ integracja budynku z turbinami wiatrowymi (turbiny np. na dachach, przy narożnikach, w specjalnie projektowanych szczelinach, w przestrzeni elewacji dwupowłokowych) 	wykorzystanie energii wiatru

rzecz tych bardziej jednorodnych i zwartych. Nie powinno się jednak przekraczać głębokości traktu powyżej wartości gwarantujących równomierny dostęp światła dziennego do wnętrza [8].

W odniesieniu do układów zabudowy badania teoretyczne wykazują przewagę układów kwartałowych i pasmowych nad zabudową punktową, wielkogabarytową czy typu pawilonowego [9]. O optymalnych wielkościach kwartałów i pasm, a także ich relacji względem siebie decydują warunki nasłonecznienia i oświetlenia budynków światłem dziennym oraz układ opływu powietrza wokół nich. Zależy to od geometrii zabudowy rozpatrywanej na większym obszarze, czyli np. zespołu zabudowy projektowanego w całości albo zabudowy uzupełniającej w relacji z istniejącą. Jednym z ważniejszych parametrów wymagających optymalizacji jest wspomniany wcześniej parametr H/S .

Kolejną zasadą formowania budynków energoaktywnych jest maksymalizacja powierzchni elewacji dobrze nasłonecznionych i minimalizacja elewacji północnych. W przypadku budynków na planach centralnych można znaleźć rozwiązania polegające np. na zaokrągleniu linii ścian, dążeniu do kształtów trójkątnych lub trapezowych (z krótszą elewacją północną). W przypadku budynków o planach podłużnych taki sposób kształtowania komplikuje znacznie geometrię zespołów, dlatego częściej spotykane są układy tradycyjne prostokątne, w których elewacja południowa jest formowana w szczególny sposób, np. pochyla się ją (by zwiększyć jej powierzchnię i ustawić ją bardziej prostopadle do promieni słonecznych) bądź wzbogaca w wykusze czy inne elementy „rozcłokowujące” prostą powierzchnię. Można także zastosować asymetrię dachu na rzecz zwiększenia połaci najbardziej eksponowanej na słońce lub wprowadzić dach jednospadowy tak, by elewacja południowa była wyraźnie wyższa niż północna [10]. Wymienione tu zasady dotyczą budynków o niskich wewnętrznych zyskach ciepła. Przy ryzyku przegrzewania budynku ciepłem wytwarzanym wskutek jego użytkowania (np. przez urządzenia czy ludzi) wskazane jest działanie odwrotne. Podczas analizy projektów zabudowy energoaktywnej na ogół zauważyć można staranność i przemyślane formowanie przekrojów pionowych budynków przy w miarę prostych, dobrze wpisujących się w istniejące układy urbanistyczne rozwiązaniach planu.

Specjalne zasady kształtowania budynków mogą wynikać z konieczności rozwiązania kwestii dotyczących aerodynamiki. Dotyczy to zwłaszcza budynków wysokościowych, dla których istotnym problemem jest minimalizacja działających na nie sił wiatru. Budynki optymalizowane w ten sposób przyjmują przeważnie płynne kształty, charakteryzujące się mniejszymi oporami. Szczególne przypadki to próby integracji budynków z turbinami wiatrowymi, gdzie dochodzenie do najbardziej

właściwej (pozwalającej zmaksymalizować zyski energetyczne pochodzące od wiatru) formy staje się złożonym procesem wielodyscyplinarnym [11]. Najczęściej umieszcza się turbiny w specjalnych przewężeniach budynku – szczelinach, otworach lub w przestrzeni dwupowłokowej elewacji. W przypadku budynków średniowysokich i niskich turbiny przeważnie montuje się na dachu, przy czym przekrój pionowy budynku (tzw. profil) powinien sprzyjać ukierunkowaniu płynnego ruchu powietrza ku turbinom. Zasadność stosowania turbin wiatrowych zintegrowanych z budynkami jest dyskutowana ze względu na stosunkowo mały udział generowanych przez nie zysków energetycznych przy wielu problemach natury użytkowej i estetycznej.

Celem optymalizacji formy budynków może być także wymuszenie ruchu powietrza w ich wnętrzu w celu ich naturalnego wentylowania. Dotyczy to nie tylko budynków wysokich (w ich przypadku bardzo ważną rolę odgrywa układ przestrzenny wnętrza), ale także niższych o rozległych powierzchniach planu, w których przypadku istotne znaczenie ma kształt dachu [3].

3.4. Rozplanowanie funkcji

Rozwiązanie układu funkcjonalnego budynku ma znaczenie także dla zachodzących w nim procesów energetycznych. Istotne jest wymiarowanie pomieszczeń i strefowanie funkcjonalne podporządkowane zasadzie, by możliwie najlepiej dostosować wielkość pomieszczeń i ich przeznaczenie do warunków wynikających z działania czynników zewnętrznych – temperatury, światła słonecznego, ruchu powietrza. Zasady te teoretycznie są znane i najczęściej znajdują praktyczne zastosowanie w odniesieniu do układów mieszkalnych – w domach jedno- i wielorodzinnych (np. lokalizowanie stref dziennych w najbardziej eksponowanych na słońce częściach planu, a kuchni i pomieszczeń gospodarczych od północy) czy w szkołach, szczególnie wymagających pod względem warunków oświetlenia naturalnego (ustawianie sal lekcyjnych tak, by były optymalnie oświetlone światłem dziennym w porach użytkowania). Mniejszą uwagę przykładają się zazwyczaj do tych zasad w budynkach o innym przeznaczeniu – biurowych, usługowych czy przemysłowych. W przykładach optymalizowanych energetycznie budynków o takich właśnie złożonych funkcjach widoczne jest świadome grupowanie pomieszczeń o podobnych wymaganiach co do ciepła i światła dziennego, właściwe lokalizowanie ich na planie w stosunku do układu stron świata oraz przyporządkowanie im odpowiednich głębokości traktów i wielkości [1]. Zasady te w odniesieniu do budynków o płaskich i głębokich traktach opisano syntetycznie w tabeli 3.

Tab. 3. Zasady strefowania funkcji w budynku energoaktywnym; linia przerywana – strefa z ochroną przeciwsłoneczną, kreskowanie – strefy o mniejszym dostępie promieniowania słonecznego, linia kropkowana – strefy atrialne, K – komunikacja (oprac. K. Zielonko-Jung)

	CHARAKTERYSTYKA MIKROKLIMATU WNEŹRZA	ZASADY STREFOWANIA POMIESZCZEŃ	SCHEMATY ROZWIĄZAŃ (na przykładzie budynków o funkcji biurowej)
Budynki o płytkich traktach	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ułatwiona naturalna wymiana powietrza (przez przeciwległe elewacje) ▪ nierównomierne nagrzewanie się stref przeciwległych (m.in. w budynkach z wydłużonymi elewacjami: północną i południową) ▪ duży udział zysków pasywnych z promieniowania słonecznego, tendencja do przegrzewania i przemarzania ▪ dobre warunki do oświetlenia światłem dziennym (w pasie 5–6 m) 	<p><u>dla orientacji na osi północ–południe (a, b):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ równa głębokość traktów, możliwe podobne wielkości pomieszczeń (unikanie małych pomieszczeń od zachodu) ▪ rozdział na strefy według pory zapotrzebowania na dostęp światła (przed południem i po południu) ▪ konieczność ochrony przed niskim promieniowaniem zachodnim i wschodnim <p><u>dla orientacji na osi wschód–zachód (c, d):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ zróżnicowanie głębokości traktów (płytsze od północy, głębsze od południa) lub wielkości pomieszczeń (mniejsze od północy, większe od południa) (c) ▪ rozdział na strefy według zasady: od północy pomieszczenia o małym zapotrzebowaniu na ciepło i światło (klatki schodowe, sanitariaty, pomieszczenia techniczne, ekspozycyjne, archiwa itd.) i generujące ciepło (kuchnie, serwerownie itp.); od południa pomieszczenia o dużym zapotrzebowaniu na ciepło i światło (np. do pracy) (c) ▪ konieczność ochrony przeciwsłonecznej elewacji południowej ▪ możliwość wprowadzania struktur szklarniowych (duże przeszklenia, podłużne atria) od strony południowej (d) 	
Budynki o głębokich traktach	<ul style="list-style-type: none"> ▪ utrudniona naturalna wymiana powietrza ▪ utrudnione oświetlenie światłem naturalnym ▪ przy bardzo zwartych planach mały udział zysków pasywnych z promieniowania słonecznego 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ rozdział na strefy według zasady: od północy pomieszczenia o małym zapotrzebowaniu na ciepło i światło (klatki schodowe, sanitariaty, pomieszczenia techniczne, ekspozycyjne, archiwa itd.) i generujące ciepło (kuchnie, serwerownie itp.); od południa, wschodu i zachodu pomieszczenia o dużym zapotrzebowaniu na ciepło i światło (np. do pracy) (e, f, g) ▪ strefy środkowe rozwiązane jako atrialne (doświetlenie pomieszczeń, element systemu wentylacji poprzeczno-wyporowej, bufor ciepła) (e, f) lub jako trzony komunikacyjne z pomieszczeniami bez dostępu światła (sanitarne, techniczne itp.) (g) 	

3.5. Rozwiązania przestrzenne wnętrza

Kolejna grupa architektonicznych rozwiązań energoaktywnych dotyczy zagadnień dotyczących kształtowania przestrzeni wewnątrz budynku. Wiążą się one częściowo z doбором głębokości traktu pomieszczeń i ich wielkości, co omówiono już wcześniej. Jednak największe znaczenie dla kształtu przestrzeni wnętrza mają decyzje o wprowadzeniu elementów szklarniowych oraz takich, które mogą wspomagać wentylację poprzeczno-wyporową (tab. 4). Wymagają one najczęściej zróżnicowania przestrzeni wewnątrz budynku i stworzenia przemyślanej kombinacji przestrzeni mniejszych (niższych) i większych (wyższych, wielokondygnacyjnych). W rozdziale tym nazwano je przestrzennymi strukturami szklarniowymi [2, 3, 7].

Tab. 4. Energoaktywne rozwiązania przestrzenne budynku (oprac. K. Zielonko-Jung)

ROZWIĄZANIA PRZESTRZENNE	RODZAJE	ROLA ENERGETYCZNA
Przestrzenne struktury szklarniowe	struktury szklarniowe przylegające do ścian zewnętrznych (ogrody zimowe, przeszklone loggie, atria ściennno-świetlikowe, przeszklone elewacje dwupowłokowe)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ jako pasywny kolektor ciepła – przy orientacji południowej lub zbliżonej (przy innych orientacjach jako bufor termiczny, w przypadku atriów lub elewacji dwupowłokowych możliwe jest wspomaganie wentylacji naturalnej)
	przeszklone atria wewnętrzne	<ul style="list-style-type: none"> ▪ wspomaganie wentylacji naturalnej (tzw. płuca budynku, w mniejszym stopniu jako pasywny kolektor ciepła i bufor termiczny) ▪ doświetlenie wnętrza światłem dziennym
	osłony bioklimatyczne (obudowa szklana budynku lub zespołu budynków, tzw. budynek pod szkłem)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ jako bufor termiczny (przestrzeń przejściowa między klimatem wnętrza a warunkami zewnętrznymi), od stron dobrze nasłonecznionych jako pasywny kolektor ciepła
Elementy kominowe (najczęściej jako element wentylacji hybrydowej)	czernie słoneczne (atria świetlikowe o niewielkiej powierzchni, świetliki dachowe kierunkowane na słońce)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ doświetlenie wnętrza światłem dziennym ▪ pasywne ogrzewanie wnętrza
	kominy słoneczne (najczęściej smukłe kominy znacznie wystające ponad dach, położone na obwodzie lub wewnątrz planu)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ naturalna wentylacja wyporowa wspomagana pasywnym ogrzewaniem słonecznym (różnica temperatur między dolną a górną częścią intensyfikuje ruch powietrza)
	wieże wiatrowe (inspirowane arabskimi bagdirami, ukierunkowane na przeważające kierunki wiatrów)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ wykorzystanie wiatru do chłodzenia budynku i naturalnej wentylacji wyporowej

Za pomocą struktur szklarniowych i osłon bioklimatycznych wykorzystuje się tzw. efekt cieplarniany (szklarniowy), który pozwala na pasywne pozyskiwanie energii słonecznej. Pełnią one funkcję pasywnych kolektorów ciepła. Są korzystne wyłącznie dla budynków nienarażonych na przegrzewanie wskutek wysokich wewnętrznych zysków ciepła. Ich stosowanie może być także niewskazane dla lokalizacji w strefach śródmiejskich intensywnie zabudowanych, przegrzanych latem dużych miast.

W przypadku struktur obejmujących wysokością kilka kondygnacji można wykorzystać nie tylko efekt szklarniowy, ale także zjawisko konwekcji i tzw. efekt kominowy. Powodują one wzmocnienie ruchu powietrza w kierunku pionowym, co przy właściwych proporcjach geometrycznych przestrzeni pozwala na wyprowadzenie zużytego powietrza z pomieszczeń na kondygnacjach przez atrium ku górze na zewnątrz. Im mniejszy zakres przeszklenia takiej wielokondygnacyjnej przestrzeni (np. w przypadku atrium wewnętrznych), tym mniejsza jej rola jako szklarni pozyskującej energię słoneczną, a większe znaczenie jako elementu wzmagającego wentylację poprzeczno-wyporową. Większość struktur szklarniowych odgrywa także istotną rolę doświetlającą wnętrze światłem dziennym.

Rzadziej spotyka się rozwiązania przestrzenne w postaci wyraźnie wydłużonych, kominowych elementów o niewielkiej powierzchni przekroju poziomego – czerpni i kominów słonecznych lub wież wiatrowych, które mogą występować jako zdecentralizowane – rozłożone równomiernie wewnątrz planu budynku lub na jego obwodzie. Najwięcej ich przykładów można spotkać w architekturze brytyjskiej. Elementy te są szczególnie interesujące, gdyż dają możliwość regulowania wymiany powietrza i doświetlania wnętrz w budynkach, dla których bardziej właściwy jest plan podłużny niż centralny, a także można je lokalizować w budynku w sposób niezależny od orientacji względem stron świata (energia słoneczna pozyskiwana jest w górnych partiach dachowych). Tę ostatnią zaletę mają także atria wewnętrzne. Odgrywa to dużą rolę w przypadku budynków lokalizowanych w tkance zwartej, szczególnie „dogęszczającej” istniejącej, gdzie swoboda orientowania obiektu jest ograniczona, a elewacje są zacieniane przez zabudowę sąsiednią. Wentylacja naturalna wymuszona przez wymienione tu elementy przestrzenne może znacząco wspomóc wentylację mechaniczną (jako element systemu tzw. wentylacji hybrydowej), nie może natomiast jej całkowicie zastąpić. Jej funkcjonowanie zazwyczaj nie spełnia wymaganych parametrów użytkowych w okresach bezwietrznych lub nadmiernie wietrznych oraz skrajnie gorących i zimnych.

Najmniej powszechne i niemal niespotykane w naszym klimacie rozwiązania przestrzenne o funkcji energoaktywnej to magazyny dachowe¹ i podziemne struktury przestrzenne² – prawdopodobnie ze względu na konieczność rozwiązania dodatkowych, nietypowych zagadnień budowlanych.

3.6. Podsumowanie

Przedstawione tu architektoniczne rozwiązania energoaktywne dają obraz tego, jak wiele decyzji podejmowanych na różnych etapach projektowania wpływa na procesy energetyczne zachodzące w budynku, a więc w efekcie na jego bilans energetyczny. Badania teoretyczne i studia zrealizowanych budynków energooszczędnych nie dają gotowych wytycznych dotyczących konkretnych parametrów, a jedynie przybliżone wskazania, które powinny być optymalizowane indywidualnie dla każdego projektu. Zawsze kombinacja architektonicznych rozwiązań energoaktywnych powinna stanowić logiczny układ powiązanych ze sobą, uzupełniających się w działaniu elementów, właściwie wzbogacony systemami instalacji i rozwiązań budowlano-materiałowych. Architekt, dysponując wiedzą na temat procesów energetycznych budynku i możliwości ich regulowania za pomocą konkretnych rozwiązań, może podejmować decyzje na zasadzie intuicyjnej, konsultując je ze specjalistami właściwych branż. Bardziej świadome działania projektowe są możliwe dzięki narzędziom umożliwiającym symulację charakterystyki energetycznej budynku i procesów związanych z parametrami środowiska we wnętrzu budynku i jego otoczeniu.

¹ Są to rozwiązania umożliwiające pozyskiwanie i akumulowanie ciepła słonecznego w przestrzeni dachowej niskich, niewielkich kubaturowo budynków, np. na poddaszu nieużytkowym czy w stropie wentylowanym. Wykonuje się je z betonu lub umieszczając elementy magazynujące ciepło (np. element betonowy, zbiornik wodny).

² Działają jako magazyny ciepła z gruntu, które wspomagają ogrzewanie zimą i chłodzenie latem. Są to labirynty wykonane z nieizolowanych termicznie, masywnych podziemnych elementów, np. ścian betonowych.

Bibliografia

- [1] Zielonko-Jung K., *Kształtowanie przestrzenne architektury ekologicznej w strukturze miasta*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2013.
- [2] Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M., *Energy Manual, Sustainable Architecture*, Birkhäuser, Basel–Boston–Berlin 2008.
- [3] Daniels K., *The Technology of Ecological Building. Basic principles and measures, examples and ideas*, Birkhäuser, Basel–Boston–Berlin 1997.
- [4] Bottema M., *Wind Climate and Urban Geometry*, PhD thesis, Technische Universiteit, Eindhoven 1993.
- [5] Harman I., *The Energy Balance of Urban Areas*, PhD thesis, Department of Meteorology, The University of Reading, Reading 2003.
- [6] Behling S.B., *Solar Power*, Prestel, Munich–London–New York 2000.
- [7] Ryńska E.D., *Bioklimatyka a forma architektoniczna*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2001.
- [8] Ratti C.B., Baker N., Steemers K., *Energy Consumption and Urban Texture*, „Energy and Buildings” 2005, Vol. 37, Iss. 7, s. 762–776.
- [9] Ratti C.R., Raydan D., Steemers K., *Building Form and Environment Performance: Archetypes, Analysis and an Arid Climate*, „Energy and Buildings” 2003, Vol. 35, Iss. 1, s. 49–59.
- [10] Dunster B., Simmons C., Gilbert B., *The ZEDbook. Solutions for a shrinking world*, Taylor&Francis, New York 2008.
- [11] Flaga A., *Inżynieria wiatrowa*, Arkady, Warszawa 2008.



KATARZYNA ZIELONKO-JUNG

➔ Architektka i profesorka na Wydziale Architektury Politechniki Gdańskiej (od 2017 roku). Wcześniej pracowała na Wydziale Architektury Politechniki Warszawskiej. Zajmuje się tematyką zrównoważonego rozwoju w architekturze w Katedrze Projektowania Środowiskowego. Jest współtwórczynią programu i wykładowczynią na studiach podyplomowych Architektura i Budownictwo Proekologiczne. Prace studenckie wykonywane pod jej kierunkiem zostały nagrodzone w konkursach międzynarodowych.

Współpracuje z zespołami projektowymi, jest autorką i współautorką ponad 45 projektów architektonicznych (budynki mieszkaniowe, usługowe, biurowe, projekty wnętrz), w tym koncepcyjnych, budowlanych i wykonawczych. Ponad połowa to obiekty zrealizowane.

Prowadzi działalność popularyzatorską, była prelegentem na ponad 25 konferencjach naukowych w Polsce i za granicą. Występowała jako ekspert, panelistka i moderator w kilkunastu konferencjach skupiających środowisko zawodowe architektów i inżynierów budowlanych. Była jurorką trzech edycji konkursu o nagrodę im. Macieja Nowickiego (pod przewodnictwem Romualda Loeglera) o tematyce poruszającej zagadnienia zrównoważonego rozwoju w architekturze.

Jest autorką lub współautorką 65 publikacji polskich i zagranicznych (w tym czterech książkowych) związanych z problematyką architektury proekologicznej, w tym w szczególności jej związków ze zjawiskami mikroklimatycznymi w środowisku miejskim. Otrzymała wyróżnienie Ministra Infrastruktury za pracę doktorską oraz dwie nagrody rektora Politechniki Warszawskiej za monografie naukowe: *Łączenie tradycyjnych i zaawansowanych technologii w architekturze proekologicznej* oraz *Kształtowanie architektury ekologicznej w strukturze miasta*.

Jest członkinią Mazowieckiej Okręgowej Izby Architektów, Polskiego Stowarzyszenia Energetyki Słonecznej, Stowarzyszenia Architektów Polskich oraz grupy roboczej ds. Zrównoważonego Rozwoju w Budownictwie przy Zarządzie Głównym SARP.

4. Lokalizacja budynku a jego projektowana charakterystyka energetyczna

ŁUKASZ NOWAK

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA, WYDZIAŁ BUDOWNICTWA LĄDOWEGO I WODNEGO

W rozdziale przedstawiono podstawowe parametry lokalizacji budynku, które mają wpływ na jego energochłonność w projektowanej charakterystyce energetycznej. Omawiając je, podano przykłady ilościowe pokazujące wpływ danego rozwiązania na zmianę zapotrzebowania na energię użytkową w obiekcie zaprojektowanym zgodnie z wymogami Warunków Technicznych, które mają obowiązywać od 1 stycznia 2021 roku. Zapotrzebowanie to obliczono zgodnie z obowiązującą w Polsce metodologią wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku.

4.1. Wprowadzenie

Dokumentem wymaganym przez polskie prawo budowlane, stwierdzającym przybliżone, obliczeniowe zapotrzebowanie budynku na energię (czyli teoretyczne zużycie energii dla budynku jeszcze nieistniejącego), uwzględniającym niemal wszystkie założenia projektowe i potwierdzającym spełnienie wymogów prawnych [1], jest tzw. projektowana charakterystyka energetyczna budynku obliczana w oparciu o określoną metodologię [2]. Jest to dokument będący obowiązkowym elementem projektu budowlanego i powinien mieć określoną zawartość, zgodnie z [3–5]. Charakterystyka energetyczna budynku powinna przedstawiać:

- podstawowe parametry budynku (powierzchnie, kubatury, przeznaczenie),
- lokalizację (orientację względem stron świata i przyjętą stację meteorologiczną do obliczeń),
- projektowaną izolacyjność cieplną przegród (współczynniki przenikania ciepła – U),

- parametry przegród przeszklonych (współczynniki przenikania ciepła – U , współczynniki całkowitych zysków słonecznych – g , współczynniki przepuszczalności światła dziennego – LT),
- proponowane systemy zacięcia do ochrony wnętrza budynku przed przegrzewaniem w lecie,
- ocenę występowania zjawisk wilgotnościowych (ryzyka pleśni, kondensacji powierzchniowej i kondensacji międzywarstwowej),
- parametry systemów instalacyjnych (ogrzewania, wentylacji, chłodzenia, przygotowania ciepłej wody użytkowej i dla budynków niemieszkalnych – oświetlenia),
- wartości składników bilansu cieplnego budynku (strat i zysków ciepła),
- roczne zapotrzebowanie na energię użytkową, końcową i pierwotną uwzględniające wszystkie systemy techniczne budynku,
- wartości wskaźników zapotrzebowania na energię użytkową, końcową i pierwotną,
- potwierdzenie spełnienia wymogów według Warunków Technicznych (WT),
- potwierdzenie spełnienia wymogów planowanego standardu energetycznego (budynki ponadstandardowe np. niskoenergetyczne, pasywne).

Charakterystyka energetyczna budynku jest narzędziem służącym do weryfikacji wielu prostych rozwiązań projektowych pod kątem energetycznym – to właśnie dzięki niej można stwierdzić, że dane rozwiązanie architektoniczne, konstrukcyjne lub instalacyjne mogłoby się sprawdzić w danym budynku w danej lokalizacji. Niedoskonałości tej metody omówiono w rozdziale drugim. Przy złożonych strukturach obiektów lub przy zaawansowanych systemach instalacyjnych potencjalnie bardziej wrażliwych na dokładność obliczeń metodą bilansową miesięczną, na której bazuje metodologia, rozwiązań optymalnych poszukuje się za pomocą dynamicznych modeli energetycznych stosowanych w narzędziach symulacyjnych, omówionych w rozdziale piątym w drugim tomie publikacji. Jeśli osiągnięte wartości wskaźników energetycznych są niezadowalające (zbyt wysokie), to należy zastanowić się nad wprowadzeniem zmian w projekcie i ich ponowną weryfikacją obliczeniową.

Projektowana charakterystyka energetyczna budynku (dokument potwierdzający charakterystykę energetyczną budynku projektowanego) może posłużyć do wystawienia świadectwa charakterystyki energetycznej (dokumentu potwierdzającego charakterystykę energetyczną budynku, ale już istniejącego), jeśli w trakcie budowy nie zaszły zmiany wpływające na jego charakterystykę energetyczną.

Podsumowując, charakterystyka energetyczna budynku jest to dokument, który powinien prowadzić do dyskusji i wymiany zdań, czyli tak naprawdę współpracy architekta, konstruktora, fizyka budowli, instalatora i przede wszystkim inwestora w ramach zintegrowanego zespołu projektowego.

4.2. Wskaźniki energetyczne jako proste narzędzie oceny budynku

Zapotrzebowanie budynku na energię to ilość energii obliczana na etapie projektu, na podstawie określonej metodologii tego typu obliczeń, służąca do pokrycia danych potrzeb (np. ogrzewanie, przygotowanie ciepłej wody użytkowej) w danym odcinku czasu (np. miesiąc, rok). Przykładem może być roczne zapotrzebowanie na energię do ogrzewania, które jest ilością ciepła niezbędnego do dostarczenia do poszczególnych pomieszczeń ogrzewanych budynku, aby zapewnić w nich zadaną temperaturę powietrza w ciągu całego sezonu grzewczego, przy uwzględnieniu ciepła przenieszonego z budynku do jego otoczenia przez przenikanie oraz wraz z powietrzem wentylacyjnym, pomniejszonym o zyski ciepła.

Projektowanie energoaktywne wymaga od zintegrowanego zespołu projektowego przeanalizowania wielu wariantów rozwiązań w zakresie architektury, konstrukcji, fizyki budowli i instalacji w taki sposób, aby można było je porównać i móc wybrać ten optymalny. Porównywanie wariantów między sobą w oparciu o ilość energii może być czasami niewygodne, więc zazwyczaj do tego celu wykorzystuje się wskaźniki energetyczne, które wynikają z podzielenia ilości energii potrzebnej w skali roku [kWh/rok] przez powierzchnię netto budynku [m^2] – czyli ich jednostką jest [kWh/(m^2 ·rok)]. Dzięki temu, że wskaźniki energetyczne są mniejszymi liczbami, analiza ich wartości jest nie tylko łatwiejsza, ale również pozwala wywnioskować, czy dany wariant budynku spełnia określone wymogi prawne i te wynikające z przyjętego standardu energetycznego.

Wskaźniki te mogą również zawierać w sobie różną ilość informacji, w zależności od tego, jaki rodzaj energii określają – energię użytkową, końcową czy pierwotną. Wyboru wskaźnika energetycznego i oceny jego wartości dokonuje się względem wymogów prawnych oraz przyjętych priorytetów projektowych. Podstawowe informacje dotyczące wskaźników energetycznych w sposób syntetyczny zestawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Rodzaj i zakres informacji zawartych w najczęściej stosowanych wskaźnikach energetycznych (oprac. Ł. Nowak)

Kolejność wykonywania obliczeń w charakterystyce energetycznej budynku				
OZNACZENIE WSKAŹNIKA ENERGETYCZNEGO	EU_H	EU_C	EK	EP
Jednostka	[kWh/(m ² ·rok)]			
Nazwa	wskaźnik zapotrzebowania na energię użytkową do celów ogrzewania i wentylacji	wskaźnik zapotrzebowania na energię użytkową do celów chłodzenia	wskaźnik zapotrzebowania na energię końcową	wskaźnik zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną
Rodzaj potrzeb energetycznych w budynku uwzględnionych we wskaźniku	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ogrzewanie ▪ wentylacja 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ chłodzenie ▪ wentylacja 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ogrzewanie ▪ wentylacja ▪ chłodzenie* ▪ przygotowanie ciepłej wody użytkowej ▪ oświetlenie** 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ogrzewanie ▪ wentylacja ▪ chłodzenie* ▪ przygotowanie ciepłej wody użytkowej ▪ oświetlenie**
Jakie elementy projektowe dany wskaźnik energetyczny uwzględnia?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ lokalizację budynku ▪ kształt obudowy ▪ izolacyjność cieplną przegród budynku ▪ mostki cieplne ▪ orientację, powierzchnię i parametry przeszkleń ▪ zacienianie ▪ szczelność powietrzną ▪ osłonięcie od wiatru ▪ masę termiczną budynku ▪ strumienie powietrza wentylacyjnego ▪ obecność rekuperacji (odzysku ciepła lub chłodu z wentylacji) 		elementy związane z EU i dodatkowo: <ul style="list-style-type: none"> ▪ sprawność systemów instalacyjnych ▪ liczbę i rodzaj urządzeń pomocniczych niezbędnych do prawidłowej pracy systemów technicznych budynku 	elementy związane z EU i EK i dodatkowo: <ul style="list-style-type: none"> ▪ rodzaj paliwa (nieodnawialne, odnawialne) wykorzystywanego do pokrycia potrzeb budynku
Rodzaj informacji jakościowej udzielanej przez wskaźnik	określa efektywność energetyczną działań projektowych w zakresie architektoniczno-konstrukcyjnym budynku, czyli jest oceną jakości obudowy pod kątem ogrzewania (EU_H) lub chłodzenia (EU_C)		określa efektywność energetyczną działań projektowych w zakresie rozwiązań instalacyjnych budynku, czyli jest oceną jakości instalacji	określa efektywność energetyczną działań projektowych w zakresie redukcji wpływu budynku na środowisko
Rodzaj informacji ilościowej udzielanej przez wskaźnik	spełnienie wymogów zadanego standardu energetycznego		po określeniu kosztów zakupu energii można oszacować roczne koszty eksploatacji budynku z tytułu obliczonych składników bilansu energetycznego budynku	spełnienie wymogów wg przepisów, stopień wykorzystania odnawialnych źródeł energii
Przykłady	<ul style="list-style-type: none"> ▪ $EU_H \leq 15$ – budynek pasywny, ▪ $EU_H \leq 40$ – budynek niskoenergetyczny 	–	–	<ul style="list-style-type: none"> ▪ $EP \leq 95$ – budynek jednorodzinny spełniający wymogi WT 2017, ▪ $EP \leq 70$ – budynek jednorodzinny spełniający wymogi WT 2021

* O ile występuje instalacja chłodzenia

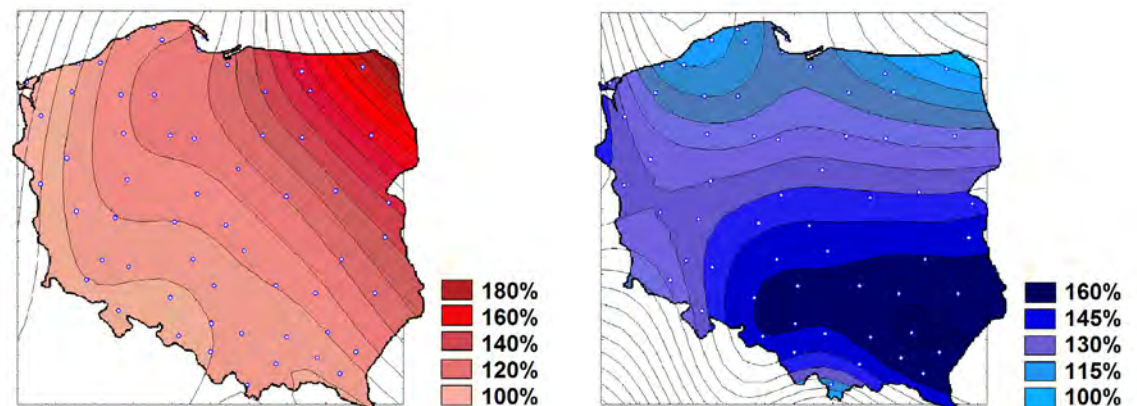
** Oświetlenie jest uwzględniane tylko dla budynków niemieszkalnych

4.3. Lokalizacja budynku

Lokalizacja budynku jest podstawowym zagadnieniem, od którego rozpoczyna się prace nad projektem. Do parametrów lokalizacji niezbędnych do stworzenia koncepcji budynku należą:

- cechy klimatu (temperatury powietrza zewnętrznego, nasłonecznienie, prędkość i kierunek wiatru, ilość i rodzaj opadów atmosferycznych),
- ukształtowanie terenu (nachylenie powierzchni, rzeźba terenu, rodzaj roślinności, możliwe osłonięcie od wiatru),
- ekspozycja słoneczna – ilość zysków cieplnych od promieniowania słonecznego (orientacja przeszkleń, wykorzystanie naturalnej roślinności jako elementów zacieniających, ryzyko niekorzystnego zacienienia przez obiekty sąsiadujące, ale też ryzyko przegrzewania się budynku w razie zbyt dużych zysków).

Jest to o tyle istotne, że budynek optymalnie zaprojektowany pod określoną lokalizację, spełniający wymogi zadanego standardu energetycznego oraz wymogi przepisów, w innej lokalizacji może tych wymogów nie spełniać. Wykresy przedstawione na rycinie 1 pokazują, jak zmienia się procentowo zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania (po lewej) i chłodzenia (po prawej) w zależności od lokalizacji w Polsce dla tego samego budynku spełniającego wymogi Warunków Technicznych na 2021 rok. Różnica w zapotrzebowaniu na energię do ogrzewania między skrajnymi lokalizacjami jest wyraźna – najkorzystniejszy jest północno-zachodni rejon Polski, a najmniej



Ryc. 1. Wpływ lokalizacji w Polsce budynku zaprojektowanego zgodnie z WT 2021 na zmianę jego zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania (po lewej) i chłodzenia (po prawej) (oprac. Ł. Nowak)

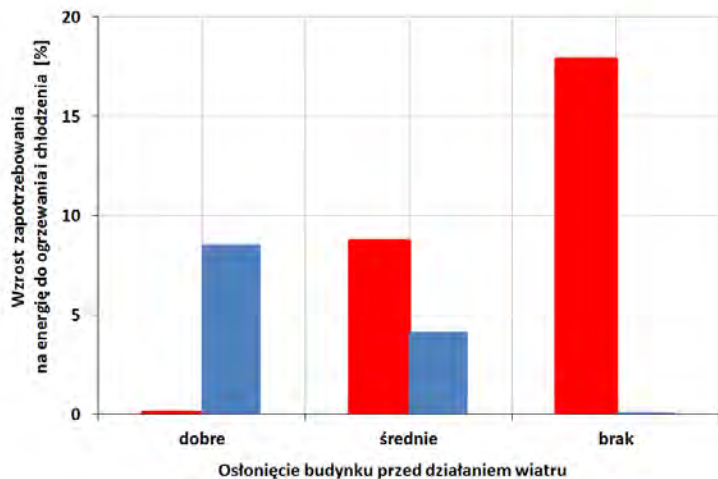
sprzyjający – północno-wschodni. Różnica między Świnoujściem a Suwałkami w zapotrzebowaniu na energię użytkową do ogrzewania jest 1,8-krotna. Podobnie duże różnice wychodzą w przypadku chłodzenia – korzystna jest północna część Polski oraz, co ciekawe, Zakopane, a najmniej korzystny jest południowy wschód Polski. Różnica między Zakopanem a Tarnowem w zapotrzebowaniu na energię użytkową do chłodzenia jest około 1,6-krotna.

4.4. Osłonięcie budynku od wiatru

Wiatr w kontekście architektury energoaktywnej może być postrzegany zarówno pozytywnie, jak i negatywnie. Zjawisko wiatru można wykorzystać do przewietrzania pomieszczeń poprzez odpowiednio usytuowane okien (na przeciwległych elewacjach, na kierunku działania wiatru) lub poprzez wprowadzenie night cooling'u do wspomaganie chłodzenia (rozładowanie ciepła nagromadzonego w masie termicznej budynku w czasie dnia poprzez wykorzystanie nocnego przewietrzania, ale tylko pod warunkiem wyeksponowania masywnych elementów konstrukcyjnych, np. stropów). Jednocześnie działanie wiatru na obudowę obiektu może zwiększać straty ciepła przez przegrody wskutek konwekcji (omywanie zewnętrznej powierzchni przegród zimnym powietrzem zewnętrznym powoduje jej szybsze wychładzanie). Budynek przed działaniem wiatru mogą chronić obiekty sąsiadujące, bliskość lasów lub specjalnie do tego celu stworzone wiatrochrony. Funkcją takiego wiatrochronu mogą pełnić m.in. pasy zadrzewień, zabudowa pomocnicza lub gospodarcza, skarpy ziemne, ekrany, płoty czy żywopłoty. Należy jednak pamiętać, że wiatrochron musi umożliwiać cyrkulację powietrza przy ścianach – zbyt mała odległość wiatrochronu może powodować powstanie podciśnienia po stronie zawietrznej, a w rezultacie silne zawirowania powietrza zwiększające straty ciepła przez przegrody. Prawidłowa odległość wiatrochronu to 1,5–2,5 wysokości osłanianego budynku.

Klasa osłonięcia budynku jest uwzględniana w obliczeniach charakterystyki energetycznej za pomocą odpowiednich współczynników (podane w [6]). Wyróżnia się trzy klasy osłonięcia, zdefiniowane opisowo:

- brak osłonięcia – budynek w wietrznej przestrzeni, wysokie budynki w centrach miast,
- średnie osłonięcie – budynki na przedmieściach z drzewami lub wśród innych budynków o zbliżonej wysokości,
- dobre osłonięcie – budynki średniowysokie w centrach miast, budynki w lasach.



Ryc. 2. Wpływ klasy osłonięcia od wiatru budynku zaprojektowanego zgodnie z WT 2021 na wzrost jego zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania (kolor czerwony) i chłodzenia (kolor niebieski) (oprac. Ł. Nowak)

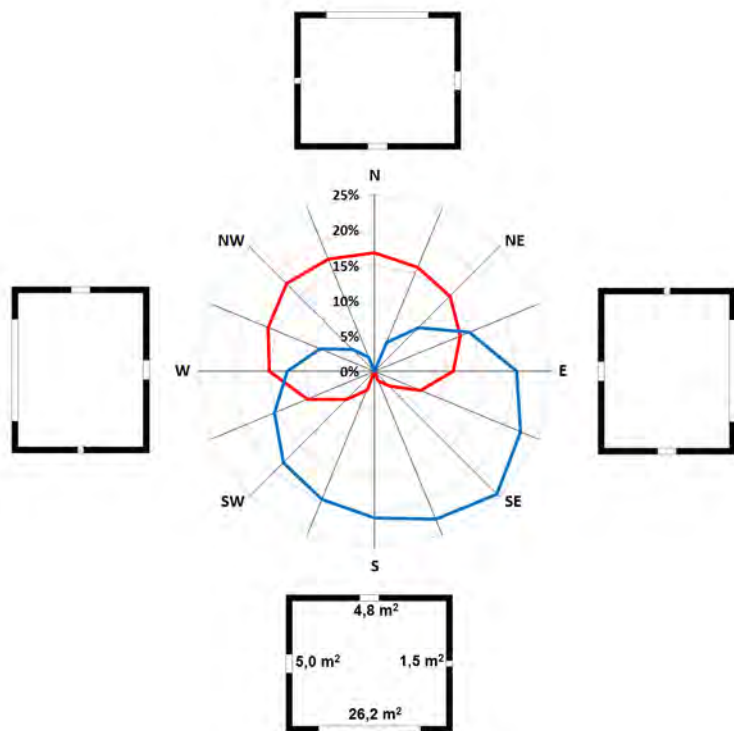
Wpływ klasy osłonięcia budynku jednorodzinnego, zaprojektowanego zgodnie z wymogami WT 2021, na jego zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i chłodzenia jest przedstawiony na rycinie 2, gdzie widać, że większa ochrona przed działaniem wiatru jest korzystna dla ogrzewania, ale za to niekorzystna dla chłodzenia. Różnice dla skrajnych przypadków wynoszą odpowiednio 18% dla ogrzewania i 8% dla chłodzenia.

4.5. Orientacja budynku względem stron świata

Ustawienie budynku względem stron świata należy rozpatrywać głównie w kontekście zorientowania elewacji o powierzchniach przeszklonych. Gdy analizuje się możliwości redukcji energii na potrzeby ogrzewania, to odpowiednio zorientowane przeszklenia (największe powinny być południowe, ale częściowo korzystne są też wschodnie lub zachodnie) mogą być źródłem zysków od promieniowania słonecznego, które następnie wspomagają i odciążają system grzewczy (co poprawia charakterystykę energetyczną budynku w tym zakresie). Jednak należy również pamiętać, że to, co pomaga przy ogrzewaniu, niekoniecznie służy przy chłodzeniu – budynek wspomagany zyskami słonecznymi zwiększa swoje zapotrzebowanie na chłód w okresie letnim.

W kontekście wspomagania ogrzewania należy podkreślić, że okna na elewacjach północnych lub innych, ale zacienionych (np. przez sąsiednie obiekty lub drzewa), zysków solarnych dostarczają tak mało, że patrząc z punktu widzenia gospodarki energetycznej, mogą być niekorzystne. Okno, które nie wprowadza promieniowania słonecznego do wnętrza, generuje praktycznie tylko straty ciepła (przez przenikanie), potencjalnie kilkukrotnie większe niż ilość ciepła przenikająca przez przeciętnie zaizolowaną ścianę. Dla zobrazowania można przyjąć, że dobrej klasy okno ma współczynnik przenikania ciepła $U_w = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, a przeciętna ściana $U_c = 0,23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. W związku z tym okno będzie miało ponad trzykrotnie większy przepływ ciepła przy tej samej powierzchni co ściana. Tak dużą utratę ciepła przez okno zbilansować mogą tylko zyski słoneczne, więc stosowanie okien na elewacjach słabo nasłonecznionych i/lub zacienionych zwykle nie jest, z punktu widzenia bilansu energetycznego, dobrym rozwiązaniem.

Wykres przedstawiony na rycinie 3 obrazuje, co się dzieje z zapotrzebowaniem na energię do ogrzewania (czerwona linia) i chłodzenia (niebieska linia), gdy budynek jednorodzinny (zlokalizowany we Wrocławiu) obróci się tak, aby jego główne przeszklenie – południowe – było zorientowane w innym kierunku.



Ryc. 3. Przyrost zapotrzebowania budynku zaprojektowanego zgodnie z WT 2021 na energię użytkową do ogrzewania (kolor czerwony) i chłodzenia (kolor niebieski) związany ze zmianą położenia głównego przeszklenia budynku z południowego na inne (oprac. Ł. Nowak)

Gdy główne, największe przeszklenie (o powierzchni 26,2 m²) znajduje się od strony południowo-wschodniej (SE), to budynek ma najniższe zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania. Jednocześnie tak zorientowane okna powodują, że zapotrzebowanie na energię użytkową do chłodzenia jest największe (więcej o 24% od minimum). Obracanie budynku (a wraz z nim zmiana orientacji przeszkleń) powoduje przyrost zapotrzebowania na energię do ogrzewania, ale redukcję zapotrzebowania na energię do chłodzenia. W analizowanym przypadku maksymalna wartość przyrostu zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania wynosi 17% i występuje wtedy, gdy główne przeszklenie zorientowane jest w kierunku północno-zachodnim (NW). Przy takim ustawieniu względem stron świata budynek ma jednak najniższe zapotrzebowanie na energię do chłodzenia. W przypadku innych obiektów lub innych lokalizacji różnice w wartościach zapotrzebowania na energię mogą być odmienne, ale główna zasada zorientowania przeszklenia – co jest korzystne dla ogrzewania, jest niekorzystne dla chłodzenia – jest aktualna.

Podsumowując, nie chodzi tu o to, aby rzeczywiście „obracać budynkiem”. Zyski słoneczne są korzystne zimą, ale należy pamiętać, że w okresie letnim należy się przed nimi chronić, stosując np. systemy zaciemniające. Trzeba też tak zaprojektować budynek, aby strefy wymagające długiego dostępu do światła dziennego oraz dużych (lub większych od innych pomieszczeń) przeszkleń znajdowały się po stronie południowej, co również może pozwolić na redukcję wykorzystywania oświetlenia sztucznego.

4.6. Podsumowanie

Lokalizacja budynku, będąca czynnikiem niezależnym od projektanta, ma uzasadniony wpływ na efektywność energetyczną. W związku z tym cechy lokalizacji (długość i szerokość geograficzna, osłonięcie czy orientacja) należy rozpatrywać zarówno w kontekście ich pozytywnego, jak i negatywnego modulowania zapotrzebowania na energię. Szersze spojrzenie na to zagadnienie może pozwolić na szukanie optymalnego rozwiązania, tak aby budynek, wykorzystując potencjał lokalizacji, mógł łącznie na wszystkie swoje potrzeby zużywać możliwie najmniej energii.

INFORMACJE DODATKOWE 1

Budynek spełniający wszystkie obecnie obowiązujące wymagania z zakresu ochrony cieplnej budynku można nazwać budynkiem standardowym. Wymogi z zakresu ochrony cieplnej [1], które mają bezpośredni wpływ na efektywność energetyczną budynku, można w pewnym stopniu uprościć do dwóch elementów:

- izolacyjność cieplna przegród, obliczona zgodnie z [7], w obudowie budynku powinna być nie gorsza niż wymagana, czyli $U_c \leq U_{c(max)}$,
- wpływ budynku na środowisko, obliczony zgodnie z [2], określony za pomocą wskaźnika energii pierwotnej powinien być nie większy niż wymagany, czyli $EP \leq EP_{(max)}$.

Przepisy, które prawdopodobnie wejdą w życie od 31 grudnia 2020 roku, będą wymagać, aby taki budynek spełniał wartość wskaźnika EP (wskaźnika zapotrzebowania na energię pierwotną do ogrzewania, chłodzenia, przygotowania ciepłej wody i oświetlenia w budynkach niemieszkalnych) na poziomie:

- $\leq 70 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$, gdy jest to budynek jednorodzinny,
- $\leq 65 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$, gdy jest to budynek wielorodzinny,
- $\leq 75 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$, gdy jest to budynek zamieszkania zbiorowego,
- $\leq 190 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$, gdy jest to budynek opieki zdrowotnej,
- $\leq 45 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$, gdy jest to inny budynek użyteczności publicznej,
- $\leq 70 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$), gdy jest to budynek gospodarczy, magazynowy lub produkcyjny.

Pozostałe wartości wskaźnika EP , w tym te obecnie obowiązujące, można znaleźć w WT [1].

INFORMACJE DODATKOWE 2

Standard energetyczny budynku, czyli jego poziom energoaktywności, również może być określany poprzez wartości wskaźników energetycznych. W zależności od spełnienia wartości wskaźnika EU_H (wskaźnika zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji) na określonym poziomie, możemy mówić o osiągnięciu standardu:

- budynku pasywnego: $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$,
- budynku niskoenergetycznego: $\leq 40 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$.

W przypadku budynków blisko zeroenergetycznych (nearly Zero Energy Buildings – nZEB) oraz zeroenergetycznych (Zero Energy Buildings – ZEB) praktycznie we wszystkich krajach poza Wielką Brytanią nie ma wymogu co do wartości wskaźnika energetycznego, jaki te budynki mają osiągnąć [8]. Najważniejsze jest zbilansowanie energii pobranej przez budynek (na cele eksploatacyjne) i energii, jaką może wyprodukować (za pomocą własnych rozwiązań wykorzystujących OZE) w skali roku. Podsumowując, w budynkach blisko zeroenergetycznych ilość energii pobranej jest większa niż tej wyprodukowanej, a w zeroenergetycznych powinna być równa.

Bibliografia

- [1] *Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 8 kwietnia 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie*, Dz.U. 2019, poz. 1065.
- [2] *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 6 września 2019 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej*, Dz.U. 2019, poz. 1829.
- [3] *Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego*, Dz.U. 2012, poz. 462.
- [4] *Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 21 czerwca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego*, Dz.U. 2013, poz. 762.
- [5] *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 22 września 2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego*, Dz.U. 2015, poz. 1554.
- [6] PN-EN 12831: 2006 – *Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego*, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
- [7] PN-EN ISO 6946: 2017 – *Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania*, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
- [8] *Towards nearly zero Energy buildings. Definition of common principles under the EPBD. Final report*, Ecofys 2012, https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/nzeb_full_report.pdf, dostęp 19.11.2019.



ŁUKASZ NOWAK

➔ Doktor inżynier, adiunkt w Zakładzie Fizyki Budowli i Komputerowych Metod Projektowania na Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego PWr (od 1999 roku). Zajmuje się badaniami z zakresu efektywności energetycznej budynków, modelowaniem energetycznym budynków, wpływem cech obudowy budynku na jego energooszczędność oraz dydaktyką z przedmiotów: fizyka budowli, budownictwo zrównoważone, budynek i ekologia, Advanced Building Physics, Sustainable Housing, komputerowe wspomaganie kreślenia, technologie informacyjne. Od 2010 roku aktywnie współpracuje z Wydziałem Architektury PWr, prowadzi warsztaty dla studentów, był jurorem w konkursie Architektura Energoaktywna. Laureat 10 nagród rektora Politechniki Wrocławskiej w uznaniu wyróżniającego wkładu w działalność uczelni (2010–2019).

Jest członkiem Zrzeszenia Audytorów Energetycznych, wykonał ponad 50 charakterystyk i świadectw energetycznych oraz uczestniczył w optymalizacjach projektów pod kątem oszczędności energii. Był członkiem zespołów projektowych wielu domów jednorodzinnych, m.in. „Domu w Domu – Double skin house” wyróżnionego w konkursie magazynu „Murator” pt.: „Energooszczędny Dom Dostępny” (2013). Współpracuje z Centrum Technologii Energetycznych w Świdnicy i biurami projektowymi (Domy Czystej Energii, grupa_Synergia, Archania).

Wykonuje ekspertyzy i szkolenia z zakresu zagadnień fizyki budowli, poprawy efektywności energetycznej budynków, budownictwa, obsługi programów do obliczeń charakterystyk energetycznych budynków (m.in. dla członków Izby Inżynierów Budownictwa w Wałbrzychu).

Autor 42 publikacji polskich i zagranicznych, recenzent 11 artykułów lub referatów konferencyjnych w czasopiśmie („ACEE Journal”, „Materiały Budowlane”), występował na konferencjach (Fizyka Budowli w Teorii i Praktyce, KONstruktor). Wykonawca w ośmiu grantach i projektach badawczych.

5. Projektowanie elewacji aktywnej energetycznie

KATARZYNA ZIELONKO-JUNG

POLITECHNIKA GDAŃSKA, WYDZIAŁ ARCHITEKTURY

Celem tego rozdziału jest wyodrębnienie i usystematyzowanie elementów obudowy zewnętrznej, które mają wpływ na procesy energetyczne zachodzące w budynkach, oraz określenie zasad ich stosowania. Mają one charakter ogólnych zaleceń, które należy każdorazowo weryfikować, uwzględniając potrzeby obiektu i jego uwarunkowania. Pozwala to nie tylko spojrzeć na elewację jako na element o znaczeniu architektonicznym, ale także zrozumieć jej znaczenie energetyczne. Pełni ona wiele złożonych funkcji, które wpływają na jakość fizycznego środowiska wewnątrz i energetyczne „koszty” ich utrzymania na wymaganym poziomie.

5.1. Wprowadzenie

Obudowa zewnętrzna jest granicą oddzielającą przestrzeń wnętrza budynku od jego otoczenia. Można więc za jej pomocą regulować przepływ energii i wszystkich czynników środowiskowych między tymi dwiema strefami. Zakładając, że wskutek różnego rodzaju uwarunkowań urbanistycznych, prawnych, ekonomicznych czy użytkowych możliwość zastosowania architektonicznych rozwiązań energoaktywnych (rozdział 3) jest ograniczona, obudowa zewnętrzna jest elementem, który w każdej sytuacji można optymalizować pod względem energetycznym, osiągając wymierne korzyści. Jest to jedyny element architektoniczno-materiałowy budynku, którego wybrane parametry bezpośrednio związane z kwestiami energooszczędności są regulowane przez obowiązujące przepisy.

Do kluczowych zagadnień związanych z projektowaniem elewacji budynków energoaktywnych należą [1]:

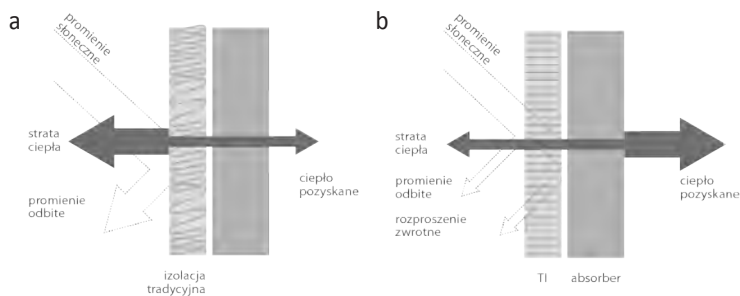
- struktura materiałowa, zwłaszcza parametry izolacyjności termicznej i zdolności do akumulacji ciepła, a także wybrane parametry szklenia związane z przenikaniem energii słonecznej do wnętrza,
- proporcje powierzchni przeszklonych do pełnych,
- zacienianie elewacji za pomocą elementów architektonicznych lub specjalnych zewnętrznych systemów regulujących dostęp promieniowania słonecznego.

5.2. Struktura materiałowa

Ważną dla bilansu energetycznego budynku decyzją projektową jest wybór technologii konstrukcyjno-materiałowej elewacji. Za najbardziej istotny parametr uznaje się współczynnik przenikania ciepła U [$W/(m^2 \cdot K)$] przegród zewnętrznych, który jest miarą ich izolacyjności termicznej. Wraz ze wzrostem świadomości dotyczącej potrzeby oszczędności energetycznych w budynkach rosną prawne i zwyczajowe wymagania względem tego parametru w odniesieniu do ścian, dachów i stropodachów oraz przeszkleń. W przypadku przegród pełnych powoduje to konieczność stosowania grubszych niż kiedykolwiek wcześniej warstw izolacji termicznej, a co za tym idzie – całej przegrody. Zauważalny wzrost zainteresowania technologiami ścian szkieletowych można tłumaczyć między innymi próbami unikania tego problemu, gdyż w ich przypadku konstrukcja nie stanowi osobnej warstwy. Wydaje się jednak, że stosowana obecnie generacja termoizolacji nie jest w stanie spełnić rosnących wymagań. Nowe materiały, takie jak izolacje transparentne (transparent insulation materials – TIM) [2] lub materiały zmiennofazowe (phase change materials – PCM) [3] mogą w niedalekiej przyszłości stworzyć nową jakość w zakresie ochrony termicznej budynków (ryc. 1).

Obie te grupy materiałów umożliwiają wykorzystanie zdolności akumulacyjnych przegród, a co za tym idzie – energii cieplnej pochodzącej ze słońca¹ lub z wnętrza budynku². Na razie największą barierą utrudniającą rozpowszechnienie tego rodzaju materiałów jest ich wysoki koszt.

W przypadku przeszkleń poprawa współczynnika U wymaga stosowania coraz bardziej zaawansowanych technologii (np. szklenie trójwarstwowe, szklenie niskoemisyjne). Ważny jest także świadomy dobór parametrów szklenia w zakresie ilości i rodzaju energii słonecznej, jaka powinna przenikać do wnętrza. Podstawowymi parametrami, które charakteryzują szklenie fasadowe pod względem możliwości pasywnego pozyskiwania energii słonecznej, są współczynniki [2]:



Ryc. 1. Schemat strat i zysków ciepła słonecznego w przypadku: a) tradycyjnej izolacji cieplnej ściany zewnętrznej, b) transparentnej izolacji cieplnej ściany zewnętrznej (oprac. K. Zielonko-Jung)

¹ Na przykład izolacje TIM lub materiały PCM stosowane jako zewnętrzna warstwa ściany pełnej.

² Materiały PCM stosowane jako elementy wykończenia ścian lub stropów magazynują energię cieplną i oddają wtedy, gdy temperatura spadnie. Pozwala to „przechować” ciepło wytworzone we wnętrzu przez słońce, urządzenia, ludzi itp. i wykorzystać je wówczas, gdy stanie się potrzebne.

- całkowitej przepuszczalności energii promieniowania słonecznego g [%],
- przepuszczalności światła dziennego LT (lub Lt) [%].

W polskich warunkach klimatycznych występuje konieczność zarówno pozyskiwania energii słonecznej w okresach grzewczych (wskazane wysokie wartości współczynnika g), jak i ochrony przed przegrzewaniem pomieszczeń latem (wskazana redukcja współczynnika g). Ze względu na duże znaczenie światła dziennego dla komfortu użytkowego pomieszczeń przeznaczonych na stały pobyt ludzi i oszczędności energetycznych wynikających z redukcji zapotrzebowania na oświetlenie sztuczne, wskazane jest utrzymanie wartości współczynnika LT na wysokim poziomie. Jednocześnie współczynnik U powinien być możliwie niski. Konieczne jest zatem dobranie wymienionych parametrów szklenia z uwzględnieniem orientacji elewacji, stopnia jej zacienienia przez elementy istniejące lub projektowane, powierzchni okien w stosunku do ścian pełnych oraz potrzeb użytkowych danych pomieszczeń.

Dobór wartości wymienionych współczynników stanowi istotny element podczas przygotowywania strategii przepływu energii przez budynek. Powinien być wynikiem analizy uwarunkowań budynku, m.in. jego obciążenia termicznego czy wymagań względem oświetlenia. Jako przykład założeń dotyczących wyżej wymienionych parametrów mogą posłużyć kryteria przyjęte dla standardu opracowanego w ramach projektu badawczo-rozwojowego Miejski Budynek Jutra 2030 (MBJ 2030), dedykowanego budynkom wielorodzinnym³ [4]. Informują one o utrzymaniu wartości omawianych współczynników w następujących przedziałach:

- g zestawów szybowych na elewacjach południowych, wschodnich i zachodnich 45–60%,
- LT przegród przezroczystych na elewacjach północnych co najmniej 75%,
- U dla okien poniżej $0,9 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

Oprócz charakterystyki ścian pełnych i przeszkleń w zakresie opisanym powyżej dla bilansu energetycznego budynku istotna jest jego pojemność cieplna. Przez ścianę wykonaną np. w konstrukcji szkieletowej inaczej przenika ciepło niż przez ścianą murowaną, nawet przy zbliżonej wartości współczynnika termoizolacyjności. Obie ściany mają bowiem inną pojemność cieplną, a więc inaczej akumulują i oddają ciepło w czasie [5]. Warto zwrócić uwagę na to, że dla funkcjonowania elewacji ważne są nie tylko elementy masywne tworzące jej część, ale także te, które współtworzą obudowę całego pomieszczenia, np. stropy, słupy i ściany wewnętrzne. W przypadku przegród o znacznej powierzchni przeszkleń, a więc zbudowanej w dużym stopniu z materiału o małej pojemności cieplnej, poszukuje się możliwości wprowadzenia masywnych elementów na jej

³ Projekt badawczy Miejski Budynek Jutra 2030 zrealizowany został w latach 2009–2014. Był kierowany przez firmę Mostostal Warszawa i współfinansowany ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Jego celem było opracowanie standardów dla budynków wielorodzinnych zgodnych z założeniami zrównoważonego rozwoju oraz wzniesienie budynku demonstracyjnego. W projekcie uczestniczyli: Instytut Technik Budowlanych, Wydział Architektury Politechniki Warszawskiej, Wydział Budownictwa Politechniki Śląskiej, Instytut Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Zielonogórskiego. Budynek demonstracyjny został wzniesiony w Warszawie przy ul. Krasińskiego, zaprojektowany przez pracownię Galicki Sypniewski Architekci.

fragmentach (np. ściany podokienne murowane lub żelbetowe, które zwiększają ogólną pojemność cieplną budynku pomimo zewnętrznej termoizolacji) lub w jej sąsiedztwie (masywne słupy, ściany i stropy, zbiorniki wodne).

5.3. Proporcje powierzchni przeszklonych do pełnych

Dobór wielkości szklenia powinien wynikać z analizy stopnia konieczności ochrony przed wychładaniem i przegrzewaniem oraz możliwości pozyskiwania energii cieplnej i świetlnej ze słońca. Kluczową kwestią jest ustalenie, czy wskazane jest wykorzystanie przeszkleń jako pasywnego kolektora ciepła. Dla budynków mieszkalnych, budynków użyteczności publicznej o niewielkiej skali lub innych, w których procesy użytkowania nie generują produkcji ciepła powodującej ryzyko przegrzewania, na ogół jest to korzystne. Dla grupy budynków o wysokich wewnętrznych zyskach ciepła (np. biurowych o dużej skali, sal sportowych, wielkoskalowych obiektów handlowych) lub budynków położonych w silnie przegrzanych strefach miasta może to być niewskazane. Wówczas okna oprócz zapewnienia widoku powinny przede wszystkim pozwalać na dobre oświetlenie wnętrza światłem dziennym. W tym przypadku ważne jest ich położenie względem stropu. Strefy górne przeszkleń dają najwięcej światła (ze względu na możliwość najgłębszej penetracji pomieszczeń), podczas gdy przeszklenia poniżej poziomu biurek oświetlają wnętrza w znikomym zakresie.

Zespoły specjalistów próbują wypracować pewne ogólne zalecenia, które mogłyby ułatwić podejmowanie decyzji co do wielkości przeszkleń na etapie tworzenia koncepcji budynku. Należy dodać, że istotne jest powiązanie wielkości przeszkleń z parametrami szklenia, tj. U , g i LT , oraz charakterystyką systemu zacieniającego. W każdym przypadku należy rozważać te elementy łącznie, dążąc do optymalnej kombinacji.

Największe rozbieżności w zakresie zalecanych wielkości przeszkleń dotyczą najlepiej nasłonecznionej elewacji południowej. Przy założeniu, że należy przede wszystkim ograniczać straty ciepła, maksymalny udział okien powinien wynosić 40%. Zespół badawczy projektu celowego Miejski Budynek Jutra 2030 określił tę wartość jako najbardziej właściwą pod względem równowagi zysków słonecznych i strat cieplnych. Laskowski uznał ją za wartość maksymalną i skłania się ku wartości niższej – 30% [5]. Hausladen, Saldanha i Leidl [6] stwierdzili, że bez zastosowania pasywnych lub aktywnych metod chłodzenia pomieszczeń latem możliwe jest osiągnięcie komfortu termicznego wewnątrz przy udziale okien w elewacji południowej przeszklonej do 50%, przy założeniu, że przy przeszkleniach powyżej 30% istnieje zewnętrzny system zacieniający.

Większe przeszklenia, nawet do 100%, wskazane są wyłącznie w przypadku struktur szklarniowych nastawionych na maksymalne zyski ciepłe z energii słonecznej. Ich stosowanie może być korzystne jedynie wówczas, gdy orientacja elewacji nie jest odchyłona więcej niż 15° od kierunku południowego.

Zalecenia dotyczące elewacji wschodnich i zachodnich najczęściej określają optymalny udział okien na poziomie 30% (wg standardu MJB 2030). Bardziej restrykcyjne – 20% [5]. Zdaniem badaczy szczególnie doceniających wartość światła dziennego we wnętrzach dopuszcza się udział okien do 50%, ale konieczne jest wprowadzenie dostosowanych do niskiego promieniowania zewnętrznych osłon przeciwsłonecznych [6].

Elewacje północne powinny mieć możliwie małe przeszklenia. Te ostatnie nie mogą przekraczać 30% całkowitej powierzchni ścian, a według surowszych zaleceń nawet 20 lub 25%. Większe powierzchnie przeszkleń prowadzą do znaczących strat ciepła.

5.4. Zacienianie elementów przeszklonych obudowy zewnętrznej

Kolejną kwestią związaną z projektowaniem elewacji budynku energoaktywnego jest właściwy dobór elementów zacieniających, które chronią wnętrza przed nadmiarem energii słonecznej⁴. Konieczność zacieniania powierzchni przeszklonych w okresach gorących dotyczy wszystkich budynków energooszczędnych i jest najpewniejszą metodą ochrony przed przegrzewaniem pomieszczeń (np. intensyfikowanie wentylacji w tym okresie jest zazwyczaj utrudnione ze względu na mniejszą wietrzność). Najkorzystniejsza jest sytuacja, gdy w ciągu lata, w godzinach największej insolacji powierzchnie przeszklone są całkowicie zacienione, a zimą i w porach przejściowych nic nie blokuje promieniowania słonecznego. Można realizować ten cel przez ukształtowanie formy, a co za tym idzie jego zewnętrznej obudowy [7].

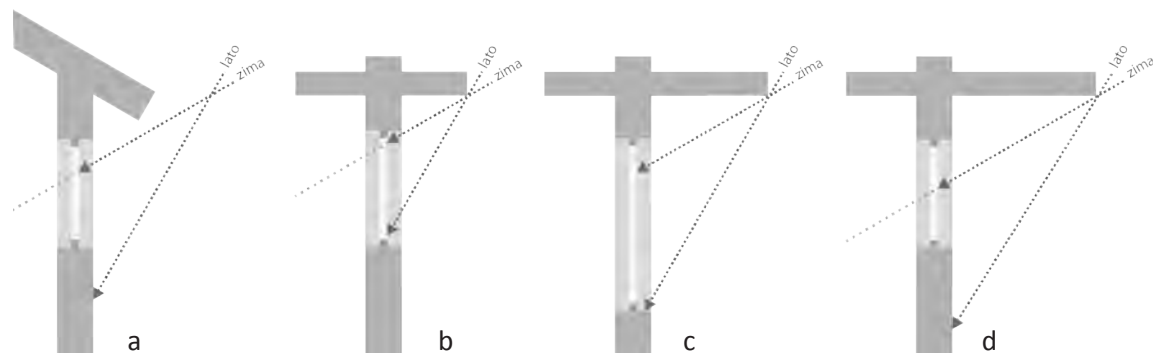
Jak wspomniano w rozdziale trzecim, dążenie do otwierania bryły budynku na ekspozycję słoneczną (dla budynków o niskich wewnętrznych zyskach ciepła) można zrealizować poprzez pochylenie płaszczyzny elewacji ku słońcu lub rozczłonkowanie jej formy dla orientacji południowej lub zbliżonych. „Ucieczka” przed słońcem (uzasadniona w przypadku budynków o wysokich wewnętrznych zyskach ciepła) jest z kolei możliwa przez pochylenie elewacji w odwrotnym kierunku. Ważną rolę zacieniającą mogą odgrywać również elementy detalu elewacji. Dla orientacji południowej pomocne mogą być np. okapy dachowe, mocno wysunięte gzymsy, balkony, lub specjalne elementy

⁴ Funkcje elementów zacieniających przeszkleń coraz częściej przejmują zaawansowane pakiety szybowe z powłokami ograniczającymi przenikanie promieniowania podczerwonego odpowiedzialnego za przepuszczanie energii ciepłej.

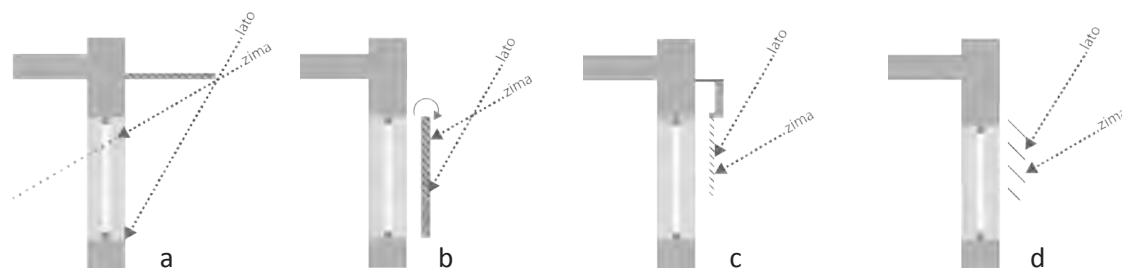
systemowe, np. półki zacieniające, pasy żaluzji wstawione w górnych partiach przeszkleń czy markizy (ryc. 2–4) [4].

Dużą zaletą tych rozwiązań jest ich górne położenie względem okna, dzięki czemu ciągłość wzrokowa pomiędzy wnętrzem a otoczeniem nie zostaje zakłócona na wysokości oczu człowieka. W przypadku orientacji wschodniej i zachodniej rozwiązania tego rodzaju są nieskuteczne. Konieczne jest wprowadzenie ruchomych elementów w polu okna (np. żaluzji, żaluzjowych okiennic, rolet lub mocno pochylonych markiz) lub stałych pionowych elementów zacieniających. Gama produktów pełniących funkcję zewnętrznych elementów zacieniających jest bardzo duża. Wiele firm ma w swojej ofercie gotowe rozwiązania systemowe, zdarza się też często, że są one projektowane indywidualnie. Są ważnym elementem elewacji budującym jej wyraz plastyczny, stąd zrozumiałe jest dążenie architektów do tworzenia zindywidualizowanych rozwiązań. Najczęściej zewnętrzne systemy zacieniające są wprowadzane w budynkach biurowych i użyteczności publicznej jako

Ryc. 2. Zmiany zakresu powierzchni zacienianej na elewacji południowej w zależności od wysięgu elementu zacieniającego: a) okno osłonięte przed promieniami słonecznymi przez okap dachowy; b) okno osłonięte przez gzyms; c) okno optymalnie zacienione przez balkon; d) okno zbyt przesłonięte przez balkon. Jako kąt padania promieniowania letniego przyjęto 60° , a zimowego 30° (oprac. K. Zielonko-Jung, rys. J. Kochańska)



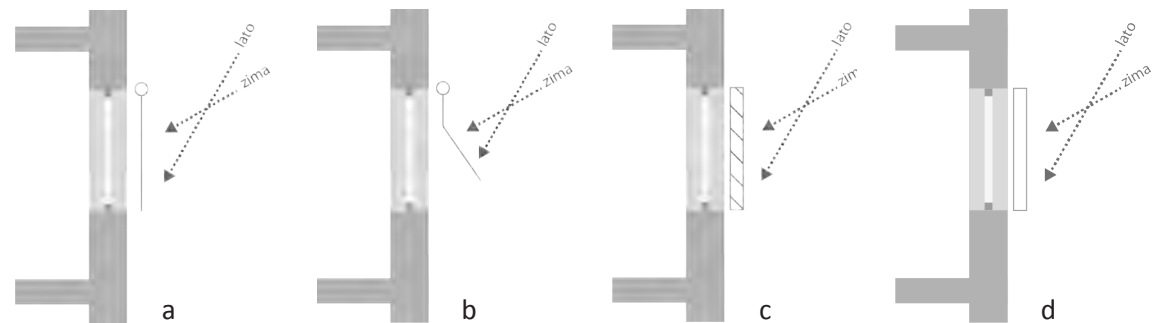
Ryc. 3. Przykładowe schematy rozwiązań systemów zacieniających dla elewacji o orientacji południowej lub zbliżonych: a) daszek; b) okiennice żaluzjowe suwane lub obrotowe; c) żaluzje zewnętrzne stałe z pasem żaluzji ruchomych i podnoszonych na poziomie kontaktu wzrokowego z otoczeniem; d) pasy żaluzji stałe lub ruchome (oprac. K. Zielonko-Jung, rys. J. Kochańska)



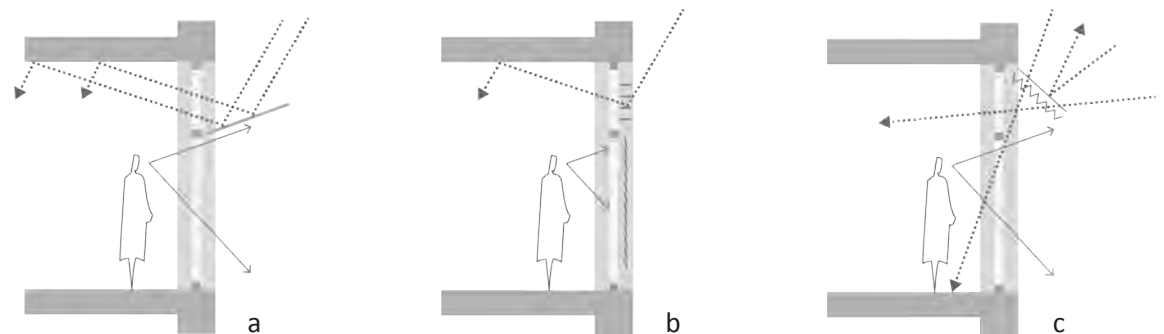
najbardziej narażonych na problem przegrzewania pomieszczeń. Jednak ich stosowanie jest także uzasadnione w budynkach mieszkalnych, szczególnie wielorodzinnych, czego dowodem jest powszechność decyzji ich użytkowników o instalacji urządzeń klimatyzacyjnych w indywidualnych mieszkaniach.

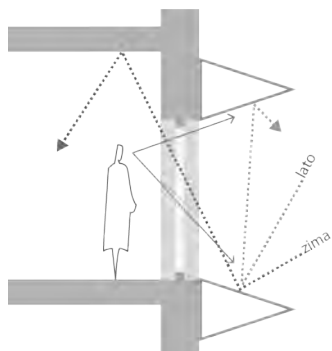
W ciągu ostatnich lat postęp technologiczny w zakresie systemów regulujących dostęp promieniowania słonecznego do wnętrzbudynków zyskał dużą dynamikę. Widoczne jest dążenie do tworzenia rozwiązań zdolnych do „reakcji” na warunki zewnętrzne (np. systemy reagujące automatycznie na zmiany pogody) oraz optymalizowanych pod względem formy (np. profile elewacyjne projektowane za pomocą narzędzi parametrycznych). Pełnią one coraz bardziej złożone funkcje, np. wykorzystuje się je także po to, by umożliwić głębszą penetrację światła dziennego do wnętrza.

Ryc. 4. Przykładowe schematy rozwiązań systemów zacięniających dla elewacji o orientacji wschodniej, zachodniej lub zbliżonych: a) roleta zwijana, b) markizoleta zwijana, c) okiennice suwane lub żaluzjowe z możliwością regulacji położenia lameli, d) żaluzje typu vertical (oprac. K. Zielonko-Jung, rys. J. Kocharńska)



Ryc. 5. Systemy transportujące światło dzienne w głąb pomieszczeń: a) półka świetlna, b) żaluzje załamujące promieniowanie, c) panele pryzmatyczne (oprac. K. Zielonko-Jung na podst. [6], rys. J. Kocharńska)





Ryc. 6. System przeciwsłoneczny i transportujący światło w budynku DUO w Groningen w Holandii – schemat obrazujący zasadę działania, czyli odbijania na zewnątrz promieniowania letniego i do wnętrza zimowego (oprac. K. Zielonko-Jung na podst. [9], rys. J. Kochańska)

Do rozwiązań takich należą półki świetlne, parapety odblaskowe, systemy zakrzywionych lusterek (anidolic system) itd. [8]. Można także znaleźć rozwiązania, w których systemy zacieńające integrowane są z ogniwami fotowoltaicznymi (np. na półkach zacieńających, stałych lub ruchomych żaluzjach) (ryc. 5, 6).

5.5. Podsumowanie

Projektowanie obudowy zewnętrznej budynku energoaktywnego wymaga podjęcia świadomych decyzji w zakresie omówionych w tym rozdziale elementów, zestawionych w tabeli 1. Decyzje te są od siebie współzależne i powinny prowadzić do stworzenia optymalnej dla określonego budynku kombinacji parametrów materiałowych przegrody, wielkości i rozmieszczenia okien oraz doboru systemów regulujących dostęp promieniowania słonecznego (najbardziej istotna ich rola to zacieńanie intensywnie nasłonecznionych przeszkleń).

O ile zalecenia dotyczące termoizolacyjności przegród są powszechnie znane architektom, o tyle wiedza dotycząca bardziej szczegółowych parametrów, jak np. pojemność cieplna czy współczynniki charakteryzujące przeszklenia, nie jest już dla nich oczywista. Nie docenia się także znaczenia zewnętrznych systemów zacieńających. Hausladen, Saldanha i Leidl [6] podają różne przykłady kombinacji doboru parametrów szklenia, wielkości okien i zakresu zacieńania przeszkleń lokalizowanych na elewacjach południowych. Według jego szacunkowych obliczeń okna zajmujące powyżej 30% całej powierzchni elewacji powinny być wyposażone w zewnętrzny system zacieńający, by w obiekcie osiągnąć latem komfort termiczny. Jego zachowanie jest możliwe nawet w całkowicie przeszklonych budynkach, jednak wymaga to znacznych nakładów na chłodzenie.

Osobnym zagadnieniem jest stosowanie zaawansowanych technologii szklenia (rozdział 6, tab. 1), w których pakiety szybowe wyposażone są w specjalne powłoki ograniczające przenikanie promieniowania podczerwonego odpowiedzialnego za przepuszczanie energii cieplnej (współczynnik redukcji promieniowania podczerwonego – RPP, wyrażany w [%]). Tak więc projektowanie obudowy zewnętrznej budynków z uwzględnieniem ich racjonalności energetycznej wymaga innego spojrzenia na decyzje projektowe niż wyłącznie te związane z estetyką i funkcjonalnością. Elementy architektoniczne, takie jak płyty balkonowe, loggie, okapy dachowe, daszki czy okiennice mogą odgrywać istotną energetycznie rolę, a ich projektowanie wymaga szczególnej uwagi i współpracy interdyscyplinarnej.

Tab. 1. Energoaktywne rozwiązania elewacyjne budynku (oprac. K. Zielonko-Jung)

ROZWIĄZANIA ELEWACYJNE	WARIANTY W ZALEŻNOŚCI OD ORIENTACJI ELEWACJI WZGLĘDEM SŁOŃCA	ROLA ENERGETYCZNA
Wybrane właściwości materiałowe	<ul style="list-style-type: none"> ▪ korzystny (co najmniej wymagany przepisami) współczynnik U (dla wszystkich elewacji) ▪ wprowadzanie elementów masywnych – w ścianach i innych elementach budynku, szczególnie w sąsiedztwie intensywnie nasłonecznionych przeszkleń o dużych powierzchniach ▪ właściwy dobór parametrów szklenia: współczynników g oraz LT; możliwość różnicowania tych parametrów dla różnych orientacji elewacji (wyższy współczynnik g w przypadku elewacji dobrze nasłonecznionych, gdy korzystne są pasywne zyski ciepłe) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ochrona budynku przed stratami ciepła i przegrzewaniem ▪ ochrona przed przegrzewaniem wewnątrz przez wykorzystanie zdolności akumulacyjnych masywnych elementów ▪ kontrola całkowitej ilości energii słonecznej przenikającej do wewnątrz (dopasowanie pasywnych zysków ciepłych do potrzeb budynku) oraz komponentu energii świetlnej (możliwości regulacji warunków oświetlenia światłem dziennym w zależności od potrzeb)
Przeszklenia – dobór proporcji przeszkleń w stosunku do ściany pełnej	ELEWACJE POŁUDNIOWE 30–50% 50–100%	<ul style="list-style-type: none"> ▪ źródło pasywnych zysków ciepłych z energii słonecznej ▪ oświetlenie wewnątrz światłem dziennym ▪ jako pasywny kolektor ciepła (konieczne rozwiązania chroniące przed przegrzewaniem, np. możliwość intensyfikacji wentylowania latem, elementy akumulujące ciepło, zewnętrzne systemy zacieniające)
	ELEWACJE WSCHODNIE I ZACHODNIE 20–50%	<ul style="list-style-type: none"> ▪ pasywne zyski ciepłe z energii słonecznej ▪ oświetlenie wewnątrz światłem dziennym
	ELEWACJE PÓŁNOCNE 0–30%	<ul style="list-style-type: none"> ▪ oświetlenie wewnątrz światłem dziennym (możliwość braku okien w pomieszczeniach niewymagających oświetlenia naturalnego)
Profil elewacji – z elementami regulującymi dostęp promieniowania słonecznego do wewnątrz	ELEWACJE POŁUDNIOWE elementy poziome – okapy, daszki, balkony	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ochrona przed nadmiarem promieniowania słonecznego w okresach gorących
	ELEWACJE POŁUDNIOWE elementy poziome – parapety odblaskowe	<ul style="list-style-type: none"> ▪ głębsza penetracja rozproszonego światła dziennego do wewnątrz
Zewnętrzne systemy regulujące dostęp promieniowania słonecznego	<p>ELEWACJE POŁUDNIOWE elementy poziome:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ jednofunkcyjne np. półki zacieniające, markizy, żaluzje ▪ wielofunkcyjne np. półki świetlne, złożone systemy optyczne, parapety odblaskowe, żaluzje ograniczające zyski ciepła i rozpraszające światło – możliwość integracji z ogniwami fotowoltaicznymi 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ochrona przed nadmiarem promieniowania słonecznego w okresach gorących ▪ ochrona przed nadmiarem promieniowania słonecznego w okresach gorących, głębsza penetracja rozproszonego światła dziennego do wewnątrz, aktywne pozyskiwanie energii słonecznej
	<p>ELEWACJE WSCHODNIE I ZACHODNIE elementy poziome i pionowe:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ jednofunkcyjne, np. żaluzje, okiennice, rolety, mocno pochylone markizy, markizolety, pionowe elementy stałe ▪ wielofunkcyjne, np. żaluzje ograniczające zyski ciepła i rozpraszające światło, elementy zintegrowane z ogniwami fotowoltaicznymi 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ochrona przed nadmiarem promieniowania słonecznego w okresach gorących ▪ ochrona przed nadmiarem promieniowania słonecznego w okresach gorących, rozpraszanie światła dziennego docierającego do wewnątrz, możliwość integracji z systemami fotowoltaicznymi

Bibliografia

- [1] Zielonko-Jung K., *Kształtowanie przestrzenne architektury ekologicznej w strukturze miasta*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2013.
- [2] Compagno A., *Intelligent Glass Facades*, Birkhäuser, Berlin 1997.
- [3] Adington M., Schodek D., *Smart Materials and Technologies. For the architecture and design professions*, Elsevier, Oxford 2005.
- [4] Marchwiński J., Zielonko-Jung K., *Ochrona przeciwstoneczna w budynkach wielorodzinnych. Pasywne rozwiązania architektoniczno-materiałowe*, Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania, Warszawa 2014.
- [5] Laskowski L., *Ochrona cieplna i charakterystyka energetyczna budynku*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008.
- [6] Hausladen G., Saldanha M., Leidl P., *Climate Skin, Building-skin Concepts that Can Do More with Less Energy*, Birkhäuser, Basel–Boston–Berlin 2006.
- [7] Zielonko-Jung K., Marchwiński J., *Współczesna architektura proekologiczna*, PWN, Warszawa 2012.
- [8] Celadyn W., *Przegrody przeszklone w architekturze energooszczędnej*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2004.
- [9] Barańska K., *Inteligentny i zrównoważony. Budynek biurowy DUO²*, „Architektura & Biznes” 2011, nr 11, s. 62, http://www.architekturaibiznes.com.pl/start.php?opt=sites&item_id=1640, dostęp 8.03.2020.

6. Wpływ obudowy budynku na jego charakterystykę energetyczną

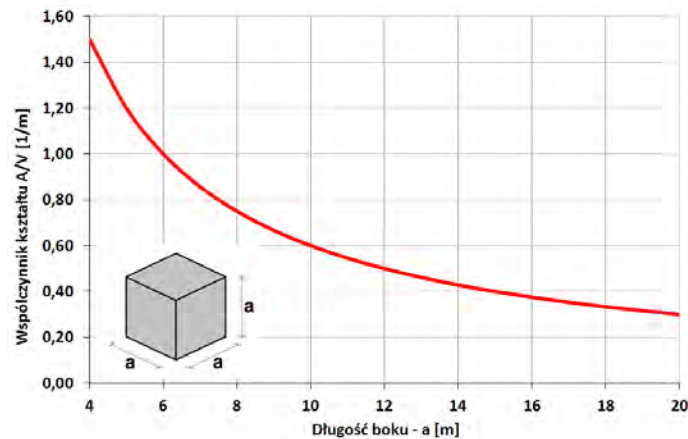
ŁUKASZ NOWAK

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA , WYDZIAŁ BUDOWNICTWA LĄDOWEGO I WODNEGO

W rozdziale omówiono podstawowe parametry obudowy budynku mające wpływ na jego energochłonność, którą można wykazać w jego projektowanej charakterystyce energetycznej. Podano przykłady ilościowe pokazujące wpływ danego rozwiązania na zmianę zapotrzebowania na energię do ogrzewania budynku zaprojektowanego zgodnie z wymogami Warunków Technicznych, które mają obowiązywać od 31 grudnia 2020 roku. Zapotrzebowanie to obliczono zgodnie z obowiązującym rozporządzeniem w zakresie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku.

6.1. Wprowadzenie

Znając obecne możliwości instalacyjne (wysokosprawne źródła ciepła, wentylacja z odzyskiem ciepła, wykorzystanie energii odnawialnej), można by postawić pytanie o to, po co zadawać sobie trud poszukiwania oszczędności energii w rozwiązaniach architektoniczno-budowlanych i stwarzać ograniczenia w zakresie kształtowania obudowy, doboru powierzchni przeszklonych czy lokalizacji elementów konstrukcyjnych. Może po prostu lepiej byłoby mieć pełną dowolność w kształtowaniu tych elementów, a energooszczędność zapewnić za pomocą odpowiedniej wysokosprawnej, efektywnej instalacji ogrzewania, chłodzenia, wentylacji, przygotowania ciepłej wody użytkowej czy oświetlenia. Lecz jeśli będziemy podążać drogą „tylko zaawansowanych rozwiązań instalacyjnych”, to nie powstanie architektura aktywna energetycznie. Dodatkowo istnieje ryzyko, że instalacja będzie też po części musiała pokrywać braki poprawnych rozwiązań obudowy. W myśl znanej wypowiedzi Colina Chapmana, że: *Zwiększanie mocy czyni cię szybszym na prostych. Redukcja*



Ryc. 1. Zależność między wielkością budynku o kształcie sześcianu a jego współczynnikiem kształtu (oprac. Ł. Nowak)

¹ Collin Chapman – brytyjski inżynier i konstruktor samochodów wyścigowych, założyciel firmy Lotus, (oryg. *Adding power makes you faster on the straights. Subtracting weight makes you faster everywhere.*)

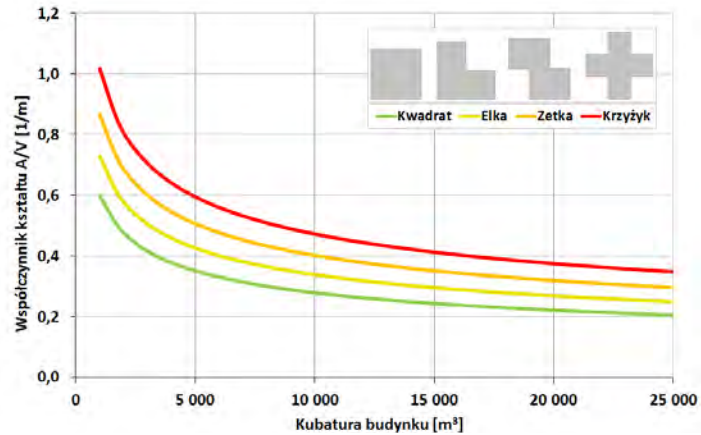
wagi czyni cię szybszym wszędzie [1]¹, odnoszącej się do projektowania samochodów wyścigowych, wprowadzenie efektywnych instalacji w nowo projektowanym budynku może uczynić go tylko częściowo energooszczędnym. Dopiero dostosowanie obudowy budynku do jego lokalizacji, przeznaczenia i wymogów użytkowników spowoduje, że będzie mógł stać się w pełni energoaktywny, a po uzupełnieniu o efektywne instalacje wewnętrzne – budynkiem optymalnie energooszczędnym. Na potwierdzenie tej tezy w niniejszym rozdziale przedstawiono podstawowe informacje związane z wykorzystaniem potencjału obudowy budynku (w tym architektury i konstrukcji) [2–4]. Zadaniem instalacji (ogrzewania, chłodzenia, wentylacji, przygotowania ciepłej wody użytkowej i oświetlenia) jest dopełnienie funkcji obudowy w zapewnianiu komfortu (ciepłego, wizualnego i akustycznego) użytkownikom możliwe jak najmniejszym kosztem dla środowiska nie tylko podczas eksploatacji budynku, ale w całym cyklu jego życia. Rozpoczęcie działań związanych z dobieraniem parametrów obudowy pojawia się już na etapie studiów przedprojektowych – już wtedy można ocenić potencjalną lokalizację obiektu i jej aspekty, które będą miały wpływ na efektywność energetyczną budynku. Działania te są kontynuowane na etapie koncepcji pełnobrańowej, projektu budowlanego i projektu wykonawczego.

6.2. Kształt obudowy budynku

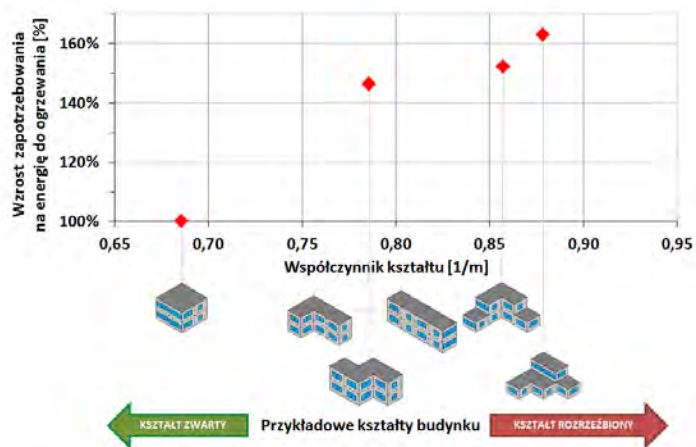
Kształt budynku jest zazwyczaj wypadkową wizji architekta i przeznaczenia obiektu, które są podporządkowane dostępnej działce i przepisom w zakresie lokalnych warunków zabudowy. Jest też istotnym parametrem budynku z energetycznego punktu widzenia. Wynika to z faktu, że tę samą funkcjonalność można „zamknąć” w różnym kształcie, czyli że daną kubaturę można ograniczyć mniejszą lub większą powierzchnią przegród tworzących obudowę budynku. Im większa ta powierzchnia, tym większe będą straty przez przenikanie. Dobrą praktyką projektową jest zatem poszukiwanie, tam gdzie to możliwe, uproszczeń kształtu w celu zwiększenia stopnia zwartości bryły, co skutkuje zmniejszeniem zapotrzebowania budynku na energię do ogrzewania.

Wskaźnikiem zwartości bryły, pozwalającym porównać warianty danego budynku o różnych rozwiązaniach kształtu obudowy, może być współczynnik kształtu A/V [1/m], który definiuje się jako stosunek powierzchni ograniczających daną bryłę do jej kubatury. Warto jednak wiedzieć, że współczynnik A/V ma też swoją specyfikę stosowania, ponieważ:

- nie powinno się porównywać kształtów budynków o różnej kubaturze, gdyż wielkość budynku wpływa na wartość współczynnika kształtu (ryc. 1) (prosty przykład – budynek w kształcie



Ryc. 2. Zależność między wielkością budynku o różnym kształcie rzutu (o tym samym polu) a jego współczynnikiem kształtu (oprac. Ł. Nowak)



Ryc. 3. Wzrost zapotrzebowania budynku, zaprojektowanego zgodnie z WT 2021, na energię użytkową do ogrzewania związany z kształtem bryły budynku jednorodzinnej o kubaturze ogrzewanej 700 m³ (czerwone punkty oznaczają wartość przyrostu zapotrzebowania na energię do ogrzewania dla danego kształtu bryły budynku) (oprac. Ł. Nowak)

sześcianu o boku 8 m będzie miał powierzchnię obudowy $A = 6 \times 8 \times 8 = 384 \text{ m}^2$, kubaturę $V = 8 \times 8 \times 8 = 512 \text{ m}^3$, więc współczynnik $A/V = 0,75 \text{ m}^{-1}$, natomiast sześcian o boku 9 m będzie posiadał współczynnik $A/V = 0,67 \text{ m}^{-1}$, a przecież kształt mają dokładnie taki sam),

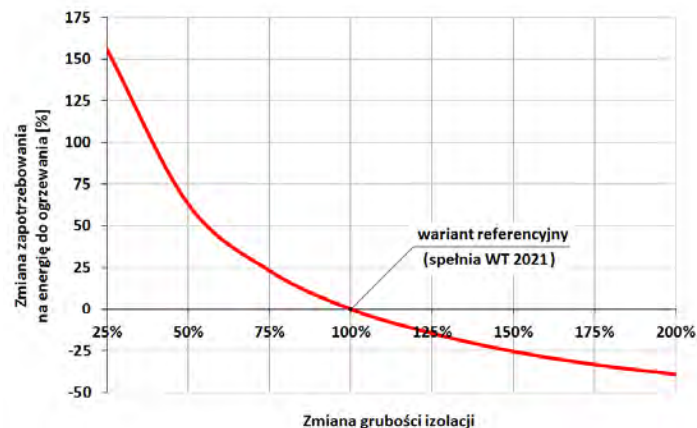
- porównywanie wariantów budynków o różnej liczbie kondygnacji (np. 2–3-kondygnacyjnych o większej powierzchni rzutu z 4–6-kondygnacyjnymi o mniejszej powierzchni rzutu) też może być czasami mylne – nie zawsze wariant o mniejszym A/V wypada lepiej energetycznie, co wynika z faktu, że izolacyjność przegród otaczających kubaturę budynku może nie być jednakowa (a tak należałoby założyć, porównując budynki tylko pod kątem wartości A/V) – można nawet powiedzieć, że nie do końca optymalny kształt da się w pewnej części zniwelować lepszym dociepleniem tych przegród, które mają największy udział powierzchniowy w obudowie,
- kształt zdecydowanie mocniej się zmienia w budynkach małych (jednorodzinnych) – tam drobne zmiany, np. wprowadzenie wykusa, lukarny lub wcięć powoduje dość szybkie „rozrzeźbienie” kształtu i wysokie wartości A/V ; dla budynków jednorodzinnych zazwyczaj przyjmuje się, że ich kształt można uznać za zwarty, jeśli współczynnik A/V jest nie większy niż 0,7–0,8 (co wyraźnie przedstawia lewa część wykresu na rycinie 2),
- w budynkach o dużej kubaturze (wielorodzinne, biurowe, użyteczności publicznej) znaczenie „rozcłódkowania” kształtu obudowy maleje, czyli współczynnik A/V staje się zdecydowanie mniej ważny – o ile wprowadzenie np. wykusa czy lukarny w budynku jednorodzinny dość istotnie zmienia kształt jego elewacji, o tyle zrobienie tego samego w budynku dużym, biorąc pod uwagę jego skalę wielkości, tak naprawdę zwiększa „chropowatość” jego elewacji (co pokazuje prawa część wykresu na rycinie 2).

Jednak o tym, że kształt obudowy rzeczywiście ma wpływ na zapotrzebowanie budynku na energię, świadczy wykres wzrostu zapotrzebowania na energię grzewczą w zależności od kształtu obudowy pokazany na rycinie 3. Wszystkie warianty przedstawiają mały budynek (np. jednorodzinny) zaprojektowany zgodnie z wymogami WT 2021, zbudowany z powtarzalnych segmentów o wymiarach 5,0 × 5,0 × 3,5 m (długość × szerokość × wysokość), z tą samą liczbą okien na elewacjach (N – 2 szt., S – 12 szt., W i E – po 6 szt.). Segmenty te zostały połączone w taki sposób, aby zapewnić tę samą funkcjonalność – kubaturę ogrzewaną równą 700 m³. Porównując wartości, można zauważyć, że optymalnym kształtem jest kostka (najmniejsze zapotrzebowanie na energię). Jeśli zacznie się ją coraz bardziej „rozrzeźbiać”, to otrzyma się większe zapotrzebowanie na energię grzewczą nawet o ponad 60% w przypadku kształtu ostatniego. Istnieją też kształty równoważne (budynek o rzucie w kształcie litery L, Z czy I), które charakteryzują się takim samym zużyciem energii cieplnej.

6.3. Izolacyjność cieplna obudowy budynku w skali makro i mikro

Redukcja strat ciepła w wyniku jego przenikania przez obudowę w budynkach o małych wewnętrznych zyskach cieplnych (głównie budynki mieszkalne) powinna być pierwszym krokiem na drodze do architektury energoaktywnej. Należy się tu kierować zasadą „najpierw dobra obudowa, potem dobre instalacje”. Zmniejszanie takich strat w dużej mierze polega na zwiększaniu izolacyjności cieplnej przegród przez zastosowanie grubszych warstw izolacji i/lub lepszej izolacji, tj. o niższej wartości współczynnika przewodzenia ciepła – λ [W/(m·K)], co w efekcie pozwala na osiągnięcie niższych wartości współczynnika przenikania ciepła U [W/(m²·K)] dla przegród w obudowie budynku.

Jednak efektywność zwiększania izolacyjności cieplnej obudowy ma swoje granice, zarówno pod względem energetycznym (czy dwa razy grubsza izolacja spowoduje dwa razy mniejsze straty ciepła?), jak i ekonomicznym (czy poniesione koszty na większą grubość izolacji zwrócą się w niższych kosztach eksploatacji w sensownym czasie?). O ile na drugie pytanie trudno odpowiedzieć jednoznacznie, bo zależy to od ceny materiału izolacyjnego, robocizny, jego trwałości oraz potencjalnych zysków w postaci niższych kosztów eksploatacji (wymaga to więc indywidualnej oceny dla konkretnego budynku), o tyle w przypadku pierwszego można uwzględnić pewną zależność przedstawioną na rycinie 4.



Ryc. 4. Wpływ zmiany grubości izolacji na zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania (oprac. Ł. Nowak)

Gdy przyjmie się, że dany mały budynek (np. jednorodzinny) został zaprojektowany tak, aby spełniał wymogi na 2021 rok, tj. grubość izolacji w przedziale 12–30 cm, średnia izolacyjność obudowy $U_{C,śr} = 0,122$ W/(m²·K), a jego zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania jest wartością referencyjną, to okazuje się, że dalsze zwiększanie grubości przynosi już dość słabe efekty. Aby jednak obiekt stał się pasywny, trzeba by izolację jeszcze dwukrotnie (czyli o 100%) zwiększyć, tj. grubość izolacji w przedziale 24–60 cm, a średnia izolacyjność obudowy $U_{C,śr} = 0,075$ W/(m²·K) – wtedy budynek energetycznie „poprawi się” o 39%. Nawet nieznaczne zmniejszenie grubości izolacji powoduje natomiast dość szybki spadek parametrów charakterystyki cieplnej budynku – przykładowo, aby budynek analogicznie „pogorszyć” o 39%, wystarczy zmniejszyć grubość o 38%, tj. grubość izolacji – 7–18 cm, średnia izolacyjność obudowy $U_{C,śr} = 0,164$ W/(m²·K). Zmniejszenie izolacji o 75% skutkuje z kolei tym, że budynek będzie miał zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania większe o 156%, czyli będzie potrzebował jej ponad 2,5 razy więcej.

W przypadku innych typów budynków różnice procentowe w zapotrzebowaniu na energię mogą odbiegać od przedstawionych. Natomiast w budynkach o dużych wewnętrznych zyskach ciepła

(np. biurowych, usługowych, przemysłowych) nie zawsze większa grubość izolacji przekłada się na zysk energetyczny.

O ile izolacyjność cieplna przegród w skali makro (czyli całych przegród) jest dość łatwa do zapewnienia (w skrócie, więcej izolacji = trochę lepiej energetycznie, mniej izolacji = zauważalnie gorzej), o tyle izolacyjność cieplna przegród w skali mikro, o którą należy zadbać w połączeniach między przegrodami (naroża, węzły konstrukcyjne, wieńce, nadproża itp.), bywa często zaniedbywana. Izolacyjność cieplna w skali mikro to dodatkowy przepływ ciepła związany z geometrią i wzajemnym ułożeniem materiałów w złączach konstrukcyjnych obudowy. Miejsca tego dodatkowego przepływu ciepła zwane są mostkami termicznymi (lub cieplnymi) i można je sobie wyobrazić jako tzw. zimne krawędzie (liniowe mostki cieplne – występują na styku dwóch lub więcej przegród albo w miejscach, w których na danym odcinku pojawia się zmiana materiału) czy też jako tzw. zimne punkty (punktowe mostki cieplne – w miejscach, w których w danym punkcie pojawia się zmiana materiału) w obudowie budynku. Warto zaznaczyć, że mostków termicznych praktycznie nie da się wyeliminować, więc zadaniem projektowym jest maksymalne ograniczenie ich wpływu (zminimalizowanie tego dodatkowego przepływu ciepła). Można uznać, że jeśli udział mostków cieplnych w detalach konstrukcyjnych będzie stanowić do 10% ogólnych strat ciepła przez przenikanie, to są to rozwiązania dobre, a do 5% – rozwiązania bardzo dobre.

Mostki termiczne mogą powstać wskutek czterech podstawowych błędów:

- przerwania ciągłości izolacji cieplnej w przegrodzie,
- lokalnego zmniejszenia grubości izolacji cieplnej w przegrodzie,
- wstawienia elementu z materiału dobrze przewodzącego ciepło w warstwy sąsiadujące z izolacją cieplną,
- zbyt skomplikowanej geometrii danego połączenia przegród w obudowie budynku.

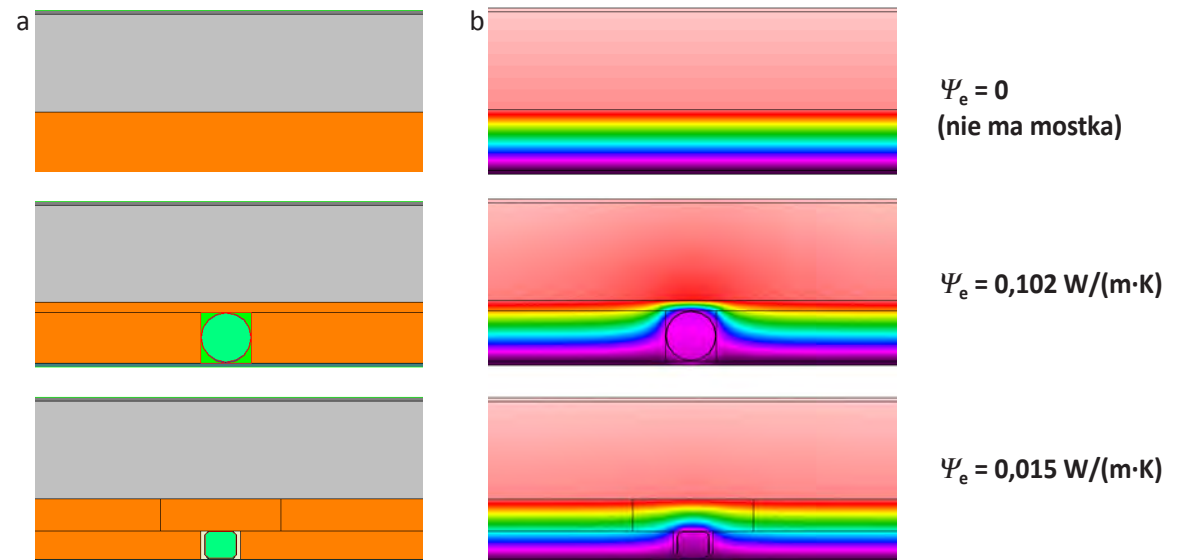
Podsumowując, tak naprawdę powyższe błędy mogą powstać zarówno przez brak informacji w projekcie (odpowiednio rozrysowane detale konstrukcyjne), jak i niedbałość lub niewiedzę wykonawcy budynku. Jakościowe podejście do minimalizacji mostków polega na stosowaniu właściwych rozwiązań i dobrych praktyk projektowych, czyli przede wszystkim:

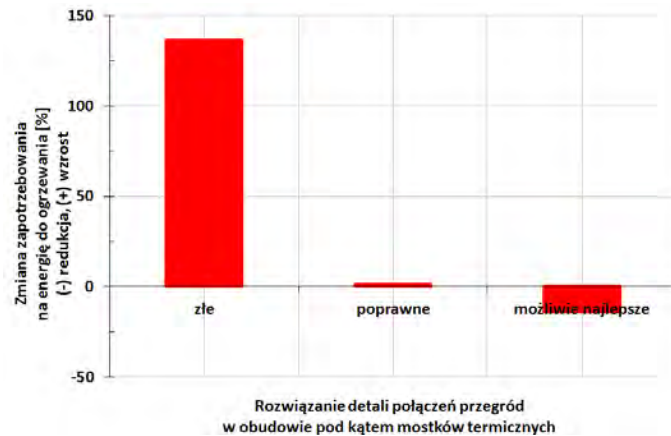
- możliwie bezwzględny zachowaniu ciągłości i stałej grubości warstwy izolacji w danej przegrodzie,
- osadzaniu okien, okien połaciowych, drzwi, bram garażowych i innych elementów w przegrodach tak, aby były „płynnym przedłużeniem” warstwy izolacji,

- unikaniu w przegrodach wtrąceń z materiału o dużej przewodności cieplnej (nadproża, wieńce, słupy), a jeśli takowe są nie do wyeliminowania, to docieplaniu tych miejsc dodatkową warstwą izolacji (oprócz tej podstawowej),
- ograniczaniu punktowych przebieg naruszających integralność izolacji cieplnej (np. kotwy lub większe elementy konstrukcyjne), a jeśli są nie do uniknięcia, to stosowaniu możliwie najłabszych przewodników cieplnych (np. stali nierdzewnej, tworzyw sztucznych) lub wprowadzaniu konstrukcyjnych elementów termoizolacyjnych w np. balkonach,
- docieplaniu niewralgicznych miejsc w taki sposób, aby maksymalnie wydłużyć drogę ucieczki ciepła przez element naruszający ciągłość izolacji od miejsca nieciągłości przez co najmniej 1–1,5 m w kierunku potencjalnej drogi ucieczki ciepła.

Ilościowe podejście polega natomiast na obliczeniu wartości tzw. liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ [W/(m·K)] dla każdego mostka cieplnego, zgodnie z zasadami podanymi w [4], po uprzednim zastosowaniu się do zasad jakościowych, tj. zalecanych wartości współczynnika Ψ . Obliczone wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła są potem uwzględniane w obliczeniach charakterystyki energetycznej budynku. Przedstawiony na rycinie 5 przykładowy

Ryc. 5. Schematy ściany zewnętrznej zaprojektowanej zgodnie z WT 2021: a) układy warstw i materiałów w przegrodzie; b) rozkład pola temperatur z policzonymi współczynnikami przenikania ciepła dla mostka termicznego dla (od góry): ściany referencyjnej bez wbudowanej rury spustowej, (środek) nieprawidłowego rozwiązania – ściany z wbudowaną okrągłą rurą spustową stalową, (dół) prawidłowego rozwiązania – ściany z ukrytą, prostokątną rurą spustową z PVC z dodatkowym ociepleniem (oprac. Ł. Nowak)





Ryc. 6. Wpływ mostków cieplnych przy różnie rozwiązanych detalach konstrukcyjnych na zmianę zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania budynku zaprojektowanego zgodnie z WT 2021 (oprac. Ł. Nowak)

schemat ściany zewnętrznej z ukrytą rynną pokazuje często popełniany błąd – stosowanie ukrytych w izolacji stalowych rur spustowych o okrągłym kształcie, co znacznie zmniejsza grubość izolacji w tym miejscu, powodując dość duży mostek termiczny – współczynnik $\Psi_e = 0,102 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Sytuację można poprawić poprzez zastosowanie rur spustowych PVC o prostokątnym przekroju. To pozwala na zwiększenie grubości izolacji pod nimi poprzez lepszą izolację (o niższym współczynniku λ) w tej okolicy. W ten sposób można uzyskać wartość współczynnika $\Psi_e = 0,015 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, czyli prawie siedmiokrotnie mniejszą niż w rozwiązaniu powyżej.

Czy mostki termiczne mają rzeczywiście tak duży wpływ na budynek jako całość? Okazuje się, że tak, co zobrazowano na rycinie 6. W przykładowym budynku przyjęto trzy rodzaje podejścia projektowego do rozwiązywania detali połączeń elementów obudowy budynku:

- złe – przede wszystkim niezachowywanie ciągłości izolacji,
- poprawne – zgodnie z zasadami, ale przy możliwie niskim koszcie rozwiązań,
- możliwie optymalne – najlepsze obecnie dostępne rozwiązania na rynku, często również odpowiednio droższe.

Z przedstawionych danych wynika, że już podejście poprawne, choć ekonomiczne, daje bardzo dobre rezultaty i w większości budynków energooszczędnych się sprawdzi (np. maksymalnie pełna ciągłość izolacji, stosowanie węgarów z izolacji zachodzącej na ramę okna, wydłużona izolacja cieplna w ścianach fundamentowych lub termoizolacyjne bloczki fundamentowe, stosowanie konstrukcyjnych elementów termoizolacyjnych).

Dążąc do wysokiego standardu energetycznego budynku, warto jednak sięgnąć po rozwiązania jak najlepsze (np. praktycznie pełna ciągłość izolacji, tzw. ciepły montaż stolarki, czyli umieszczenie jej w warstwie izolacji, płyta fundamentowa leżąca na izolacji cieplnej, zewnętrzne elementy niezwiązane cieplnie z budynkiem: dostawiane balkony, loggie, werandy) – wtedy uda się poprawić charakterystykę energetyczną budynku jeszcze o kilka procent.

Zlekceważenie zjawiska mostków cieplnych i niezachowanie kluczowej „zasady ciągłości warstwy izolacji” wokół obudowy budynku potrafi natomiast „pogorszyć” energetycznie budynek nawet ponad dwukrotnie (a tak naprawdę tym bardziej go pogorszy, im lepiej był zaizolowany – procentowy udział mostków w stratach ciepła rośnie wraz ze zwiększaniem izolacyjności cieplnej obudowy).

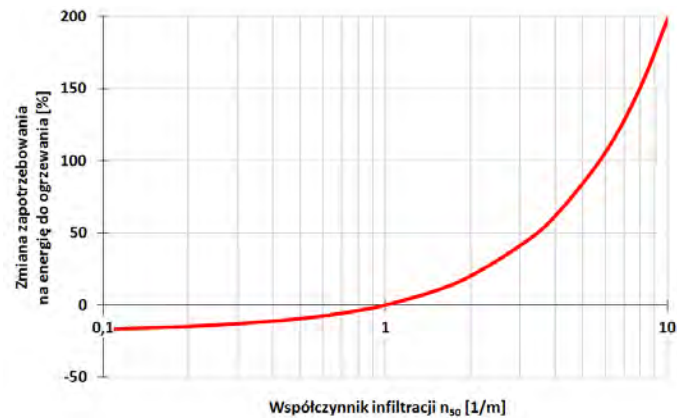
6.4. Szczelność powietrzna obudowy budynku

Szczelność powietrzna budynku jest to jego odporność na próby przenikania powietrza (infiltracji i eksfiltracji) przez nieszczelności obudowy (przez szczeliny, pory lub mikropęknięcia w przegrodach zewnętrznych, przy zamkniętych oknach i drzwiach oraz z pominięciem wymiany powietrza kanałami wentylacyjnymi). Szczelność staje się tym istotniejsza, im lepszy standard energetyczny budynku chce się osiągnąć – nawet do tego stopnia, że bez odpowiedniej szczelności budynek może nie spełnić wymogów określonego standardu (np. budownictwa pasywnego). Szczelność powietrzna określana jest współczynnikiem n_{50} – opisującym liczbę wymian (krotność) powietrza w całej objętości budynku w czasie godziny przy różnicy ciśnienia wewnętrznego i zewnętrznego w wysokości 50 Pa, stąd jej jednostka 1/h. Ocenę szczelności budynku przeprowadza się za pomocą testu blower door.

Szczelność powietrzna jest istotnym parametrem efektywności energetycznej, należy zatem pamiętać, że osiągnięcie wyższej jej wartości (niższej wartości n_{50}) zwykle wiąże się z większymi kosztami inwestycyjnymi (kosztami rozwiązań, tj. taśm i kołnierzy uszczelniających, mas wypełniających i tynkarskich itp.). W związku z tym szczelność powietrzna powinna być dobierana w powiązaniu z projektowanym standardem energetycznym budynku i rodzajem zastosowanej wentylacji. Przy wentylacji grawitacyjnej niekontrolowana infiltracja lub eksfiltracja powietrza przez nieszczelności obudowy jest niekorzystna, ponieważ kierunek przepływu jego strumienia zmienia się w zależności od układu ciśnienia na zewnątrz i w budynku. Z tego powodu napływ powietrza kompensacyjnego do pomieszczeń wentylowanych grawitacyjnie powinien odbywać się poprzez specjalne otwory, tzw. nawietrzaki, które mogą być sterowane np. różnicą ciśnień. Przy wentylacji mechanicznej wysoka szczelność budynku jest również istotna, gdyż poprawia sprawność działania wentylacji, której jednym z zadań (oprócz usuwania zużytego powietrza i dostarczania nowego) jest eliminacja nadmiaru pary wodnej. Zaleca się szczelność powietrzną na poziomie:

- $n_{50} \leq 0,6$ 1/h – dla budynków pasywnych,
- $n_{50} \leq 1,0$ 1/h – dla budynków niskoenergetycznych,
- $n_{50} \leq 1,5$ 1/h – dla budynków standardowych z wentylacją mechaniczną,
- $n_{50} \leq 3,0$ 1/h – dla budynków standardowych z wentylacją grawitacyjną.

Budynki o współczynniku szczelności powyżej 4,0 1/h można uznać za nieszczelne powietrznie.



Ryc. 7. Wpływ szczelności powietrznej budynku, zaprojektowanego zgodnie z WT 2021, na zmianę jego zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania (oprac. Ł. Nowak)

Przyczyn niskiej szczelności powietrznej może być wiele i często wiążą się one z niewłaściwie wykonanymi pracami budowlanymi, jednak część z nich może również wynikać z braku pewnych opisów, które powinny być zawarte w projekcie. Najczęściej pojawiające się przyczyny to:

- brak regulacji lub złe wyregulowanie okuć w oknach i drzwiach balkonowych,
- niewłaściwy montaż okien lub drzwi w przegrodach zewnętrznych – niestosowanie taśm okiennych lub systemowych rozwiązań uszczelniających powietrznie szczelinę montażową okna,
- pęknięcia, ubytki lub dziury w tynkach na przegrodach zewnętrznych,
- brak tynków wewnętrznych w miejscach niewidocznych (szachty instalacyjne, ściany przeznaczone pod suchą zabudowę) – a to tynk często stanowi warstwę szczelną powietrznie,
- nieuszczelniane kłapy do nieogrzewanego poddasza,
- stosowanie tanich taśm zbrojonych (typu duct tape) zamiast taśm samowulkanizujących specjalnie do tego przeznaczonych – trwałość i jakość tych pierwszych jest zbyt niska, aby zapewnić szczelność budynku przez cały okres eksploatacji,
- brak hermetycznych puszek przy włącznikach ściennych, gniazdkach elektrycznych i oprawach oświetleniowych, brak odpowiednich kołnierzy uszczelniających przyłącza elektryczne i wodno-kanalizacyjne,
- brak kontynuacji powłoki szczelnej (tynk) w miejscu wieńców stropowych – wokół wieńca powinna być położona folia, która łączy tynki obu kondygnacji,
- niewłaściwie wykonane połączenia (np. zbyt mały zakład) folii paroizolacyjnej w połączeniach dachowych,
- naruszanie integralności powłoki szczelnej powietrznie za pomocą gwoździ, wkrętów lub innych elementów montażowych.

Wykres przedstawiony na rycinie 7 pokazuje wpływ szczelności powietrznej na zmianę zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania (w skali logarytmicznej). Jako punkt odniesienia (bazowy) przyjęto współczynnik szczelności $n_{50} = 1,0$ 1/h. Poprawa szczelności do poziomu $n_{50} = 0,6$ 1/h spowodowałaby zmniejszenie zapotrzebowania o 8%. Pogorszenie szczelności do poziomu $n_{50} = 3,0$ 1/h zwiększyłoby zapotrzebowanie o dodatkowe 41%, a do poziomu $n_{50} = 10,0$ 1/h (obudowa o dużych problemach ze szczelnością) – o prawie 200%, co przekłada się na trzykrotnie większą wartość wskaźnika EU_H .

O ile szczelność powietrzną zwykle zakłada się na etapie projektowym, o tyle po weryfikacji za pomocą testu blower door i ewentualnych poprawkach warstw szczelności powietrznej w budynku można skorygować obliczenia projektowanej charakterystyki energetycznej o rzeczywiste wartości n_{50} .

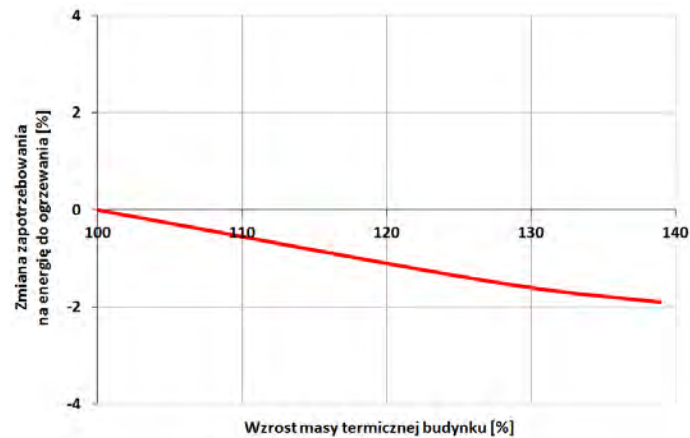
6.5. Masa termiczna budynku

Masa termiczna budynku jest to jego zdolność do akumulowania energii w postaci:

- ciepła pochodzącego z zysków od promieniowania słonecznego i zysków wewnętrznych (użytkownicy budynku, wyposażenie pomieszczeń, oświetlenie), które może wspomóc system ogrzewania,
- chłodu powstałego w wyniku nocnego przewietrzania lub schładzania wodą poprzez system kanałów lub rur, mogącego wspomóc system chłodzenia w wierzchnich, licząc od strony wnętrza budynku, masywnych warstwach przegród.

Ponieważ zakłada się, że okres gromadzenia i późniejszego wykorzystania zysków zakumulowanych odbywa się w cyklu dobowym, największe znaczenie mają materiały znajdujące się w pierwszych 10 cm przegrody, licząc od jej lica wewnętrznego [5], natomiast w konstrukcji drewnianej – w pierwszych 2,5 cm. Masa termiczna zależy od ciepła właściwego, gęstości materiału i grubości warstw budujących przegrodę w tych pierwszych 10 cm. Warto tu jednak zaznaczyć, że masywne warstwy o dużej akumulacyjności będą mało skuteczne, jeśli zasłoni się je nawet cienką warstwą izolacji – wtedy znacznie stracą na swojej efektywności gromadzenia ciepła.

Akumulacja ciepła najlepiej zachodzi w materiałach masywnych (o dużej masie i/lub dużej pojemności cieplnej, np. betonie, żelbecie, kamieniach naturalnych), a jej efektywna lokalizacja to głównie powierzchnie przegród wewnętrznych, np. ścian, stropów lub podłóg na gruncie, wystawionych na bezpośrednie działanie promieniowania słonecznego. Mówi się wtedy o tzw. radiacyjnej masie termicznej (ciepło przekazywane do przegrody wskutek promieniowania słonecznego), w odróżnieniu od konwekcyjnej masy termicznej (ciepło przekazywane do przegrody wskutek omywania ciepłym, nagrzanym powietrzem w budynku), która jest kilkukrotnie mniej skuteczna. Warto jednak pamiętać, że masa termiczna wskutek nagrzewania się może spowodować wzrost średniej temperatury promieniowania przegród akumulujących ciepło, co może pogorszyć warunki komfortu cieplnego, a w okresie letnim wymagać intensywniejszego (bardziej kosztownego) schładzania.

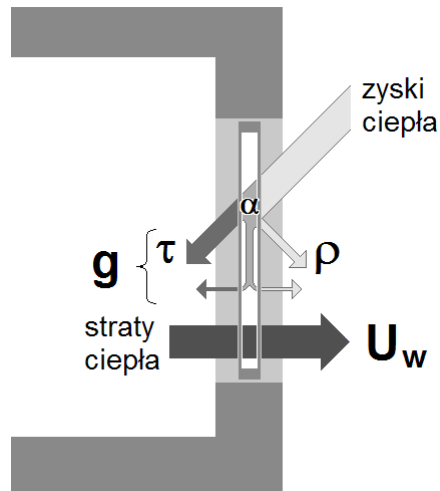


Ryc. 8. Wpływ masy termicznej budynku, zaprojektowanego zgodnie z WT 2021, na jego zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania (oprac. Ł. Nowak)

Na rycinie 8 przedstawiono ten sam budynek jednorodzinny, o ścianach zewnętrznych o takiej samej izolacyjności, ale wykonanych z trzech materiałów, w kolejności od najmniejszej do największej masy termicznej: betonu komórkowego, cegły pełnej i żelbetu. Obliczona masa termiczna całego budynku po zastosowaniu ścian z cegły pełnej wzrasta o 27%, a żelbetu o 38% w stosunku do wariantu z betonu komórkowego. Wraz ze wzrostem masy termicznej budynku spada jego zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania, aczkolwiek są to niewielkie różnice, bo odpowiednio 1,5% i 2,0%.

Wynika z tego, że w budynkach mieszkalnych wpływ masy termicznej jest praktycznie znikomy i o ile budynki w wariacie o masywniejszej konstrukcji wypadają minimalnie lepiej niż ich „lżejsze” odpowiedniki, o tyle zwiększanie masy termicznej w celach poprawy charakterystyki energetycznej budynku nie jest uzasadnione ekonomicznie. W przypadku budynków niemieszkalnych (biurowych, komercyjnych itp.), w których wykorzystywane są również aktywne systemy chłodzenia (instalacje), zwiększanie oraz wykorzystanie masy termicznej jest zwykle korzystne w kontekście energetycznym.

Jednak jest jeszcze jeden aspekt, którego metodologia obliczania charakterystyki energetycznej budynku nie jest w stanie poprawnie wykazać, ze względu na to, że jest to metoda bilansowa miesięczna. Mianowicie, wpływ masy termicznej na zmniejszenie ryzyka przegrzewania się pomieszczeń lub zmniejszenia ilości energii potrzebnej do chłodzenia w okresie letnim. W tym celu stosowana jest strategia nocnego schładzania masy termicznej (free cooling w okresie nocnym) za pomocą systemu wentylacji – w ciągu dnia masywne przegrody pochłaniają pewną ilość ciepła, opóźniając ryzyko przegrzania (nie są w stanie temu zapobiec w 100%), przez co opóźniają moment włączenia się aktywnego systemu chłodzenia (więc w ciągu dnia chłodzenie pracuje krócej), co w skali roku przynosi zauważalne oszczędności energii. W ciągu nocy musi jednak nastąpić rozładowanie ciepła zgromadzonego w masie termicznej poprzez otwarcie odpowiednich okien i klap dachowych, które wskutek ruchów powietrza (konwekcji) omywają powierzchnie przegród masywnych, odbierają ciepło i usuwają je na zewnątrz – w ten sposób schłodzony budynek jest przygotowany na kolejny dzień. Funkcją masy termicznej jak najbardziej mogą pełnić elementy konstrukcyjne (betonowe, żelbetowe, stalowe), które ze względu na ich zadania i użyte materiały mają dużą zdolność do akumulowania ciepła. Należy tylko pamiętać, że masa termiczna nie może być osłonięta materiałami słabo przewodzącymi ciepło (płyty G-K, płyty OSB, drewno, tynki gipsowe, tworzywa sztuczne, materiały izolacyjne itp.), bo wtedy znacznie spada efektywność akumulacji.



Ryc. 9. Prosty schemat bilansu cieplnego przegrody przezroczystej. Zyski cieplne pochodzą z sumy promieniowania słonecznego przepuszczonego (τ) oraz z części promieniowania zaabsorbowanego (α) przez materiał szyby, a następnie wypromieniowanego do wnętrza budynku. Straty ciepła przez przeszklenie powstają wskutek procesu przenikania ciepła (oprac. Ł. Nowak)

6.6. Przeszklenia – dobór parametrów powierzchni przeszklonych

Clarke, Janak i Ruyssevelt potwierdzają, że *Powszechnie znany jest fakt, że przeszklenia w obudowie budynku są, z energetycznego i środowiskowego punktu widzenia, jednocześnie jej najsłabszą i najmocniejszą częścią* [6, s. 1]². Jednoznacznie wskazuje to, że okna często mogą być jednocześnie i zaletą, i wadą, w zależności od tego, z jakiego punktu widzenia analizuje się budynek. Okno będące przykładem tzw. przegrody przeszklonej (przezroczystej) jako jedyny element obudowy może być źródłem zarówno istotnych strat ciepła (wskutek przenikania), jak i jego zysków (pochodzących od promieniowania słonecznego), co przedstawiono na rycinie 9. Należy w tym miejscu też wspomnieć, że promieniowanie słoneczne padające na przeszklenie dzieli się na część przepuszczoną (τ), odbitą (ρ) oraz na zaabsorbowaną (α) przez materiał szyby, a następnie wypromieniowaną do wnętrza budynku i na zewnątrz.

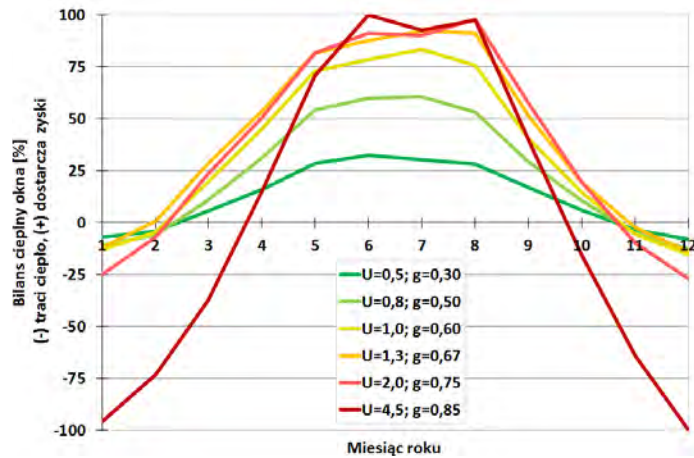
Parametrem określającym zyski cieplne przeszklenia jest współczynnik g [–], czyli współczynnik całkowitych zysków słonecznych (lub całkowitej przepuszczalności energii promieniowania słonecznego). Jest on sumą promieniowania słonecznego przepuszczonego oraz części promieniowania zaabsorbowanego, a następnie wypromieniowanego do wnętrza budynku. Współczynnik g osiąga wartości w przedziale 0–1.

Parametrem charakteryzującym straty ciepłe przez przeszklenie jest współczynnik U_w [$W/(m^2 \cdot K)$], czyli współczynnik przenikania ciepła przez przeszklenie, który jest wypadkową uwzględniającą izolacyjność cieplną oraz udział powierzchni zestawu szybowego i zastosowanej ramy, a także sposób połączenia tych elementów. Sposób obliczenia współczynnika U_w systematyzuje norma [7].

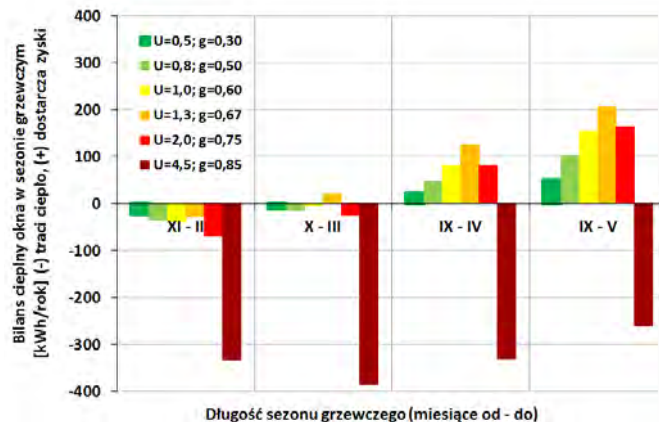
Dodatkowo należy wspomnieć o parametrze odpowiedzialnym za dostępność światła dziennego. Jest to współczynnik LT [–], czyli współczynnik przepuszczalności światła dziennego, które jest częścią promieniowania słonecznego w zakresie widzialnym (długość fali 380–780 nm), przepuszczonego do wnętrza budynku. Współczynnik LT osiąga wartości w przedziale 0–1.

Dwoistość okna wynikająca z jego udziału zarówno w zyskach, jak i stratach ciepła w budynku skutkuje tym, że aspekt potencjalnych zysków cieplnych z promieniowania słonecznego w okresie zimowym ma wydźwięk pozytywny (bo wspomagają one energetycznie budynek poprzez odciążenie systemu ogrzewania), a w okresie letnim negatywny (bo mogą powodować przegrzewanie się pomieszczeń lub zwiększać ilość energii potrzebnej do chłodzenia). Dodatkowo parametry przeszkleń wpływają bezpośrednio na dostępność światła dziennego, które jest niezbędne do prawidłowego

² Oryg. *From an energy and environment viewpoint, it is well understood that the glazed component of a building is, at the same time, the weakest and strongest element.*



Ryc. 10. Miesięczne bilanse cieplne okna (zyski i straty ciepła) w zależności od jego jakości energetycznej określonej przez współczynniki U_w i g (oprac. Ł. Nowak)



Ryc. 11. Bilans cieplny okna w zależności od długości sezonu grzewczego i od jakości energetycznej określonej przez współczynniki U_w i g (oprac. Ł. Nowak)

funkcjonowania użytkowników, ale pod warunkiem jego odpowiedniej ilości – za małą ilość światła zwiększa udział sztucznego oświetlenia, za duża prowadzi do dyskomfortu wizualnego, w tym olśnienia.

Za „dobre energetycznie” przeszklenia w budynkach o małych wewnętrznych zyskach ciepła i bez aktywnego systemu chłodzenia można zazwyczaj uznać takie, które mają możliwie najmniejsze straty przy możliwie największych zyskach. W przypadku budynków o dużych zyskach wewnętrznych i/lub dodatkowo wyposażonych w system chłodzenia każdorazowo należy przeanalizować parametry szkła, czyli U_w , g i LT , oraz uwzględnić ilość energii zużywanej przez oświetlenie.

Wykres przedstawiony na rycinie 10 pokazuje średni miesięczny bilans cieplny okna dla Wrocławia, dla różnych przeszkleń. Wartości ujemne oznaczają, że dany typ przeszklenia, w danym miesiącu w roku przyniesie więcej strat niż zysków energetycznych, a wartości dodatnie – że jednak przeważają zyski ciepłe. Widać, że im lepsze przeszklenie (bardziej zaawansowane technologicznie), tym mniej ujemne bilanse zimowe i mniej dodatnie letnie (tab. 1).

Wstępny wniosek, jaki się nasuwa, to ten, że dobre okno powinno mieć możliwie jak najbardziej płaski przebieg tego wykresu, czyli:

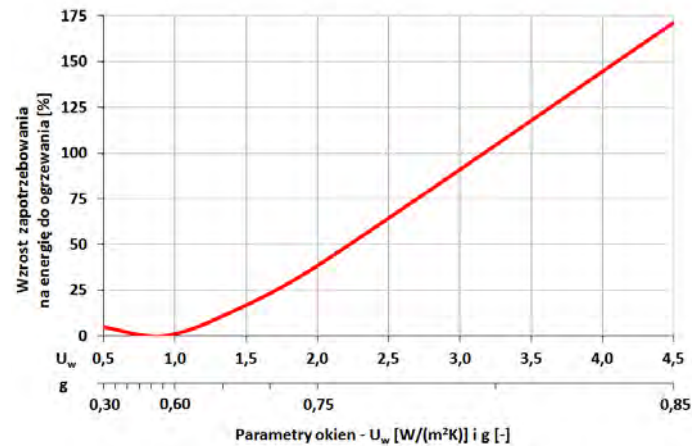
- w zimie – dość duże zyski słoneczne pokrywają większość strat ciepła przez przeszklenie,
- w lecie – sumaryczne zyski ciepła od słońca i wewnętrzne są możliwie jak najmniejsze, ze względu na zwiększanie ryzyka przegrzewania się pomieszczeń lub wzrost ilości energii potrzebnej do chłodzenia.

Jednak nie zawsze najlepszym rozwiązaniem dla każdego budynku są najbardziej zaawansowane okna, gdyż nie każdy budynek jest tak samo długo ogrzewany i/lub chłodzony. Ze względu na standard energetyczny budynki mogą się różnić tzw. długością sezonu grzewczego i chłodniczego – np. najkrócej są ogrzewane budynki o najwyższych standardach energetycznych, np. pasywne, trochę dłużej obiekty niskoenergetyczne lub standardowe, a najdłużej budynki stare.

W wypadku minimalizacji energii na cele grzewcze najważniejsza jest ilość dostępnych zysków cieplnych w całym sezonie, a jak wynika z ryciny 11 w zależności od jego długości bilans okien może być różny. Najstabilniej wypadają przeszklenia o najniższej jakości energetycznej ($U = 4,5$; $g = 0,85$), w których straty ciepła są tak duże, że nie da rady ich pokryć zyskami słonecznymi niezależnie od długości sezonu grzewczego – czyli są niezalecane niezależnie od standardu energetycznego budynku. Można też zauważyć, że przy założeniu bardzo krótkiego sezonu grzewczego (listopad–luty)

Tab. 1. Typowe, orientacyjne parametry przeszkleń w zależności od ich rozwiązań konstrukcyjnych i technologicznych (oprac. Ł. Nowak, przy wykorzystaniu [1, 5])

Lp.	OPIS PRZESZKLENIA	Współczynnik przenikania ciepła U_w	Współczynnik całkowitych zysków słonecznych g	Współczynnik przepuszczalności światła dziennego LT
		[W/(m ² ·K)]	[-]	[-]
1	poczwórnie szklone (4 szyby bezbarwne), przestrzeń międzyszybowa wypełniona gazem szlachetnym, zastosowana powłoka niskoemisyjna, ramy z PVC ze wzmocnieniami stalowymi (duży ciężar zestawu szybowego)	0,5	0,30	0,45
2	potrójnie szklone (3 szyby bezbarwne), przestrzeń międzyszybowa wypełniona gazem szlachetnym, zastosowana powłoka niskoemisyjna, ramy z PVC ze wzmocnieniami stalowymi	0,8	0,50	0,60
3	podwójnie lub potrójnie szklone (2–3 szyby bezbarwne), przestrzeń międzyszybowa wypełniona gazem szlachetnym, zastosowana powłoka niskoemisyjna, ramy z PVC ze wzmocnieniami stalowymi, ale czasami ze wzmocnieniami z kompozytu wzmocnionego włóknem szklanym (wtedy niższe U_w)	1,0	0,60	0,65
4	podwójnie szklone (2 szyby bezbarwne), przestrzeń międzyszybowa wypełniona gazem szlachetnym, zastosowana powłoka niskoemisyjna, ramy z PVC ze wzmocnieniami stalowymi	1,3	0,67	0,70
5	podwójnie szklone (2 szyby bezbarwne), przestrzeń międzyszybowa wypełniona powietrzem, bez powłok, ramy drewniane	2,0	0,75	0,80
6	pojedynczo szklone (1 szyba bezbarwna), bez powłok, ramy drewniane	4,5	0,85	0,90



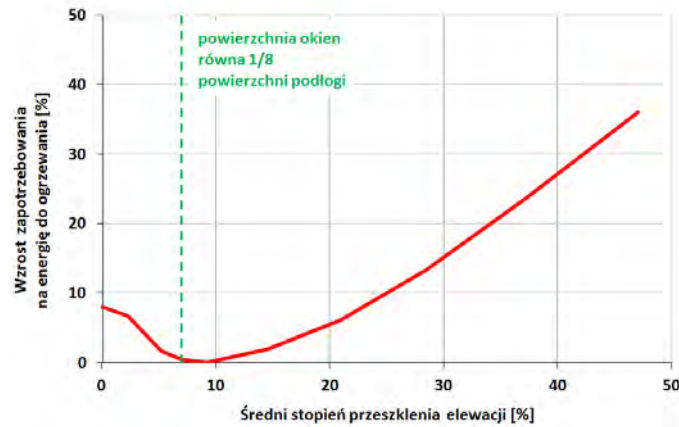
Ryc. 12. Zależność zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania budynku, zaprojektowanego zgodnie z WT 2021, od parametrów przeszkleń (oprac. Ł. Nowak)

wszystkie przeszklania mają ujemny bilans cieplny, ale najkorzystniejsze rezultaty osiągają (mają najmniejsze straty) przeszklania „najlepsze” ($U = 0,5$; $g = 0,30$), a zaraz za nimi przeszklania o wskaźnikach: $U = 1,3$ i $g = 0,67$. Pozostałe wypadają podobnie, jednak nieco gorzej (bardziej ujemne wartości). Gdy zaczyna się wydłużać sezon grzewczy, najlepsze okazują się przeszklania o średnich parametrach ($U = 1,3$; $g = 0,67$), które albo jako jedyne mają niewielkie zyski energetyczne (październik–marzec), a pozostałe są nieco ujemne (oscylują wokół zera, ich bilans się praktycznie równoważy), albo mają zdecydowanie największe zyski ze wszystkich (wrzesień–kwiecień i wrzesień–maj). Należy jednak pamiętać, że w obliczeniach uwzględniono zyski dostępne, czyli docierające do okien, a to, ile z nich zostanie wykorzystane, zależy od wielu czynników m.in. od masy termicznej budynku.

Czy w takim razie stosować najlepsze (zwykle najdroższe) okna na rynku czy jednak tańsze, przeciętne? To zależy. Nie ulega jednak wątpliwości, że okna muszą spełniać warunki przepisów, które obecnie wymagają $U_w \leq 1,1$ W/(m²·K), a od 31 grudnia 2020 – $U_w \leq 0,9$ W/(m²·K). Dobierając parametry przeszklania (współczynniki U_w , g i LT) pod kątem ich współpracy z systemem ogrzewania, chłodzenia i sztucznego oświetlenia, należy pamiętać o tym, że zarówno zyski, jak i straty ciepła przez przeszklenie mają tu znaczenie i odpowiednio zaprojektowane okna pozwolą zminimalizować łączne zapotrzebowanie energii na te cele.

W rzeczywistości przeszklania, ze względów konstrukcyjnych i technologicznych, im są lepsze izolacyjnie (mają mniejsze straty ciepła), tym zwykle mniej są w stanie dostarczyć zysków słonecznych. Warto jednak wiedzieć, że zmiany parametrów U_w i g nie zachodzą proporcjonalnie, czyli nie zawsze przeszklania o najniższej wartości U_w są energetycznie najlepszym rozwiązaniem dla danego budynku, co przedstawiono na rycinie 12. Z wykresu wynika wyraźnie, że wraz ze spadkiem wartości współczynnika U_w (zwiększeniem izolacyjności cieplnej przeszklania) spada też wartość współczynnika zysków słonecznych g . Nie są to jednak zmiany zachodzące w sposób liniowy, co pokazuje, że do pewnego momentu bilans cieplny przeszkleń uwzględniony w bilansie cieplnym budynku daje efekt w postaci obniżenia zapotrzebowania na energię do ogrzewania, minimum jest dla $U = 0,8$; $g = 0,5$, a potem następuje wzrost ($U = 0,5$; $g = 0,3$). Wniosek z tego płynie taki, że nie zawsze najlepsze, najbardziej zaawansowane przeszklania (pod kątem wartości U_w i g) dają najlepszy wynik z energetycznego punktu widzenia.

Kolejnym aspektem związanym z analizą parametrów przeszkleń jest stopień przeszklania poszczególnych elewacji. Jak duże powinny być okna? Na to pytanie, w kontekście energetycznym, można



Ryc. 13. Zależność zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania budynku, zaprojektowanego zgodnie z WT 2021, od powierzchni przeszkleń (oprac. Ł. Nowak)

odpowiedź *wcale nie takie duże, a wręcz powinny być całkiem małe*. Potwierdzeniem tego jest wykres przedstawiony na rycinie 13, który obrazuje, jak zmienia się zapotrzebowanie budynku jednorodzinne, zaprojektowanego zgodnie z wymogami WT 2021, na energię użytkową do ogrzewania w zależności od przeszklenia poszczególnych elewacji. Na potrzeby analiz przyjęto przeszklenia na poszczególnych elewacjach S, W, E, N w proporcjach 6 : 3 : 3 : 1, czyli największe przeszklenia od południa, pośrednie od zachodu i wschodu, najmniejsze od północy. Analizowano stopień przeszklenia od wariantu budynku bez okien do uśrednionego stopnia przeszklenia wszystkich elewacji na poziomie 47% (wtedy okna południowe zajmowały 87% powierzchni fasady południowej). Z otrzymanych danych wynika, że po wprowadzeniu do budynku niewielkich okien jego charakterystyka energetyczna ulega poprawie. Minimum zapotrzebowania na energię występuje wtedy, gdy uśredniony stopień przeszklenia wszystkich elewacji wynosi około 9% (wtedy okna południowe zajmują tylko 17% powierzchni fasady południowej) i jest to wartość tylko trochę większa od wymaganej przepisami powierzchni okien w budynkach mieszkalnych (1/8 powierzchni podłogi), która daje średni stopień przeszklenia około 7% (wtedy okna południowe zajmują jedynie 13% powierzchni fasady południowej). Zwiększanie średniego stopnia przeszklenia ponad 9% powoduje już wzrost zapotrzebowania budynku na energię do ogrzewania.

Przy przeszkleniach nie wypada nie wspomnieć o zacienianiu, zarówno tym pożądanym (systemy zacieniające w lecie), jak i niepożądanym (zacienianie budynku przez obiekty sąsiadujące lub elementy własne budynku). Jak wiadomo, skuteczność wielu systemów zacieniających mocno zależy od aktualnej pozycji słońca i zwykle wymaga dokładnych analiz narzędziami symulacyjnymi, ale warto zaznaczyć, że metodologia obliczania charakterystyki energetycznej również ma możliwość uproszczonego uwzględnienia zacienienia okien pochodzącego od:

- sąsiadujących budynków lub obiektów,
- elementów elewacyjnych (balkony, okapy, ale też okna we wnękach lub w przejazdach),
- ruchomych elementów zacieniających (rolety, żaluzje lub inne), choć wtedy wymagane jest uwzględnienie współczynnika $f_{sh,with}$ określającego ważony udział czasu użycia elementu zacieniającego – w praktyce jest on trudny do wyznaczenia.

Podsumowując przedstawione informacje i zależności dotyczące przeszkleń i ich wpływu na energetyczną charakterystykę budynku, można powiedzieć, że optymalny stopień przeszklenia zależy nie tylko od parametrów okien (współczynniki U , g i LT), ale też od lokalizacji budynku (temperatury powietrza i nasłonecznienia), jego masy termicznej (efektywności wykorzystania zysków słonecznych), innych czynników (np. zacieniania) lub wymogów (komfort cieplny, światło dzienne itp.),

czyli o ile wykresy „ideowo” będą wyglądać podobnie do przedstawionych powyżej, o tyle różnice będą w wartościach oraz w położeniu optimum.

Oczywiście nie znaczy to, że okna powinniśmy dostosowywać tylko i wyłącznie do wymogów energetycznych – równie ważne są aspekty wizualne (budynek z przeszkleniami musi się podobać odbiorcy), funkcjonalne (przeszklenie powinno zapewniać użytkownikowi kontakt z otoczeniem) czy oświetleniowe (przeszklenia mogą umożliwić wykorzystanie światła dziennego w budynku). W związku z tym do doboru parametrów przeszkleń każdego budynku należy podchodzić indywidualnie i poszukiwać rozwiązań za pomocą obliczeń energetycznych (obliczeń bilansu cieplnego budynku). W trudniejszych przypadkach znalezienie tego najlepszego rozwiązania wymaga zastosowania narzędzi symulacyjnych i/lub optymalizacyjnych. Takie wielopłaszczyznowe podejście do projektowania przeszkleń pozwala na uzyskanie rozwiązań optymalnych pod wieloma względami, czyli mówiąc w sposób prosty – rozwiązań nie „najlepszych” w każdej kategorii, ale przede wszystkim pozbawionych ewidentnie słabych stron.

6.7. Zalecenia projektowe dla budynków jednorodzinnych

Autor, bazując na swoim doświadczeniu projektowym oraz zaleceniach zarówno Warunków Technicznych [2], jak i wytycznych dla standardów budynku ustalonych przez NFOŚiGW w latach 2013–2017 [8], sporządził wytyczne projektowe dla budynków jednorodzinnych³ pokazane w tabeli 2. Należy jednak pamiętać, że nadal są to tylko wytyczne i – dobierając wartości poszczególnych współczynników cząstkowych – trzeba mieć na uwadze obowiązek spełnienia wymogu łącznego zapotrzebowania na energię określonego danym standardem energetycznym. W wybranych przypadkach budynków da się osiągnąć wymagane wartości wskaźnika energetycznego EU_H czy EP , nie spełniając wszystkich kryteriów z tabeli. Jednocześnie jednak mogą pojawić się sytuacje, w których podane wartości wytycznych będą musiały być ponownie skorygowane na lepsze, aby osiągnąć dany standard energetyczny.

³ W budynkach niemieszkalnych nie ma jednej słusznej reguły doboru parametrów obudowy budynku, zwykle jest to optymalizacja wielokryterialna – jedynie w przypadku budynków jednorodzinnych, które z natury są proste instalacyjnie (bez chłodzenia i analiz kosztów oświetlenia sztucznego), można takie zalecenia przygotować.

Tab. 2. Zalecenia budowlano-architektoniczne w zależności od standardu energetycznego budynków jednorodzinnych (oprac. Ł. Nowak, [2, 8])

ELEMENT OBUDOWY BUDYNKU	BUDYNEK STANDARDOWY	BUDYNKI PONADSTANDARDOWE	
		NISKOENERGETYCZNY	PASYWNY
Kształt bryły (współczynnik kształtu A/V)	dość dowolny ($A/V = 0,7-1,1$)	dość zwarty ($A/V \leq 0,9$)	bardzo zwarty ($A/V \leq 0,8$)
Izolacyjność cieplna obudowy budynku – współczynnik U [$W/(m^2 \cdot K)$]	wg wymogów aktualnych Warunków Technicznych, czyli $U_c \leq U_{c(max)}$, choć może być wymagane zwiększenie izolacji	<ul style="list-style-type: none"> ▪ $U_c \leq 0,12$ – dachy, stropodachy, stropy do poddasza nieogrzewanego ▪ $U_c \leq 0,15$ – ściany zewnętrzne ▪ $U_c \leq 0,20$ – podłogi na gruncie ▪ $U_c \leq 0,20$ – ściany do nieogrzewanych pomieszczeń ▪ $U_w \leq 1,00$ – okna 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ $U_c \leq 0,10$ – dachy, stropodachy, stropy do poddasza nieogrzewanego ▪ $U_c \leq 0,12$ – ściany zewnętrzne ▪ $U_c \leq 0,15$ – podłogi na gruncie ▪ $U_c \leq 0,20$ – ściany do nieogrzewanych pomieszczeń ▪ $U_w \leq 0,80$ – okna
Mostki cieplne – współczynnik Ψ_e [$W/(m \cdot K)$]	zaprojektowanie detali tak, aby uniknąć kondensacji powierzchniowej i ryzyka pleśni [2] wg metod określonych w [9]; nie ma wymogów co do wartości Ψ_e	ograniczenie wpływu mostków: $\Psi_e \leq 0,3$ – balkony $\Psi_e \leq 0,1$ – pozostałe (obliczonych wg zasad podanych w [4])	minimalizacja wpływu mostków $\Psi_e \ll 0,1$ $W/(mK)$ (obliczonych wg zasad podanych w [4])
Montaż stolarki	w licu ściany konstrukcyjnej, węgarki z izolacji cieplnej zachodzące na ramę na 4–5 cm	w licu ściany konstrukcyjnej, węgarki z izolacji cieplnej zachodzące na ramę na 4–5 cm	w płaszczyźnie izolacji (tzw. ciepły montaż)
Szczelność powietrzna obudowy – współczynnik n_{50} [1/h]	zalecenia Warunków Technicznych: $n_{50} \leq 3,0$ – przy wentylacji grawitacyjnej $n_{50} \leq 1,5$ – przy wentylacji mechanicznej	$n_{50} \leq 1,0$ (zweryfikowana testem szczelności)	$n_{50} \leq 0,6$ (zweryfikowana testem szczelności)
Lukarny, wykusze, wnęki	dowolnie	dość dowolnie	niezalecane
Balkony	ocieplenie górnej i dolnej powierzchni płyty materiałem izolacyjnym o grubości 5–8 cm	montaż balkonu za pomocą nośnych łączników termoizolacyjnych	balkony dostawiane do budynku, inne są raczej niezalecane
Rodzaj fundamentu – rozwiązanie izolacji cieplnej w miejscu połączenia ściany z podłogą na gruncie	ławy fundamentowe – wydłużenie izolacji cieplnej ściany w kierunku fundamentu	ławy fundamentowe – wydłużenie izolacji cieplnej w kierunku fundamentu lub termoizolacyjne bloczki cokołowe (fundamentowe)	płyta fundamentowa na izolacji cieplnej – pełne zachowanie ciągłości izolacji cieplnej

6.8. Podsumowanie

Za podsumowanie niniejszego rozdziału może posłużyć cytata prof. Michaela Portera, znanego amerykańskiego ekonomisty: *Istotą strategii jest wybór tego, czego nie robić* [10]⁴. Przekładając te słowa na projektowanie energoaktywne, można powiedzieć, że najważniejsza jest sztuka dokonywania właściwych wyborów (nie tylko pod kątem energetycznym, ale czasami też ekonomicznym czy środowiskowym), polegająca przede wszystkim na unikaniu złych rozwiązań. Należy się starać nie popełniać „grubych” błędów, a jeśli pewne przyjęte rozwiązania nie są najlepsze w swojej kategorii lub nie mogą, z różnych względów, nimi być, w wielu wypadkach można ich „energetyczne” braki zrównoważyć poprawą innych parametrów budynku.

INFORMACJE DODATKOWE 1

Przepisy, które prawdopodobnie wejdą w życie 31 grudnia 2020 r. [2], będą wymagać, aby przegrody budynku spełniały wartości skorygowanego współczynnika ciepła U_c na poziomie:

- $\leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ dla dachów, stropodachów, stropów pod nieogrzewanymi poddaszami, stropów nad przejazdem,
- $\leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ dla ścian zewnętrznych,
- $\leq 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ dla podłóg na gruncie,
- $\leq 0,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ dla okien ściennych,
- $\leq 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ dla okien połaciowych, $\leq 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ dla drzwi zewnętrznych.

INFORMACJE DODATKOWE 2

Projektowanie przeszkleń z punktu widzenia obowiązujących przepisów [2] jest uwarunkowane wieloma wymogami, w tym dotyczącymi:

- izolacyjności cieplnej na poziomie: $U_w \leq 0,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ dla okien ściennych, $U \leq 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ dla okien połaciowych, $U \leq 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ dla drzwi zewnętrznych,
- minimalnej powierzchni przeszkleń: w pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi stosunek powierzchni okien, liczonej w świetle ościeżnic, do powierzchni podłogi powinien wynosić co najmniej 1 : 8, natomiast w innych pomieszczeniach, w których oświetlenie dzienne jest wymagane ze względów na ich przeznaczenie – co najmniej 1 : 12,

⁴ Oryg. *The essence of strategy is choosing what not to do.*

- możliwości redukcji zysków w okresie letnim za pomocą ruchomych urządzeń zacieniających (rolety, żaluzje, zasłony itp.) – współczynnik całkowitej przepuszczalności promieniowania słonecznego g z uwzględnieniem urządzenia zacieniającego (współczynnik f_c) w okresie letnim musi spełniać warunek:

$$g = f_c \cdot g_n \leq 0,35$$

dla wszystkich okien poza:

- pionowymi i nachylonymi powyżej 60° do poziomu na kierunkach NE, N i NW,
- z zewnętrznymi urządzeniami zacieniającymi,
- mniejszymi niż 0,5 m².

Pozostałe wymogi dotyczące przeszkleń można znaleźć w WT [2].

Bibliografia

- [1] http://www.azquotes.com/author/27371-Colin_Chapman, dostęp 6.12.2019.
- [2] *Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 8 kwietnia 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie*, Dz.U. 2019, poz. 1065.
- [3] *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej*, Dz.U. 2015, poz. 376, wraz z późniejszymi zmianami.
- [4] PN-EN ISO 10211: 2017 – *Mostki cieplne w budynkach. Strumienie ciepła i temperatury powierzchni. Obliczenia szczegółowe*, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
- [5] PN-EN ISO 13790: 2009 – *Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia*, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
- [6] Clarke J.A., Janak M., Ruyssevelt P., *Assessing the overall performance of advanced glazing systems*, „Solar Energy” 1998, Vol. 63, Iss. 4, s. 231–241.
- [7] PN-EN ISO 10077-1: 2017-10 – *Cieplne właściwości użytkowe okien, drzwi i żaluzji. Obliczanie współczynnika przenikania ciepła. Część 1: Postanowienia ogólne*, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
- [8] *Wytyczne określające podstawowe wymogi niezbędne do osiągnięcia oczekiwanych standardów energetycznych dla budynków mieszkalnych oraz sposób weryfikacji projektów i sprawdzenia wykonanych domów energooszczędnych*, Załącznik nr 3 do Programu Priorytetowego „Poprawa efektywności energetycznej”, https://www.nfosigw.gov.pl/download/gfx/nfosigw/pl/nfoopisy/791/3/5/pp_domy_05.12.2015.pdf, dostęp 20.11.2019.
- [9] PN-EN ISO 13788: 2013-05 – *Cieplno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku. Temperatura powierzchni wewnętrznej konieczna do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacja międzywarstwowa. Metody obliczania*, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
- [10] http://www.azquotes.com/author/11790-Michael_Porter, dostęp 6.12.2019.

7. Informacja wizualna dotycząca zagadnień energetycznych

JAROSŁAW FIGASZEWSKI

PAŃSTWOWA WYŻSZA SZKOŁA ZAWODOWA W RACIBORZU, INSTYTUT ARCHITEKTURY

Graficzna prezentacja zagadnień energetycznych w formie schematów lub piktogramów ma wartość praktyczną w budownictwie energooszczędnym. Stosowana jest jako narzędzie analiz efektywności energetycznej oraz w celu komunikacji między uczestnikami procesu inwestycyjnego. Celem rozdziału jest próba odpowiedzi na dwa pytania. Gdzie można wskazać miejsca przydatności schematów energetycznych w procesie inwestycyjnym i podczas użytkowania budynku? Jak należy je opracować, by miały wartość praktyczną? Przedmiot rozważań dotyczy budownictwa energooszczędnego i niskoenergetycznego w skali architektonicznej i urbanistycznej. Pokazane przykłady bazują głównie na obiektach mieszkaniowych i małokubaturowych.

7.1. Wprowadzenie

W praktyce projektowej architekt wypowiada się graficznie. Komunikuje się z otoczeniem przy użyciu wypracowanych, podstawowych elementów przekazu projektu architektonicznego. Należą do nich rysunki techniczne, które ze względu na znormalizowaną treść nie zawsze są wystarczającym sposobem zobrazowania jego myśli. Jako dodatkowy komentarz stosuje więc inne formy graficznego przekazu, mniej formalne, ale bardziej czytelne, lepiej wyjaśniające pewne problemy projektowe. Za pomocą rysunku architekt może przybliżyć rozdział funkcji w obiekcie, określać jego dostępność, związki z otoczeniem, sposób formowania bryły bądź układ komunikacyjny. Jednak nie jest to tylko informacja ukierunkowana na jakiegoś adresata, lecz również sposób zapisu własnych myśli na etapie tworzenia. Juhani Pallasmaa [1] przekonuje o tym podczas swoich prelekcji: architekt

praktykuje myślenie dłonią. Henryk Zubel [2, s. 54] określa różne metody odwzorowania zdefiniowanego problemu. Oprócz werbalnych i matematycznych form zapisu wyszczególnia następujące sposoby odwzorowania:

- ikoniczne – przyjmują postać ideogramów, symboli, piktogramów,
- graficzne – należą do nich grafy, schematy, wykresy, szkice, diagramy,
- modele – są uproszczoną przestrzenną postacią przedstawienia istotnych relacji w rozpoznanej sytuacji praktycznej.

Wprawdzie autor odniósł powyższe formy zapisu do pierwszej fazy projektowania, ale są one również przydatne w całym procesie inwestycyjnym, począwszy od momentu formułowania strategii po etap „sprzedaży” projektu. Mają one również praktyczne zastosowanie w trakcie użytkowania budynku. Używane są w celach marketingowych oraz wpływają na wzrost świadomości użytkowników w zakresie treści znaczeniowych i eksploatacyjnych.

Posiłkując się nimi, w budownictwie energooszczędnym wypracowano narzędzia do zobrazowania zagadnień energetycznych – gospodarowania energią. Odzwierciedlają one koncepcje energetyczne budynku lub zespołu kubaturowego na różnym poziomie uogólnienia.

7.2. Graficzne prezentacje zagadnień energetycznych w procesie inwestycyjnym

Graficzna prezentacja zagadnień energetycznych ma wymiar praktyczny – skutecznie pomaga usprawnić przekaz informacji w całym procesie inwestycyjnym poprzez:

- stosowanie znaków ikonicznych dla uwypuklenia celów zdefiniowanych w projekcie,
- tworzenie schematów ideowych zawierających zespół cech identyfikowanych w dalszych fazach pracy nad projektem, mogących odwoływać się do zasad energooszczędności,
- użycie diagramów jako sposobu odwzorowania poszczególnych etapów kształtowania się koncepcji architektonicznej,
- sporządzanie schematów w celu bardziej zintegrowanego z zagadnieniami energetyki budynku kształtowania funkcjonalno-przestrzennego,
- użycie graficznych form zapisu informacji specjalistycznej do komunikacji z innymi uczestnikami procesu inwestycyjnego,
- stosowanie schematów jako narzędzia analiz efektywności energetycznej,
- wykorzystanie diagramów jako sposobu eksponowania zagadnień energetycznych w projekcie.

Na etapie formułowania strategii stosowane są znaki ikoniczne, które wyrażają zasadnicze cele procesu inwestycyjnego. Na najwyższym poziomie uogólnienia przez swoją obecność mogą sygnalizować wagę zagadnień energetycznych, dlatego muszą być opracowane w sposób jednoznacznie identyfikowalny. Mogą one określać cechy istotnościowe planowanego budynku.

Na etapie koncipowania, który rozpoczyna się procesem identyfikacji problemu projektowego, a kończy skryształowaniem idei, pojawiają się dalece uproszczone szkice lub schematy ideowe. Zwykle odzwierciedlają one najistotniejsze cechy systemu, które tworzą zapis genetyczny dla projektu [2, s. 61]. Jeżeli inspiracją dla projektanta są aspekty energetyczne, związane np. z pozyskaniem energii ze źródeł odnawialnych, może to znaleźć odzwierciedlenie w schemacie ideowym, być podstawą analiz i wariantowania, w konsekwencji determinować przyjęcie rozwiązań przestrzenno-funkcjonalnych.

W trakcie opracowywania koncepcji funkcjonalno-przestrzennej schematy są praktycznym narzędziem w komunikacji interpersonalnej. Stanowią graficzną wypowiedź projektanta, który w czytelny sposób stara się przybliżyć koncepcję energetyczną innym uczestnikom procesu inwestycyjnego, uzasadniając tym sposobem swoje decyzje. Klarowność przekazu graficznego ułatwia dyskusję na forum interdyscyplinarnym. Z tych względów schematy stają się przydatne w toku zintegrowanego procesu projektowego (ZPP), jak również zintegrowanego projektowania energetycznego (ZPE) [3]. W zespole złożonym ze specjalistów: architekta, fizyka budowli, energetyka, eksperta od wentylacji i klimatyzacji, przy udziale inwestora można zoptymalizować rozwiązania projektowe, zrównoważyć koszty budowy i koszty eksploatacyjne dzięki przeprowadzonym już na wstępie symulacjom energetycznym i modelowaniu. Strategie ogrzewania, chłodzenia, wentylacji i doświetlenia wewnątrz warunkują przyjęcie określonych rozwiązań, a schematy energetyczne stają się przedmiotem technicznych ewaluacji w całym cyklu [4–6].

Koncepcje energetyczne służą optymalizacji rozwiązań projektowych i są podstawą tzw. projektowania klimatycznego (climate design) [7]. Za ich pomocą projektant dokonuje analizy efektywności energetycznej już na wstępnym etapie kształtowania architektonicznego. Dostarcza ona wskazówek na temat zmian i korekt w strukturze budynku. Analiza porównawcza wariantów ułatwia wybór najbardziej korzystnego w kategoriach energetycznych. Przyjmując zaproponowany przez Wiesławę Mikoś-Rytel tok postępowania przy projektowaniu budynków energooszczędnych, który porządkuje czynności w całym cyklu projektowym [8, s. 104], jak również uwzględniając wyszczególnione przez Wacława Celadyna miejsca przydatności koncepcji energetycznych [4, s. 18],

można na każdym etapie wskazać miejsca wykorzystania i określić zakres merytoryczny schematów energetycznych:

- ukształtowanie energooszczędnej architektury budynku – optymalne zorientowanie obiektu względem słońca i przeważających wiatrów dla poprawy bilansu zysków i strat ciepła, wykorzystanie rzeźby terenu w celu zmniejszenia powierzchni wymiany ciepła między wnętrzem budynku a otoczeniem, modelowanie budynku zgodnie z uwarunkowaniami energetycznymi, strefowanie termiczne wnętrza, przeanalizowanie sezonowej zmienności podziałów termicznych, dystrybucja powietrza wentylowanego optymalizująca układ przestrzenny budynku,
- ukierunkowanie budynku na pozyskanie energii słonecznej lub ochronę przed słońcem – przypisanie funkcji energetycznej elementom struktury budynku, przybliżenie obiegu energii w budynku, określenie stopnia przeszklenia elewacji w odniesieniu do orientacji, wyznaczenie rozkładu temperatur powietrza i powierzchni w budynku i jego otoczeniu, rozplanowanie struktur fotowoltaicznych lub kolektorów słonecznych,
- dobór odpowiednich materiałów budowlanych – wyrysowanie przepływu ciepła przez przegrody, zobrazowanie procesów zachodzących przy nastonecznieniu przegród przeszklonych, dobór materiałów ze względu na transmisyjność, akumulacyjność i izolacyjność termiczną,
- zaprojektowanie przegród i detali – wykreślenie tzw. plamy słonecznej we wnętrzu, czyli zasięgu insolacji zależnie od powierzchni i umiejscowienia otworów okiennych, przeprowadzenie graficznej analizy radiacyjnej poszczególnych elementów budynku, scharakteryzowanie oddziaływania powierzchni chłodzących, funkcjonowanie technicznych osłon termicznych i przeciwsłonecznych,
- zaprojektowanie instalacji grzewczych i wentylacyjnych – określenie zmian parametrów termicznych powietrza wentylacyjnego na drodze jego przepływu, wyznaczenie cyrkulacji ciepłego czynnika grzewczego lub chłodzącego, ukierunkowanie przepływu powietrza w gruntowym powietrznym wymienniku ciepła zależnie od warunków temperaturowych otoczenia i wnętrza budynku, przedstawienie sposobu funkcjonowania urządzeń technicznych z zakresu OZE (kolektorów słonecznych, pomp ciepła, struktur fotowoltaicznych, elektrowni wiatrowych).

W tym zestawie celowo pominięto etap obliczeń cieplnych. Intuicyjnie opracowane koncepcje energetyczne mogą zostać sprawdzone na każdym etapie projektowania za pomocą metod matematycznych drogą bilansowania symulacyjnego CAD na bazie płaskiego rysunku lub trójwymiarowego modelu. Jego wyniki stają się podstawą korekty schematów, które uchodzą za bardziej komunikatywną formę przekazu informacji specjalistycznej.

W konwencjonalnym trybie wykonywania projektu, dzięki czytelności przekazu treści energetycznych, zaproponowana przez architekta koncepcja może być dla inwestora bardziej przekonywająca. Zwłaszcza w obliczu wzrostu świadomości społecznej. Oprócz spełnienia wymogów formalnych i kosztów inwestycji coraz większe znaczenie mają wymierne koszty eksploatacji.

Na etapie przetargów schematy lub ich przestrzenne odwzorowania mogą być w projekcie pomocne przy artykulacji zagadnień energetycznych. Stają się one narzędziem w udokumentowaniu energooszczędności budynku, są również wizualnym sposobem wyrażania proekologicznego zaangażowania projektu [9]. Publikowane w specjalistycznych czasopismach lub w Internecie przyczyniają się do promocji tego typu rozwiązań. Niestety, pomimo oczywistych korzyści, jakie może ona przynieść, nie ma w Polsce wymogu publicznej prezentacji treści energetycznych np. w warunkach konkursów architektonicznych lub w procedurach przetargowych [4].

7.3. Graficzne prezentacje zagadnień energetycznych na etapie użytkowania budynku

Na etapie eksploatacji budynku przekaz ikonograficzny, szerzej omówiony w dalszej części rozdziału, może mieć różne zastosowania:

- sprowadzenie piktogramów do komunikacji z użytkownikami dla uwypuklenia cech jakościowych obiektu,
- użycie znaków ikonicznych lub grafów w komunikacji interpersonalnej w celu identyfikacji miejsca lub wartości znaczeniowej przedstawianego obiektu,
- opracowanie schematów jako instrukcji zasady działania obiektów i jego systemów,
- wykorzystanie schematów jako podstawy do dyskusji w przypadku, gdy zaistnieje potrzeba dokonania usprawnień w zakresie gospodarki energetycznej budynku,
- posługiwanie się schematami w celach demonstracyjnych lub/i edukacyjnych.

Schematy energetyczne mogą być opracowane dla budynków w trakcie ich eksploatacji w związku z potrzebą podwyższenia ich sprawności energetycznej, czy wręcz uniezależnienia się od dostawców sieciowych. Najczęściej dotyczy to zastosowania instalacji i urządzeń z zakresu OZE jako elementów dodanych do funkcjonującego systemu. Użycie kolektorów słonecznych lub paneli fotowoltaicznych może mieć wpływ na formę i estetykę budynku, zwłaszcza gdy stają się one jego integralną częścią. Schemat technologiczny instalacji słonecznych może być odrębnym rysunkiem, bez odniesień do układu przestrzennego budynku, ponieważ przedstawia systemowe rozwiązanie.

Obrazuje on budowę dodanych elementów i zasady ich działania. Istnieją ponadto inne okoliczności skłaniające do zastosowania diagramu jako formy zapisu graficznego.

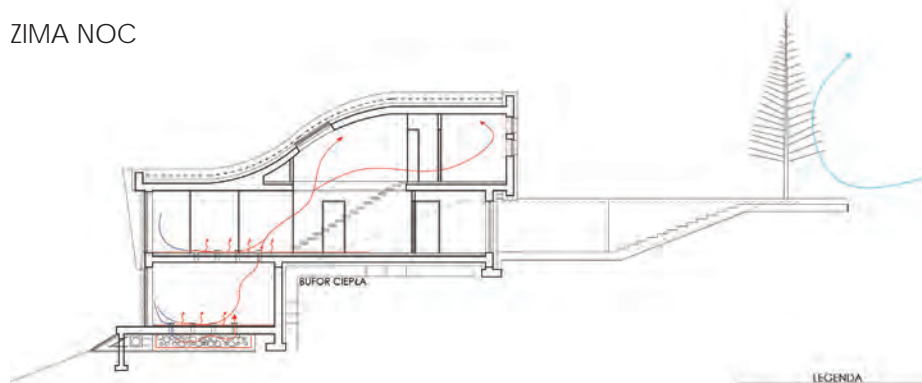
Zmierzając do racjonalizacji metod gospodarowania energią w budynku, można wprowadzić podczas jego użytkowania zasadę kaskady energetycznej [10]. W obiegu energii kluczowym zadaniem jest pełne zagospodarowanie ciepła bytowego jako energii odpadowej. Potrzeby energetyczne budynku wyrażone są przez określoną ilość energii, zróżnicowanej co do jakości. Im wyższe jest zróżnicowanie, tym więcej uwalnia się energii odpadowej do zagospodarowania. Można zatem uporządkować potrzeby energetyczne w postaci kaskady, w której każdy stopień zużywa energię odpadową wyższego stopnia. W ten sposób powstaje szereg użytkowania energii według różnych cech jakościowych [11]. Diagramy ilustrujące zasady działania są opracowywane każdorazowo zależnie od liczby składowych tworzących poszczególne stopnie kaskady, bez kontekstu przestrzennego budynku.

7.4. Typy koncepcji energetycznych

W zależności od sytuacji i potrzeb koncepcje energetyczne mogą przyjmować różną postać i zakres merytoryczny. Są one zaprezentowane w formie graficznej w postaci różnorodnych rysunków, schematów czy diagramów (ryc. 1–6). Najczęściej eksponują następujące treści:

- obieg energii w budynku ukazujący m.in. pozyskanie energii z promieniowania słonecznego oraz ochronę przed nim – schematy na bazie całościowego przekroju ukazujące związek między kształtowaniem przestrzennym a gospodarowaniem energią w budynku w różnych porach roku i doby (ryc. 1),
- gospodarkę energetyczną w obiekcie przy wykorzystaniu pasywnych i aktywnych systemów pozyskania energii ze źródeł odnawialnych – rysunki na bazie całościowego przekroju przybliżające działanie i umiejscowienie komponentów energetycznych w strukturze budynku z pewnym uproszczeniem rozwiązań instalacji technicznych. Punktem odniesienia są wartości kąta padania promieni słonecznych, graniczne dla danej szerokości geograficznej, mierzone w południe zimą i latem (ryc. 2),
- strefowanie termiczne budynku – diagramy na bazie rzutu przedstawiające grupowanie pomieszczeń o podobnym standardzie cieplnym; punktem wyjścia takich opracowań jest rozkład temperatur w pomieszczeniach,

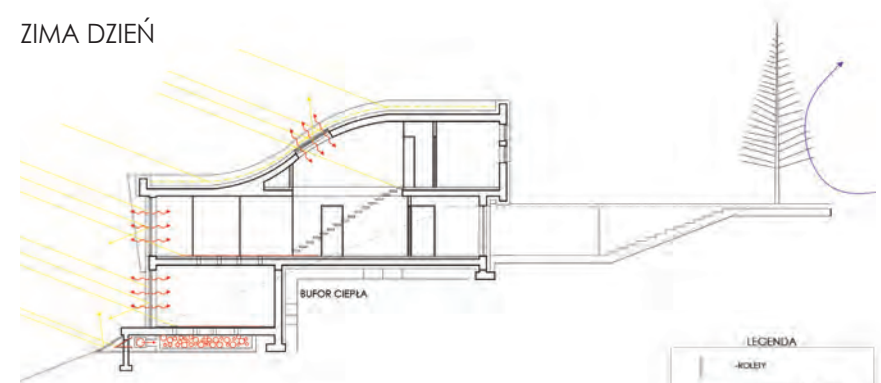
ZIMA NOC



- ROLETY DAJĄ POWŁOKĘ OCHRONY CIEPŁA, KTÓRE MOGŁOBY UCIEKAĆ PRZEZ PRZESZKLENIA
- ZMAGAZYNOWANE CIEPŁO W SKALNYM MAGAZYNIE UCIEKA, WYFORMIENIUJĄC DO POMIESZCZEŃ
- WKOPANIE BUDYNKU W ZIEMIĘ TWORZY ZJAWISKO BUFORU TERMICZNEGO
- LAS OD STRONY PÓŁNOCNEJ TWORZY NATURALNY WIATROCHRON
- KONWEKCYJA I PRZEWODZENIE CIEPŁA
- CERAMIKA NA PODŁOŻE W NOCY WYPROMIENIUJE ZMAGAZYNOWANE CIEPŁO



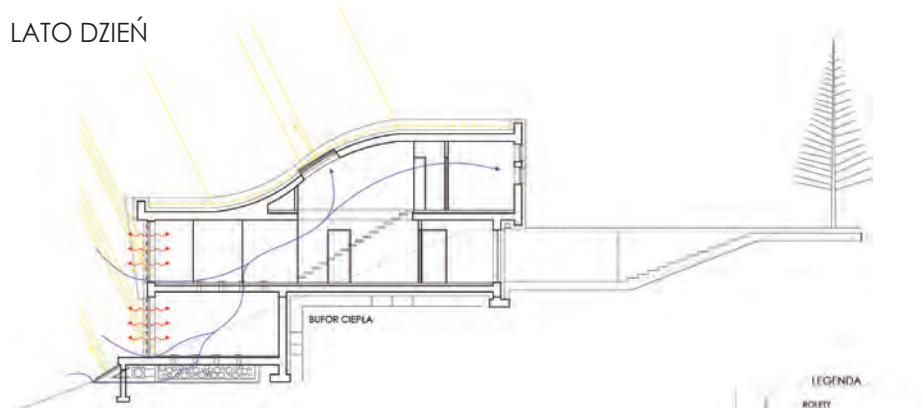
ZIMA DZIEŃ



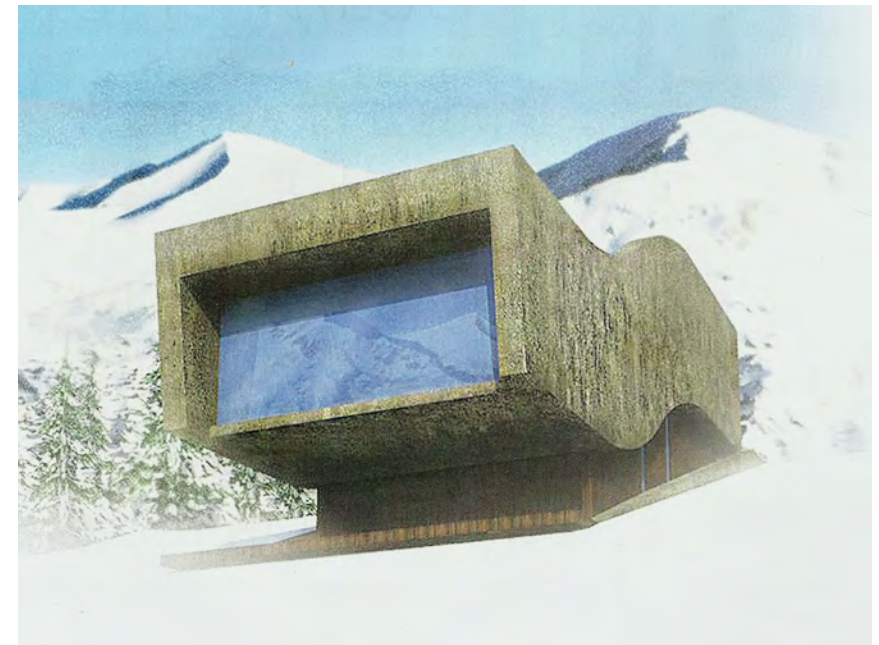
- ABSORBER ENERGII CIEPŁEJ MAGAZYNUJE CIEPŁO W SKALNYM MAGAZYNIE CIEPŁA
- WKOPANIE BUDYNKU W ZIEMIĘ TWORZY ZJAWISKO BUFORU TERMICZNEGO
- LAS OD STRONY PÓŁNOCNEJ TWORZY NATURALNY WIATROCHRON
- KONWEKCYJA I PRZEWODZENIE CIEPŁA
- CERAMIKA NA PODŁOŻE MAGAZYNUJE ENERGIĘ CIEPŁĄ
- PANELE SŁONECZNE UMIESZCZONE NA DACHU MAGAZYNUJĄ ENERGIĘ



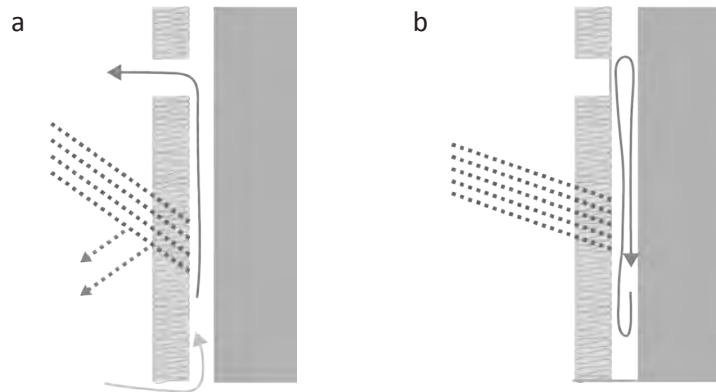
LATO DZIEŃ



- ROLETY UMIESZCZONE NA KAŻDEJ SZYBIE CHRONIĄ PRZED NADMIERNYM NAGRZEWANIEM SIĘ BUDYNKU
- PANELE SŁONECZNE UMIESZCZONE NA DACHU TWORZĄ DODATKOWĄ POWŁOKĘ DACHU KTÓRA OSLANIA I MAGAZYNUJĄ ENERGIĘ
- MIKROSZCZELINY W OKNAH ZAPEWNIJĄ CIĄGLĄ WENTYLACJĘ
- KANAŁY WENTYLACYJNE UMIESZCZONE W PODŁOŻE I STROPIE UMOŻLIWIJĄ WENTYLACJĘ CAŁEGO DOMU



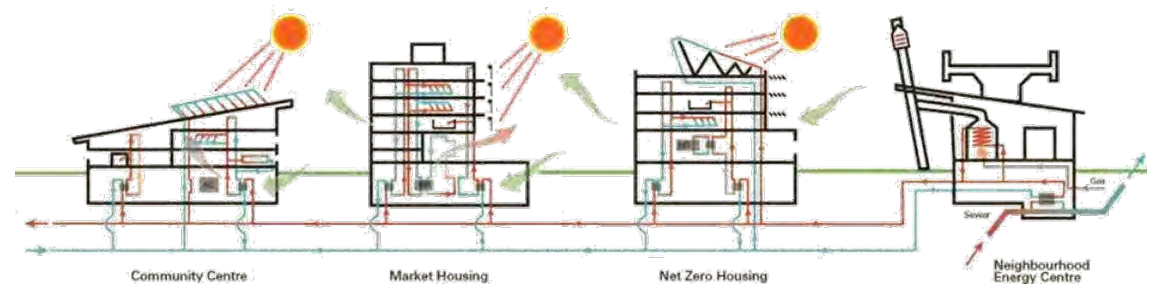
Ryc. 1. Zasada form follows energy na przykładzie projektu studenckiego na kierunku architektura PWSZ w Raciborzu (oprac. K. Jany i M. Szymaszek, 2015/2016)



Ryc. 4. Przykład schematu energetycznego ilustrującego funkcjonowanie ściany warstwowej z izolacją transparentną: a) w trakcie sezonu grzewczego – zamknięta szczelina wentylacyjna; b) poza sezonem grzewczym – otwarta szczelina wentylacyjna (oprac. J. Figaszewski, rys. J. Kochańska)

Schematy mogą przybliżać zagadnienia energetyczne na różnym poziomie kompleksowości ujęć:

- detal – zawężenie problematyki sprowadza się do jednego elementu lub fragmentu struktury budynku w celu wyjaśnienia sposobu jego funkcjonowania. Przykładem jest przedstawienie funkcjonowania latem i zimą ściany z izolacją transparentną TIM na rycinie 4. W podobny sposób można skoncentrować się na prezentacji warunków pracy ogniw fotowoltaicznych zintegrowanych z budynkiem (systemy BIPV), w tym pozyskania energii elektrycznej oraz odbioru i zagospodarowania ciepła jako energii odpadowej tego procesu;
- budynek – schematy stanowią całościowe zobrazowanie metod gospodarowania energią w budynku, przybliżając jego pracę w cyklu rocznym. Ze względu na wpływ uwarunkowań lokalizacyjnych na efektywność energetyczną budynku nie mogą one ograniczać się wyłącznie do jego obrysu. Powinny również uwzględniać najbliższe otoczenie, odpowiedzialne za wzmocnienie zysków lub ograniczenie strat, np. ujawniając rodzaj materiału nawierzchni oraz rolę jego faktury i koloru, a także znaczenie naturalnych wiatrochronów;
- zespół zabudowy – schematy przedstawiają kompleksowe ujęcie zagadnień energetycznych w skali urbanistycznej. Ilustrują one układ wzajemnych powiązań i zależności prowadzących do autonomiczności energetycznej całego zespołu zabudowy. Równie ważną rolę jak budynki odgrywają tutaj przestrzenie między nimi oraz elementy zagospodarowania terenu, którym przypisuje się rolę energetyczną. W tym obszarze wzrasta udział systemów aktywnych ze względów przesyłowych energii i w celu zasilania urządzeń [12]. W szerszym ujęciu rysunki wyjaśniają obieg energii w budynkach i sposób korzystania z mediów – zaopatrzenie w ciepło, chłód, odprowadzenie ścieków. Prezentowany na rycinie 5 przykład to lokalna ciepłownia wykorzystująca ciepło ze ścieków zespołu mieszkalno-usługowego [13].



Ryc. 5. Przykład schematu energetycznego zespołu kubaturowego mieszkalno-usługowego w Vancouver [13, 14, s. 98]

7.5. Strategie energetyczne – teoretyczne założenia

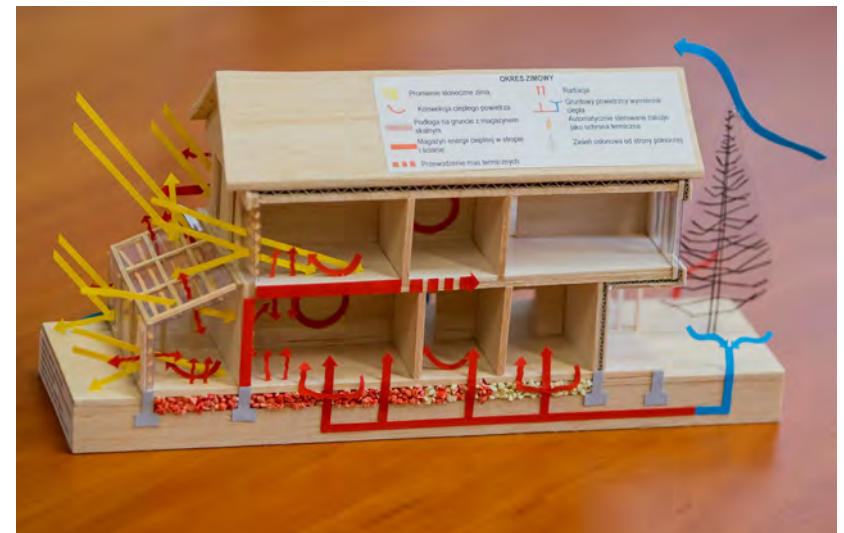
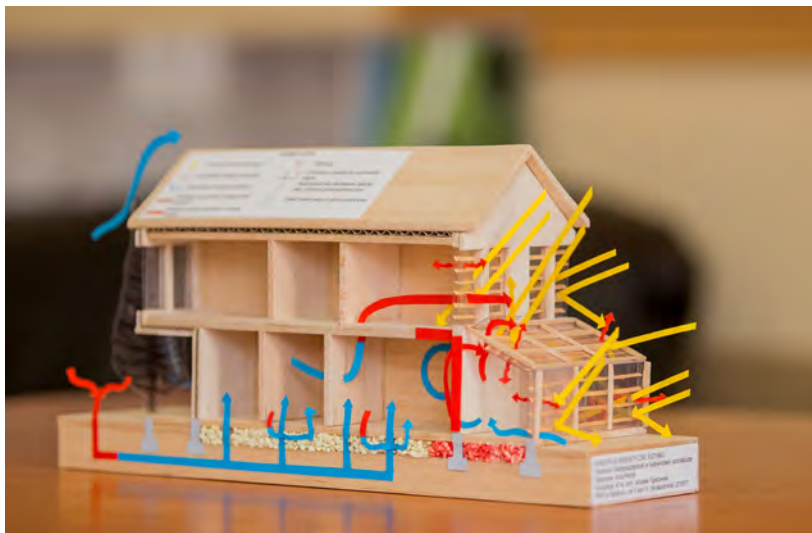
Wykorzystanie energii promieniowania słonecznego do pokrycia potrzeb energetycznych budynku wymaga uwzględnienia na etapie kształtowania przestrzennego trzech równorzędnych strategii:

- ogrzewania – kluczowa w okresie zimowym, określa sposoby pozyskiwania ciepła z otoczenia przez budynek, miejsce jego magazynowania i metodę rozprowadzania we wnętrzu. Obejmuje także działania zmierzające do zachowania i odzysku ciepła, powodujące ograniczenie jego zapotrzebowania,
- chłodzenia – nabiera znaczenia w okresie letnim, polega na redukcji zysków słonecznych w warunkach dużych obciążeń termicznych i usunięciu nadmiaru ciepła z wnętrza budynku w wyniku właściwej dystrybucji powietrza wentylowanego,
- oświetlenia dziennego – wchodzi w zakres działań energetycznych w związku z wyborem rodzaju oświetlenia (sztucznego lub dziennego) w kontekście wielkości i orientacji przeszkleń dla poszczególnych pomieszczeń.

Wyszczególnione strategie mają zróżnicowane cele, istnieje zatem obawa pojawienia się konfliktu funkcjonalnego, któremu należy zapobiec przez dobór odpowiednich rozwiązań. Można, a nawet trzeba, osiągnąć więcej, gdy strategie pokrywają się w czasie. Trudności da się przezwyciężyć przez umiejętne powiązanie trzech strategii w sprawnie funkcjonujący całościowy system. Pełną synergię strategii ogrzewania i chłodzenia uzyskuje się przez większą część roku w miesiącach wiosennych i jesiennych, kiedy nadmiar ciepła odbierany przez system chłodzenia służy do podgrzewania powietrza wentylacyjnego. Natomiast strategię oświetlenia dziennego należy powiązać ze strategią chłodzenia poprzez wczesne analizy i optymalizację parametrów szkła.

Zamierzone cele osiąga się dzięki zjawiskom fizycznym przy użyciu elementów struktury budynku i komponentów dodanych. Wykorzystanie energii z promieniowania słonecznego do celów grzewczych wymaga dokładnego zapoznania się z procesami zachodzącymi w budynku i jego najbliższym otoczeniu, przykłady modeli pokazano na rycinie 6.

Promienie słoneczne, docierając do budynku, ulegają absorpcji, transmisji przez szkło, refleksji od zwierciadlanych pokryć oraz rozproszeniu w przypadku matowych powierzchni. Zjawiska absorpcji i transmisji zachodzą przy pozyskiwaniu oraz gromadzeniu energii i mają kluczowe znaczenie w strategii ogrzewania. Procesy odbicia w otoczeniu budynku przez właściwe ukierunkowanie promieni odbitych pozwalają zwiększyć zyski energetyczne, natomiast w przegrodzie zewnętrznej generują straty. Zjawisko rozproszenia ogranicza zyski słoneczne. We wnętrzu budynku występują



Ryc. 6. Model przestrzenny, w którym zostały uwydatnione sposoby pozyskiwania, magazynowania i rozprowadzania energii w okresie zimowym. Praca studencka przygotowana na kierunku architektura PWSZ w Raciborzu (oprac. A. Petrzyk, 2016/2017)

zjawiska wymiany ciepła, takie jak konwekcja, przewodzenie, promieniowanie i parowanie, które uczestniczą w rozprowadzaniu energii termicznej i jej odzysku. Konwekcja i ewaporacja są wykorzystywane w strategii chłodzenia przy dystrybucji powietrza wentylowanego [15].

Komponenty energetyczne budynku to podstawowe elementy struktury, np. przegrody, które aktywnie uczestniczą w wyszczególnionych wyżej procesach. Wraz z elementami dodanymi, całkowicie podporządkowanymi wymogom energetycznym tworzą systemy odpowiedzialne za bilans energii pozyskiwanej i rozpraszanej przez budynek. Można je podzielić według pełnionych funkcji:

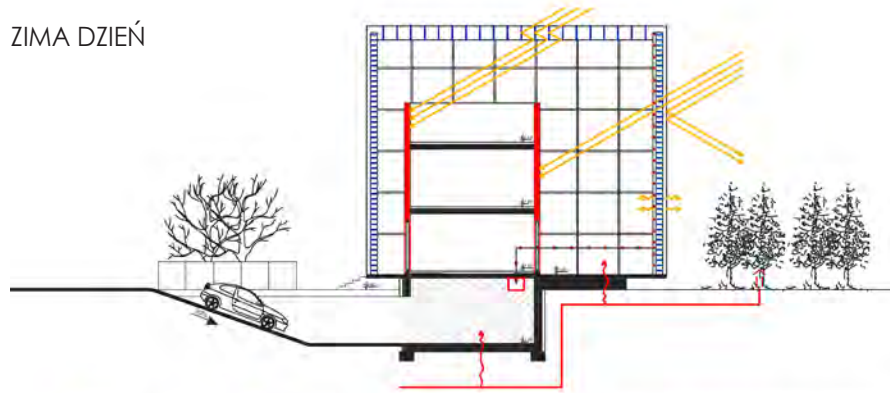
- systemy przeszkleń – zależnie od przeznaczenia obiektu odpowiedzialne są za pozyskanie energii słonecznej w celach grzewczych lub uzyskanie jej nadmiaru, który należy odprowadzić z budynku za pomocą systemów chłodzenia,
- systemy magazynowania – wykazujące zdolność do gromadzenia energii,
- systemy regulacji przepływu energii – uczestniczące w rozprowadzaniu ciepła i usuwaniu jego nadmiaru, wspomagające wentylację naturalną przez ukierunkowanie przepływu powietrza,
- systemy ochrony termicznej i przeciwsłonecznej – zapobiegające stratom energetycznym zimą i niekorzystnym zyskom słonecznym latem.

7.6. Zasady opracowywania schematów energetycznych

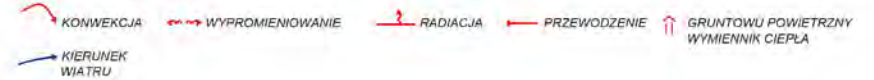
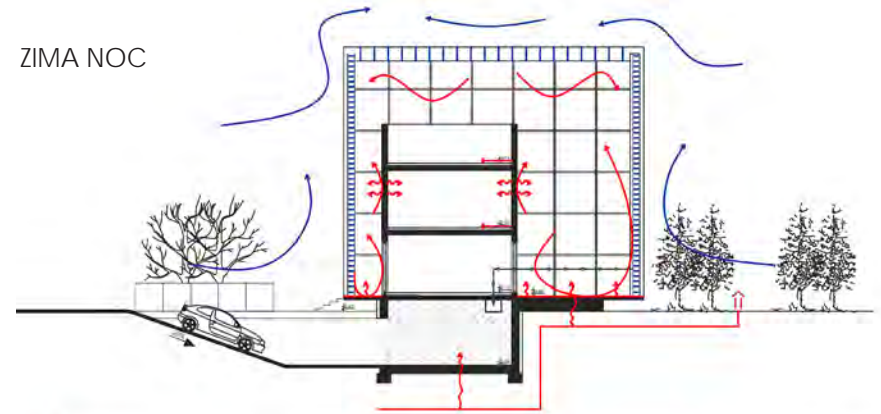
Koncepcje energetyczne w postaci rysunkowej, ilustrujące obieg energii w budynku w cyklu dobowym, są przedstawiane z podziałem na dzień i noc. W cyklu rocznym brane są pod uwagę głównie miesiące zimowe i letnie, ponieważ ze względu na ekstremalność warunków pogodowych tworzą one klimatyczne ramy dla poszukiwań rozwiązań przestrzenno-materiałowych. Z tego powodu są bardzo przydatne na wstępnym etapie kształtowania układu funkcjonalno-przestrzennego budynku. Zakres problemowy poszczególnych schematów i modeli obejmuje odpowiednio następujące zagadnienia [15, s. 73] (ryc. 7, 8):

- zima dzień – sposoby pozyskania energii z promieniowania słonecznego i miejsca jej magazynowania,
- zima noc – metody rozprowadzenia i zachowania ciepła we wnętrzu (wychodząc od określenia miejsc jej gromadzenia),
- lato dzień – możliwości ograniczenia zysków z nasłonecznienia i pozbycia się nadmiaru ciepła,
- lato noc – zasadę osiągnięcia strat energetycznych przy udziale wentylacji naturalnej w celu chłodzenia konstrukcji budynku.

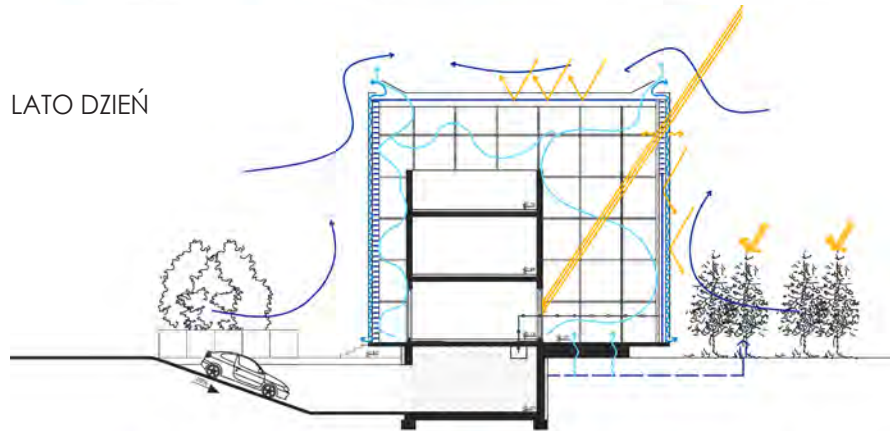
ZIMA DZIEŃ



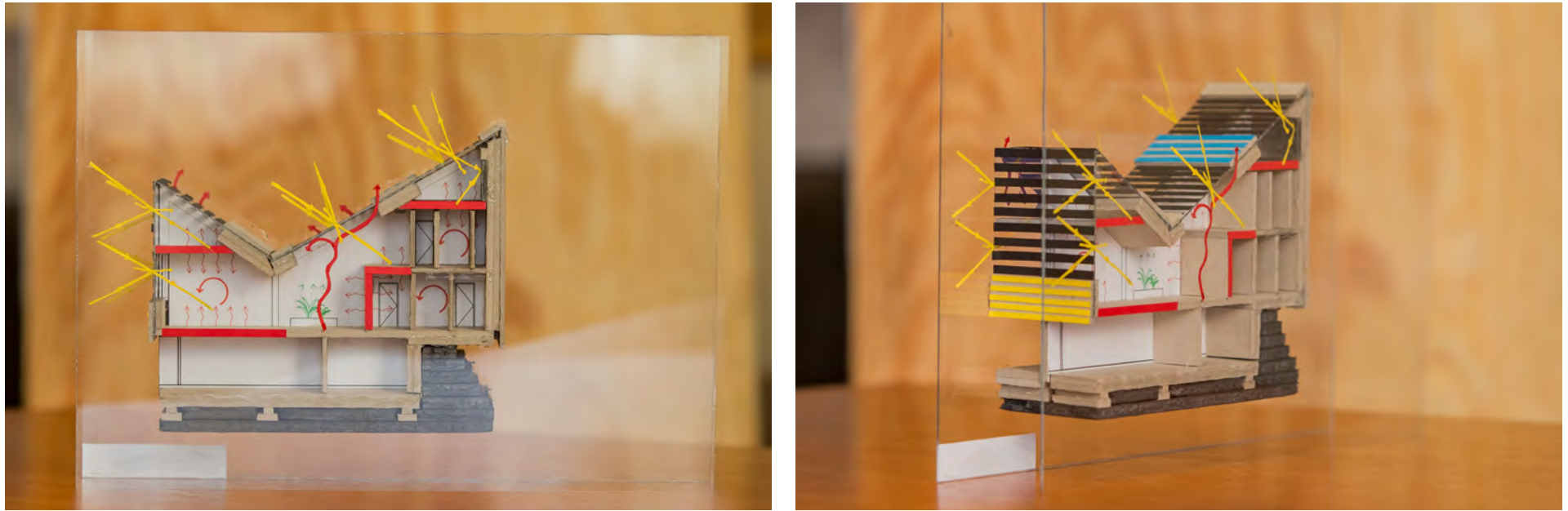
ZIMA NOC



LATO DZIEŃ



Ryc. 7. Schematy energetyczne budynku z osłoną przestrzenną przedstawione w postaci rysunkowej (zima dzień, zima noc i lato dzień) oraz model przestrzenny. Praca studencka przygotowana na kierunku architektura PWSZ w Raciborzu (oprac. K. Celiński-Spodar i K. Demska, 2015/2016)



Ryc. 8. Model przestrzenny przedstawiający sposób pozyskania, magazynowania i rozprowadzania energii w budynku. Praca studencka przygotowana na kierunku architektura PWSZ w Raciborzu (oprac. P. Pendziałek i M. Tomczyk, 2015/2016)

W przypadku zastosowania rozwiązań z obszaru systemów aktywnych i semiaktywnych w wyżej wyszczególnionych schematach może pojawić się problematyka odzysku energii.

Schematy energetyczne dla okresów przejściowych (wiosna i jesień), choć rzadko opracowywane, dotyczą znacznie dłuższego czasu eksploatacji budynku w cyklu rocznym. Nie warunkują przyjęcia strategicznych zmian w strukturze obiektu, ale ułatwiają pełne zobrazowanie metod jego funkcjonowania. Jesienią i wiosną istnieje potrzeba równoczesnego ogrzewania pomieszczeń przy przegrodach zewnętrznych i chłodzenia pomieszczeń wewnętrznych. W celu zapewnienia równowagi termicznej następuje przekazywanie energii zbędnej w jednej części budynku do miejsc, gdzie jej brakuje. Deficyt ciepła pomieszczeń zlokalizowanych obrzeżnie może być pokryty dzięki bezpośredniemu nasłonecznieniu (system zysków bezpośrednich). Ciepło odebrane przez system chłodzenia służy do podgrzania świeżego powietrza doprowadzanego do pomieszczeń. Różnice w gospodarowaniu energią w stosunku do ekstremów letnich i zimowych pogłębia obecność wentylacji hybrydowej, która wspomaga wymianę powietrza przy niewielkiej różnicy ciśnień, spowodowanej

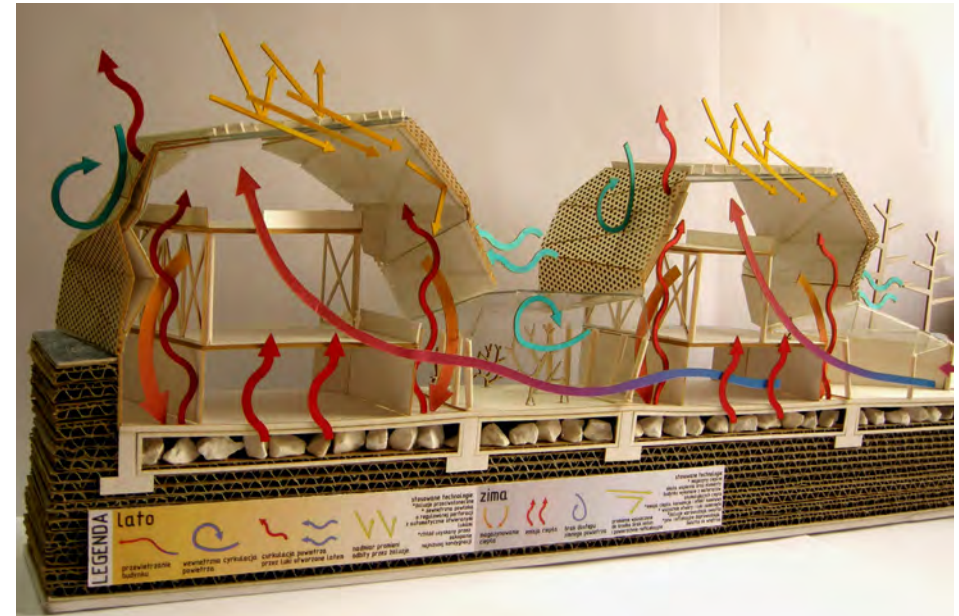
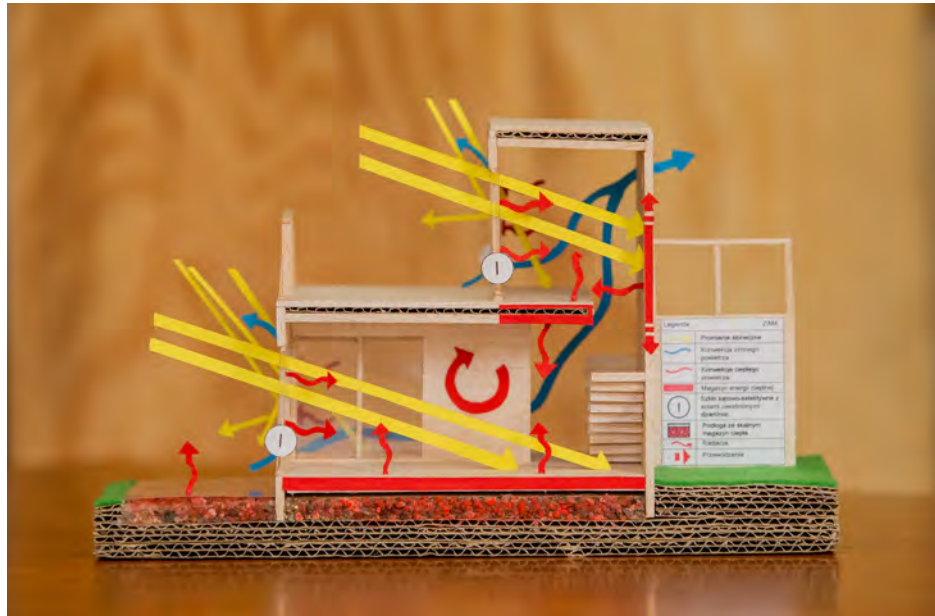
wyporem termicznym, występującej wiosną i jesienią. Okoliczności te uzasadniają potrzebę sporządzenia schematów energetycznych dla okresów przejściowych.

Aby schematy energetyczne mogły mieć wartość praktyczną, należy przy ich opracowaniu stosować się do następujących zaleceń [15, s. 76, 77]:

- przedstawić zagadnienia energetyczne w sposób kompleksowy – schematy powinny ujawniać wszystkie zależności, związki i elementy, które wynikają z lokalnych warunków klimatycznych i decydują o funkcjonowaniu budynku jako całościowego systemu energetycznego,
- przybliżyć strategię ogrzewania i chłodzenia na osobnych schematach – gdy obie strategię nie pokrywają się w czasie (miesiące zimowe i letnie), należy zapewnić właściwą interpretację zdarzeń, przedstawiając je na odrębnych schematach,
- zobrazować gospodarkę energetyczną budynku na bazie przekroju w kierunku południe–północ; przy takiej orientacji budynek podlega ekstremalnym oddziaływaniom klimatycznym otoczenia (przeważające wiatry od północy, najwyższe wartości kątowe padania promieni słonecznych w ciągu dnia),
- utrzymać logiczną ciągłość zachodzących w budynku procesów – ponieważ procesy zachodzą w ustalonej kolejności i czasie, schemat powinien odzwierciedlać uszeregowany ciąg zdarzeń, który będzie tworzyć różne scenariusze, zależnie od pór roku (np. pozyskanie, magazynowanie i rozprowadzanie energii),
- korzystać ze zunifikowanego kodu graficznego w celu identyfikacji wszystkich procesów i komponentów energetycznych – zróżnicowane formalnie oznaczenia powinny odzwierciedlać kierunkowość i charakter procesów, a ich kolor powinien być zgodny z powszechnym odczuciem (barwa żółta – promieniowanie słoneczne, czerwona – ciepło, niebieska – chłód) (ryc. 9),
- dostosować skalę rysunków do stopnia ich szczegółowości – aby rysunki nie traciły na swej czytelności i utrzymały właściwy stopień nasycenia treścią, należy dobierać ich wielkość stosownie do liczby zawartych w nich danych.

7.7. Studium jednego przypadku

Prawidłowo sporządzone schematy pozwalają na właściwy odbiór informacji na temat funkcjonowania budynku jako systemu energetycznego. Ogólna interpretacja rysunków powinna być jednoznaczna, ale rezultat bardziej wnikliwych analiz będzie zależał od poziomu wiedzy odbiorcy. Luis De Garrido stworzył własną metodę opracowywania schematów i komentarzy do nich, w której



Ryc. 9. Modele, w których zostały uwidocznione sposoby pozyskiwania, magazynowania i rozprowadzania energii w okresie zimowym. Praca studencka przygotowana na kierunku architektura PWSZ w Raciborzu (oprac. A. Sikora, 2016/2017) i Politechniki Śląskiej w Gliwicach (oprac. M. Orzeł, 2011/2012)

czytelny przekaz treści może być dla innych wzorcem [16]. Poniżej przykład rozpoznania sytuacji w projekcie studenckim w zakresie działań zwiększających sprawność energetyczną i poprawiających mikroklimat wnętrza.

W projekcie zastosowano następujące komponenty energetyczne: przeszklenia w systemie zysków bezpośrednich, przegrody wewnętrzne z materiałów akumulacyjnych, zintegrowane ogniwa fotowoltaiczne, szczeliny pod panelami PV z wymuszonym za pomocą wentylatorów obiegiem powietrza, uchylne partie przeszkleń do odprowadzania na zewnątrz ciepła, podziemna galeria do wstępnego podgrzania lub schłodzenia powietrza kierowanego do wnętrza, szczeliny wentylacyjne w posadzkach, otwory wywiewne w transparentnych przegrodach zewnętrznych, podcienia dla ograniczenia zysków ciepłych, żaluzje zewnętrzne.

Opis działania systemu. Zespół domów szeregowych usytuowany jest na południowym stoku. Wtopione w strome podłoże budynki uzyskują strefę buforową od strony północnej, zmniejszając powierzchnię wymiany ciepła i ograniczając niekorzystne zjawisko wychładzania przez wiatry nienastłonecznionych przegród zewnętrznych. Ekspozycja południowa budynków pozwala na

maksymalizację zysków słonecznych w okresie zimowym, ale użycie przeszklonych przegród w systemie zysków bezpośrednich utrudnia racjonalne zagospodarowanie pozyskanego ciepła. Skutkiem są wysokie fluktuacje temperatur w cyklu dobowym (szybkie ogrzewanie wnętrza w ciągu dnia i wychładzanie w nocy). Aby zmniejszyć dopływ powietrza o temperaturze zewnętrznej wskutek naturalnej wentylacji, zastosowano rozwiązanie podziemnej galerii, która funkcjonuje jak gruntowy wymiennik ciepła, ale w ramach struktury budynku. Galeria ukształtowana jest tak, aby wydłużyć drogę i zwiększyć powierzchnię wymiany ciepła. W rezultacie dostarczane do wnętrza przez szczeliny wentylacyjne powietrze ulega wstępnemu ogrzaniu w zimie i schłodzeniu latem. Źródłem dodatkowych korzyści jest również dach, który jest zagospodarowany przy użyciu struktur fotowoltaicznych. Zintegrowane ogniwa wytwarzają energię elektryczną, poza tym podczas pracy wyzwalają ciepło, które można zagospodarować w sposób użyteczny. Konwekcyjnie za pośrednictwem wentylatorów wprowadzane jest ono do wnętrza budynku. Poza sezonem grzewczym ciepło jest usuwane na zewnątrz za pomocą uchylnych przeszkleń. W lecie na ograniczenie zysków słonecznych ma wpływ (ryc. 10):

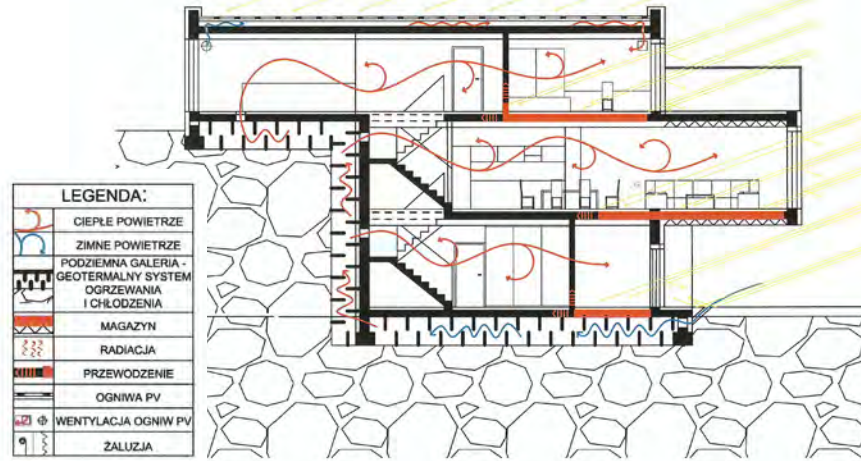
- artykulacja przegród, zapewniająca ochronę wnętrza przed nasłonecznieniem w zakresie kątowym odpowiadającym okresowi letniemu,
- użycie systemu technicznych osłon w postaci zewnętrznych żaluzji przy przeszkleniach podlegających największym obciążeniom termicznym.

7.8. Podsumowanie

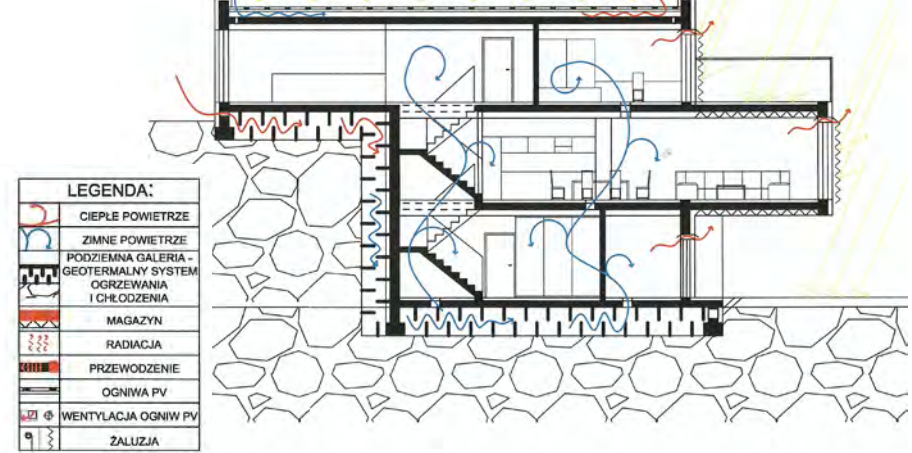
Rozpoznanie problematyki wykorzystania i opracowywania graficznych prezentacji zagadnień energetycznych pozwala sformułować następujące wnioski:

- Przydatność różnego typu schematów o treści energetycznej jest uwarunkowana stopniem czytelności i kompleksowości przedstawianych zagadnień. Aby osiągnęły one swoją skuteczność podczas rozmów z innymi uczestnikami procesu inwestycyjnego, powinny być rzetelnie opracowane, co zależy od wiedzy projektanta z zakresu fizyki ciepła i materiałoznawstwa oraz jego umiejętności korzystania z tego typu narzędzi.
- Szeroka oferta typologiczna schematów energetycznych pozwala na ich właściwy dobór, adekwatny do potrzeb. Różne postaci diagramowego zapisu potwierdzają ich praktyczną przydatność.
- W związku z wdrażaniem dyrektywy 2010/31/EU w sprawie charakterystyki energetycznej budynków [17] wzrasta waga zagadnień energetycznych w projektowaniu i użytkowaniu obiektu.

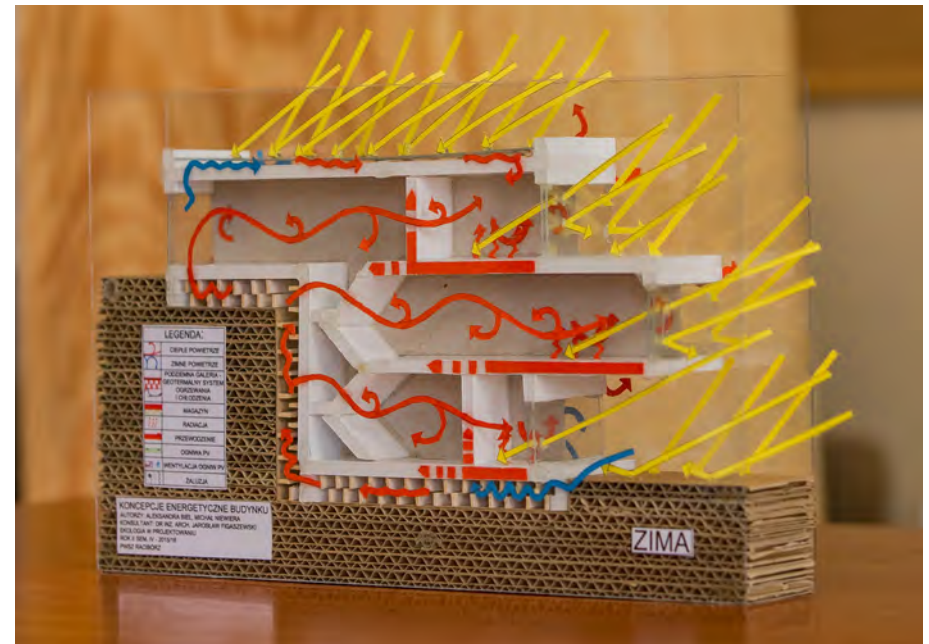
ZIMA DZIEŃ



LATO DZIEŃ



Ryc. 10. Schematy energetyczne zima dzień i lato dzień dla budynku mieszkalnego oraz model przestrzenny. Praca studencka przygotowana na kierunku architektura PWSZ w Raciborzu (oprac. A. Biel i M. Niewiera, 2015/2016)



Wskazanie w niniejszym opracowaniu wielu potencjalnych miejsc wykorzystania schematów energetycznych, co świadczy o ich znaczeniu w procesie inwestycyjnym i podczas użytkowania budynku, powinno być wystarczającą zachętą do znacznie szerszego niż obecnie praktycznego ich stosowania w polskich warunkach.

Bibliografia

- [1] Pallasmaa J., *Myśląca dłoń. Egzystencjalna i ucieleśniona mądrość w architekturze*, Instytut Architektury, Kraków 2015.
- [2] Zubel H., *Myślenie projektowe. Ogólne uwarunkowania konceptu w procesie projektowania architektonicznego*, Instytut Architektury, Wydawnictwo PWSZ w Raciborzu, Racibórz 2016.
- [3] Weber T., *Jak projektować energooszczędnie, nie rezygnując z architektury*, „Zawód: Architekt” 2011, 01, s. 72–73.
- [4] Celadyn W., *Koncepcje energetyczne budynków – metody prezentacji*, „Czasopismo Techniczne. Architektura” 2011, R. 108, z. 2-A/2, s. 15–25.
- [5] Figaszewski J., Biedrońska J., *Graficzna prezentacja strategii pasywnego ogrzewania i chłodzenia w budynku*, „Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja” 2014, t. 45, nr 1, s. 19–23.
- [6] Biedrońska J., Figaszewski J., *The Graphic Presentation's of Building's Passive Heating and Cooling Strategy*, „ACEE Architecture Civil Engineering Environment” 2015, Vol. 8, No. 1, s. 5–11.
- [7] La Roche P., *Carbon-neutral architectural design*, CRC Press, Taylor & Francis Group, New York 2012.
- [8] Mikoś-Rytel W., *O zrównoważonej architekturze ekologicznej i zarysie jej teorii*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2004.
- [9] Biedrońska J., Figaszewski J., *Wykorzystanie schematów energetycznych w projektowaniu budynków energooszczędnych*, [w:] A. Bać, J. Kasperski (red.), *Kierunki rozwoju budownictwa energooszczędnego i wykorzystania odnawialnych źródeł energii na terenie Dolnego Śląska*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2013, s. 61–70.
- [10] Nowakowski J., *Ogrzewanie energią słoneczną*, Arkady, Warszawa 1980.
- [11] Lisik A. (red.), *Odnawialne źródła energii w architekturze*, Skrypty Uczelniane nr 1944, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1995.
- [12] Figaszewski J., Olejko W., *Influence of energy components on developing groups of downtown flat housing on the example of students' projects*, [w:] J. Sokołowska-Moskwiak (red.), *Technological innovations and sustainability development in architecture and construction*, Grafpol, Racibórz 2017, s. 87–98.
- [13] Bayley R., The Challenge Series, <http://www.thechallengeseries.ca>, dostęp 10.02.2020.
- [14] Bać A., *Zrównoważenie w architekturze: od idei do realizacji na tle doświadczeń kanadyjskich*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2016.
- [15] Biedrońska J., Figaszewski J., *Graficzna interpretacja metod gospodarowania energią w budynkach bioklimatycznych*, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Budownictwo i Inżynieria Środowiska, Vol. 59, No. 2, Politechnika Rzeszowska, Rzeszów 2012, s. 69–78.
- [16] De Garrido L., *Artificial nature architecture*, Instituto Monsa de Ediciones, Barcelona 2011.
- [17] *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/EU z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków*, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:32010L0031>, dostęp 12.11.2019.



JAROSŁAW FIGASZEWSKI

➔ Architekt, doktor, starszy wykładowca i wicedyrektor Instytutu Architektury w Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej w Raciborzu (wcześniej pracował na Wydziale Architektury Politechniki Śląskiej). Odpowiada za ofertę programową dotyczącą transferu i upowszechnienia wiedzy praktycznej z zakresu energetyki odnawialnej i projektowania zrównoważonego. Specjalizuje się w informacji wizualnej dotyczącej procesów energetycznych w obiektach. Stworzył i prowadzi zajęcia w tym zakresie w ramach bloku przedmiotów związanych z projektowaniem zrównoważonym. Od ponad 20 lat działa na rzecz propagowania – na wszystkich szczeblach edukacji – energooszczędności i ekologii w skali architektonicznej i urbanistycznej. Za osiągnięcia w pracy zawodowej otrzymał osiem nagród rektora PŚ i rektora PWSZ w Raciborzu.

Uczestniczył w pracach nad założeniami polityki ekologicznej Górnego Śląska przyjętymi przez Sejmik Województwa Śląskiego. Brał udział w certyfikowanych warsztatach Case Study LEED, BREEAM oraz szkoleniach z zakresu budownictwa pasywnego. Występował na konferencjach krajowych i zagranicznych oraz prowadził międzynarodowe warsztaty studenckie, m.in. „Energooszczędność i odnawialne źródła energii w budownictwie, architekturze i urbanistyce” w Raciborzu i Ostrawie.

Był członkiem komitetu organizacyjnego IV Międzynarodowej Konferencji Naukowej OZE Racibórz 2016 „Innowacje technologiczne i zrównoważony rozwój w architekturze i w budownictwie”. Jest autorem i współautorem ponad 30 publikacji naukowych polskich i zagranicznych, w tym współautorem monografii *Projektowanie obiektów motoryzacyjnych* wyróżnionej przez Ministra Infrastruktury.

8. Wpływ rozwiązań energoaktywnych na architekturę

PIOTR KUCZIA
KUCZIA ARCHITECT

Przedstawione w tym rozdziale realizacje i projekty obrazują różnorodne wpływy rozwiązań energoaktywnych na architekturę budynków. Rozwiązania te w wieloraki sposób, w mniejszym lub większym stopniu, odbijają się na formie, układzie funkcjonalnym i konstrukcji budynku. Prezentowane przykłady obejmują różne typy obiektów: od domów jednorodzinnych, przez budynki dla szkolnictwa, po administracyjne i produkcyjne. Opisane projekty zlokalizowane są na terenie Polski oraz Niemiec – kraju, który ma bardzo zbliżone warunki klimatyczne i wiele inspirujących przykładów architektury energoaktywnej.

8.1. Wprowadzenie

Wiele energetycznych parametrów budynków odnosi się do jednostek powierzchni lub kubatury. Każdy wybudowany metr kwadratowy/sześcienne zużywa określoną ilość energii w trakcie eksploatacji, a jego wznoszenie pochłoneło określone zasoby materiałowe i energetyczne. W świadomej i celowej redukcji powierzchni użytkowej i gabarytów obiektu – już na samym początku fazy projektowej – tkwi ogromny potencjał ograniczenia jego zapotrzebowania energetycznego. Znalezienie balansu między zaspokojeniem potrzeb inwestora/użytkownika a uzyskaniem możliwie najmniejszych powierzchni użytkowych jest bardzo ważnym zadaniem projektanta.

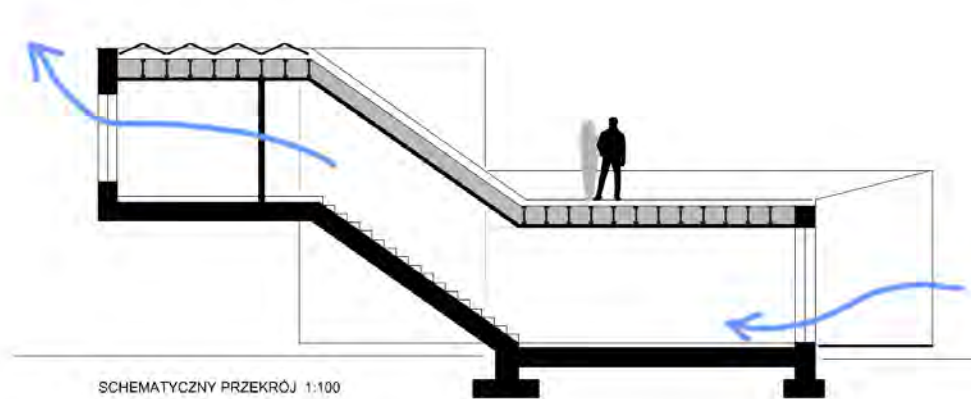
8.2. Wybrane przykłady obiektów energoaktywnych

Z bardzo szerokiej działalności autora rozdziału wybrano najciekawsze obiekty obrazujące stosowanie rozwiązań aktywnych energetycznie w różnych skalach. Większość z nich zrealizowano, niektóre są w fazie koncepcyjnej. Część powstała w autorskiej pracowni projektowej w Polsce, a część w niemieckim biurze agn.

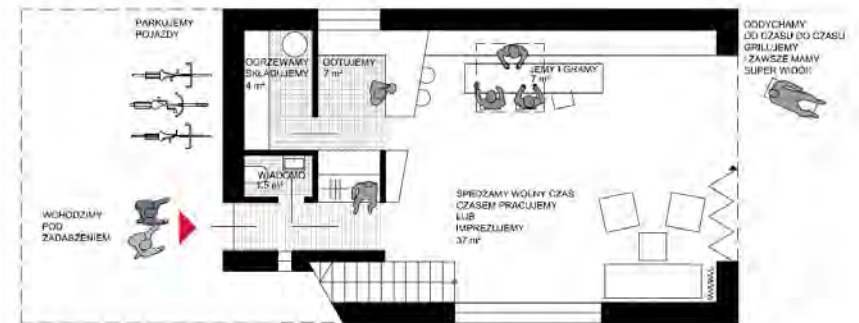
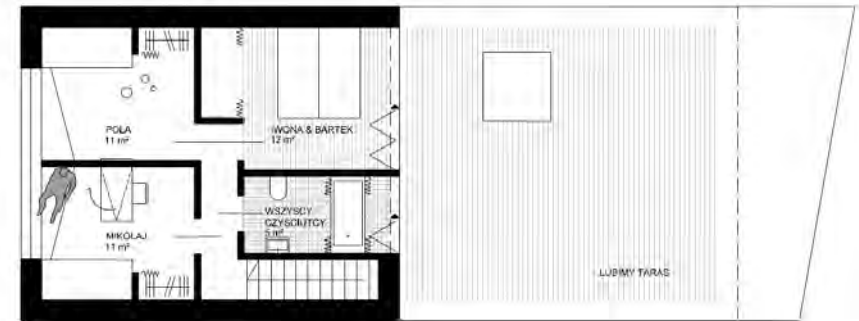
8.2.1. Domy jednorodzinne

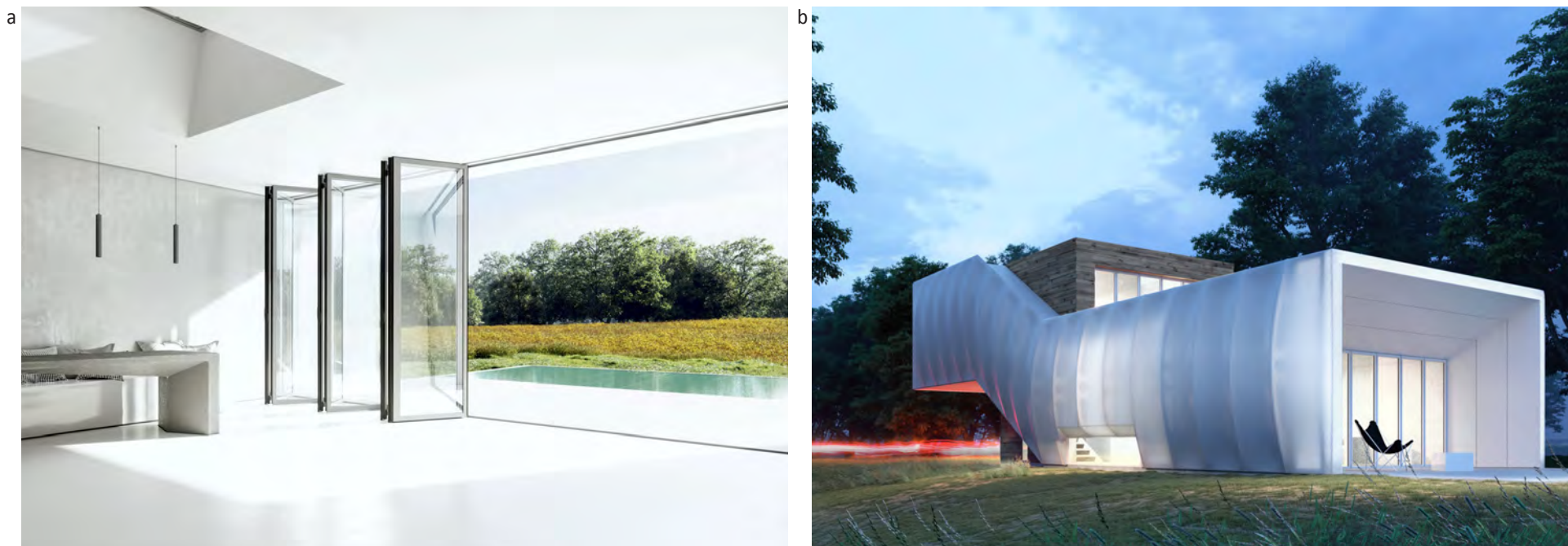
• Dom WORMHOUSE

Dom WORMHOUSE w Zabłociu na Śląsku Cieszyńskim (ryc. 1) jest przykładem celowej i konsekwentnej redukcji powierzchni użytkowej w celu zmniejszenia kosztów eksploatacji (czyli: głównie zmniejszenia zużycia energii) i obniżenia nakładów na budowę.



Ryc. 1. Dom WORMHOUSE w Zabłociu – kompaktowy dom dla czteroosobowej rodziny; świadoma i celowa redukcja powierzchni mieszkalnej; efekt kominowy wykorzystany do przewietrzania. Projekt P. Kuczia





Ryc. 2. Dom WORMHOUSE: a) białe powierzchnie podłóg, tarasu i płaski zbiornik z deszczówką jako elementy zwiększające albedo oraz harmonijkowe przeszklenie łączy wnętrze z otoczeniem; b) membrana fasadowa jako bufor termiczny. Projekt P. Kuczia (wizualizacja: A. Pluta)

Powierzchnia użytkowa tego przeznaczonego dla czteroosobowej rodziny domu wynosi jedynie 105 m². Budynek oferuje jednak dobry komfort mieszkania i dzięki zastosowaniu wielkogabarytowych przeszkleń – dużo wizualnej przestrzeni, rekompensującej niewielki metraż. Harmonijkowe przeszklenia (ryc. 2a) po otwarciu powiększają faktyczną powierzchnię użytkową o otoczenie i umożliwiają w upalne dni dobre przewietrzanie (efekt kominowy). Płytki, płaski zbiornik deszczówki na tarasie przed salonem wraz z białą powierzchnią tarasu podwyższają albedo, odbijając (szczególnie w okresie chłodnym) promienie słoneczne i kierując je do wnętrza budynku.

Stały występ loggii w okresie letnim chroni pomieszczenia mieszkalne przed przegrzaniem. Membranowe fasady (ryc. 2b) zaprojektowane zostały w celu stworzenia dodatkowego bufora cieplnego, nagrzewającego się w słońcu (efekt szklarniowy) i chroniącego ściany konstrukcyjne przed wiatrem. Wszystkie wspomniane energoaktywne elementy dają się wyraźnie odczytać w architekturze budynku.

- **Dom ekologiczny nad Jeziorem Łąckim koło Pszczyny**

Dom ekologiczny nad Jeziorem Łąckim koło Pszczyny (ryc. 3) był jednym z pierwszych obiektów energoaktywnych w kraju [1]. Od czasu budowy minęło ponad 10 lat i teraz można sięgać po doświadczenia wynikające z jego eksploatacji (choć jest on użytkowany jedynie okresowo).

Podstawowym zabiegiem prowadzącym do zmniejszenia zużycia zasobów i energii w budynku była jego optymalizacja geometryczna. To jedno z nielicznych rozwiązań, które bez podnoszenia kosztów inwestycyjnych (czasem nawet je redukując) może prowadzić do znacznych oszczędności w trakcie eksploatacji budynku. Zmaksymalizowana została powierzchnia przegród zewnętrznych skierowanych w kierunku słońca względem powierzchni nieoświetlanych (północnych). Układ funkcjonalny domu uwzględnia temperaturowe strefowanie – od strony północnej znalazły się:



Ryc. 3. Dom ekologiczny nad Jeziorem Łąckim – bryła podporządkowana na pozyskiwaniu energii słonecznej w sposób pasywny i aktywny. Projekt P. Kuczia (fot. T. Piкуła)

wiatrołap, garderoba, pralnia/pomieszczenie techniczne i spiżarnia, pełniące funkcję bufora termicznego, od strony południowej natomiast pokoje mieszkalne. Optymalizacji poddane zostało także rozplanowanie urządzeń grzewczych, tak aby ograniczyć długość ciągów instalacyjnych i straty energii związane z przesyłaniem ciepła na odległość.

Podstawowym punktem wyjścia było maksymalne wykorzystanie promieni słońca jako nośnika energii dla rozwiązań pasywnych i aktywnych oraz jako źródła naturalnego światła we wnętrzach, ze świadomym uwzględnieniem aspektów psychologicznych i zdrowotnych. Centralnym punktem projektu jest szklarniowe przeszklenie dużej części południowej fasady służące pasywnemu pozyskiwaniu energii solarnej i naturalnemu doświetleniu domu (ryc. 4a). We wnętrzu przewidziano masywne elementy konstrukcji budynku (podłogi, ściany), których zadaniem jest akumulacja nadmiaru ciepła i oddawanie go z opóźnieniem. Jednym z założeń było wykonanie od wschodniej strony szklarniowego przeszklenia ciężkiej glinianej ściany (ryc. 4b), która w porze popołudniowej – „doładowywana” promieniami słonecznymi – akumuluje ciepło. Jednocześnie jest ona ważnym elementem architektury wnętrza [2]. Praktyka użytkowa pokazuje, że – zgodnie z koncepcją – ściana nagrzewa się w promieniach słońca, podnosząc komfort cieplny pomieszczenia wieczorem (odczucie przyjemnego ciepła z jej kierunku) i korzystnie wpływając na mikroklimat. Jej udział w bilansie energetycznym obiektu jest przypuszczalnie jednak znikomy.

Aby nie dopuszczać do przegrzewania się pomieszczeń, na skośnych połaciach przeszkleń konieczna jest zewnętrzna markiza. Jednym z założeń dyktujących bryłę budynku było umożliwienie naturalnej wentylacji przez wykorzystanie efektu kominowego (ryc. 4a): w niskiej, przeszklonej części południowej powietrze szybko nagrzewa się w promieniach słońca i unosi w górę. Otwarcie dużych okien od strony północnej w najwyższej części budynku prowadzi do wytworzenia się ciągu, który – jak wykazuje praktyka – wyraźnie przewietrza budynek i w naturalny sposób chłodzi, zasysając chłodniejsze powietrze sponad częściowo zacienionego latem trawnika.

Połąć dachu wyższej części budynku – tzw. black box – ma nachylenie optymalnie przygotowane pod ogniwa fotowoltaiczne (odpowiednia orientacja, brak zacienienia), poniżej umiejscowiono kolektory słoneczne do przygotowania ciepłej wody użytkowej. W naszych warunkach klimatycznych płaskie kolektory słoneczne są wydajne latem, w okresie zimowym (niewielkie nasłonecznienie, zaśnieżenie) wnoszą one bardzo niewiele do bilansu energetycznego. Należy pamiętać, że do ich eksploatacji konieczne jest działanie pompy, która zużywa energię elektryczną. Black box pokryta



Ryc. 4. Dom ekologiczny nad Jeziorem Łąckim: a) schemat energii – przewietrzanie domu przez wykorzystanie efektu kominowego, nachylenie połaci przegród zewnętrznych podporządkowane wykorzystaniu energii słonecznej; b) gliniana ściana jako magazyn energii; c) zieleń dachowa ma właściwości izolacji termicznej i akustycznej oraz chroni pokrycie dachowe przed niekorzystnymi wpływami atmosferycznymi. Projekt P. Kuczia (oprac. i fot. P. Kuczia)

jest grafitowymi płytkami włóknocementowymi, które nagrzewając się w słońcu, prowadzą do powstawania pod nimi powietrznego bufora termicznego.

Do budowy domu użyto w miarę możliwości materiały z recyklingu, np. grys pochodzący w 100% z okolicznych rozbiórek. W budynku zastosowano około 25 m³ rodzimego drewna. Wykorzystane na elewacji drewno modrzewiowe bardzo dobrze nadaje się do stosowania na zewnątrz budynku bez uprzedniej impregnacji. Ważne jest jednak odpowiednie zaprojektowanie detali konstrukcyjnych, zapewniających m.in. wentylację desek z wszystkich stron. Po dekadzie użytkowania drewno modrzewiowe nabrało wprawdzie wyraźnej patyny, jednak w pełni zachowało swoje walory użytkowe.

W trakcie realizacji zwrócono uwagę na eliminację wszelkich mostków termicznych, wszystkie detale opracowane zostały pod kątem zapewnienia szczelności przegród, np. paroizolacja połaci dachowych została starannie przyklejona do ścian i miejsca styków pokryto tynkiem. Wentylację domu zapewnia instalacja wentylacyjna z rekuperacją.

Dzięki zastosowaniu zielonych dachów 2/3 zabudowanej powierzchni działki nadal pozostały zazielenione. Choć energetyczne zalety systemów zieleni dachowej trudno jest ująć w aspekcie obliczeniowym, bez wątpienia odgrywa ona rolę w bilansie energetycznym budynku, szczególnie dobrze chroniąc latem przed przegrzewaniem. W obiekcie zastosowano niewymagającą praktycznie żadnej pielęgnacji (plewienie raz na rok) i samoutrzymującą się zieleń ekstensywną (ryc. 4c). Oprócz pełnienia funkcji dodatkowej izolacji termicznej i akustycznej chroni ona pokrycie dachowe przed niszczącym działaniem promieni UV, gradem lub nagłymi zmianami temperatur, przedłużając w ten sposób cykl życia materiału.

Nietypowa forma domu ekologicznego nie wynikała z poszukiwań formalnych, lecz jest racjonalnym i konsekwentnym odzwierciedleniem zawartych w nim rozwiązań energoaktywnych. Drewniana fasada dolnej części domu ekologicznego była m.in. wynikiem przemyśleń związanych z ograniczeniem szarej energii w użytych do budowy materiałach.

- **Dom pod Warszawą i w Kościelisku**

Kierując się podobnymi przemyśleniami, w zrealizowanym domu pod Warszawą (ryc. 5) zastosowano drewno z odzysku (reused). W ten sposób „życie materiału” przedłużone zostało o cały nowy cykl. Podobne rozwiązanie zastosowano w projekcie domu w Kościelisku (ryc. 6).



Ryc. 5. Dom pod Warszawą – fasady wykonane z drewna z odzysku. Projekt P. Kuczia (fot. R. Gałczyński)

Ryc. 6. Dom w Kościelisku – drewno z odzysku na elewacjach. Projekt P. Kuczia (fot. M. Gruszka)

• Dom typowy MąDRIAN

Przeznaczony do powielania jako projekt typowy MąDRIAN [3] posiada wstępny certyfikat Polskiego Instytutu Budownictwa Pasywnego i Energii Odnawialnej. Projekt (ryc. 7) opracowany został na konkurs wydawnictwa Murator „Energooszczędny dom dostępny” i zdobył wyróżnienie honorowe oraz nagrodę sponsora. Fasada i połać dachu od strony południowej pokryte są całkowicie bezramowymi, cienkowarstwowymi modułami fotowoltaicznymi. Stanowią one estetyczny materiał wykończeniowy elewacji i dachu, a jednocześnie chronią pozostałe warstwy przegród przed oddziaływaniem atmosfery. Łączna powierzchnia zainstalowanych ogniw wynosi 101 m², a obliczeniowa moc nominalna systemu 11 kWp. Elewacje domu projektowane były na podstawie siatki osi opartej na wymiarach modułów zastosowanego panelu solarnego. Projekt powstał całkowicie w procesie projektowania zintegrowanego: koncepcja domu od samego początku jest wynikiem ścisłej współpracy architekta ze specjalistami z branży instalacyjnej, konstrukcyjnej i energetycznej. W trakcie prac projektowych przeprowadzone zostały szczegółowe symulacje energetyczne oraz analizy ekonomiczne. Ich rezultatem była optymalizacja bilansu energetycznego budynku tak, aby w ogniwach fotowoltaicznych – w stosunku rocznym – wytwarzał on więcej energii, niż bę-

Ryc. 7. Dom solarny MąDRIAN – konstrukcja domu oparta jest na siatce modułów fotowoltaicznych. Projekt P. Kuczia (wizualizacja: A. Pluta)



dzie zużywał w trakcie eksploatacji. Obliczenia wykazują, że dom pozyskiwać będzie rocznie około 8900 kWh energii elektrycznej z ogniw fotowoltaicznych, jego zapotrzebowanie na energię użytkową wyniesie w tym okresie około 4600 kWh, a na pozostałą energię elektryczną w gospodarstwie domowym około 3400 kWh. Ogniwa solarne będą więc wytwarzać nadwyżkę energii rzędu 880 kWh/rok. Z przeprowadzonych analiz wnosić można, że po odjęciu kosztów zaoszczędzonych materiałów fasadowych i dachowych, które zostaną zastąpione przez panele – przy obecnych cenach ogniw – koszty instalacji solarnej ulegną redukcji o 30% w stosunku do rozwiązania z ogniwami nakładanymi dodatkowo na przegrody zewnętrzne. Jednocześnie powierzchnie dachu i fasady pokryte są trwałym i estetycznym materiałem.

- **Wille i domy solarne**

Doświadczenia z projektu MąDRIAN wykorzystane zostały w projekcie plusenergetycznej willi w okolicach Łodzi [4]. Rozległa elewacja południowa budynku oferuje jak największą powierzchnię dla ogniw fotowoltaicznych zintegrowanych z fasadą, tzw. BIPV (Building Integrated Photovoltaic), umożliwiając maksymalne wykorzystanie energii solarnej (ryc. 8). Dzięki załamaniom powierzchni elewacji poszczególne, skierowane w różnych kierunkach względem południa grupy ogniw wytwarzają maksimum prądu z przesunięciem czasowym, o różnych porach dnia. Moduły fotowoltaiczne zastępują materiał wykończeniowy fasady. Ogniwami fotowoltaicznymi częściowo pokryte są także powierzchnie dachu. Ponieważ oferowane na rynku ogniwa fotowoltaiczne mają zadane formaty i wymiary, w przypadku ich pełnej integracji w fasady i dachy budynku konieczne jest projektowanie budynków w oparciu o siatkę modułów. W ten sposób od samego początku rozwiązania energoaktywne mają bezpośredni wpływ na architekturę budynku.



Ryc. 8. Plusenergetyczna willa solarne: rozległa południowa elewacja budynku pozyskuje energię słoneczną w sposób aktywny i pasywny. Projekt P. Kuczia (wizualizacja: A. Pluta)



Ryc. 9. Dom w Allgäu z BIPV na dachu. Projekt P. Kuczia (wizualizacja: A. Pluta)

Ryc. 10. BIPV na południowych przegrodach domu w Krakowie. Projekt P. Kuczia (fot. W. Buczek)

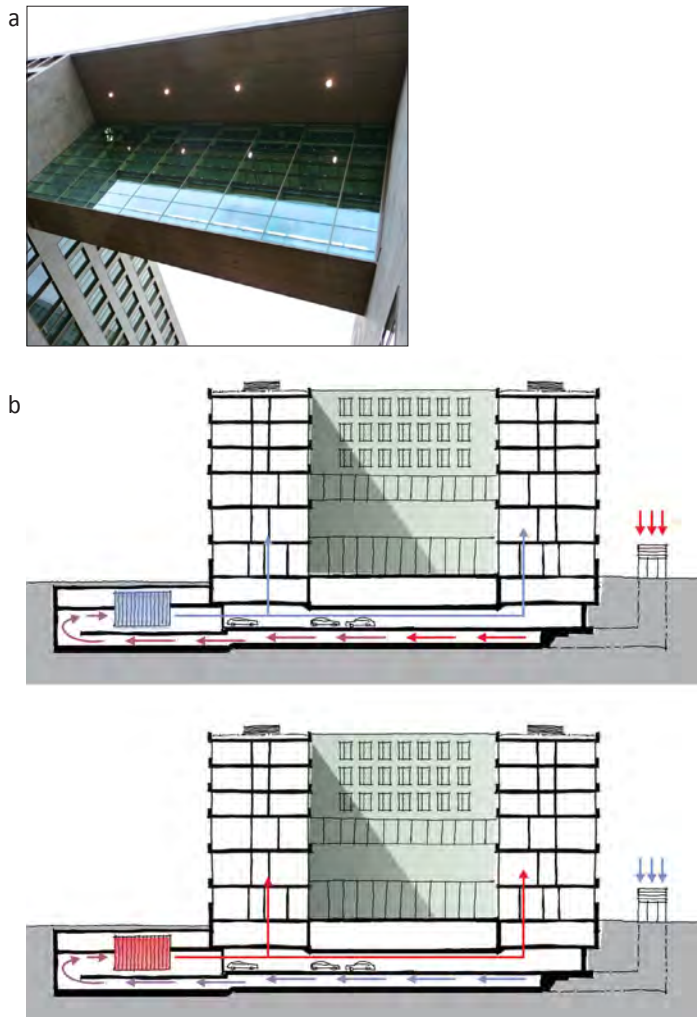


Z analogiczną problematyką projektową, związaną z uwzględnieniem siatki formatów modułów solarnych, można spotkać się w dalszych przykładach domów jednorodzinnych, np. w projekcie domu w niemieckim Allgäu (ryc. 9) z ogniwami BIPV na powierzchni dachu lub w domu w Krakowie (ryc. 10), gdzie ogniwami fotowoltaicznymi pokryte są wszystkie południowe przegrody obiektu.

8.2.2. Budynki biurowe

- **Centrum sądowe w Düsseldorfie**

W Justizzentrum w Düsseldorfie (ryc. 11) – jednym z największych obiektów wymiaru sprawiedliwości w Niemczech – po raz pierwszy na świecie zastosowano wielkogabarytowy gruntowy wy-



Ryc. 11. Centrum sądowe w Düsseldorfie: a) fragment budynku; b) gruntowy wymiennik ciepła skorelowany z zasobnikiem energii w PCM – schemat energetyczny latem (góra) i zimą (dół). Projekt agn, koncepcja konkursowa P. Kuczia w pracowni agn (fot. i oprac. P. Kuczia)

miennik ciepła skorelowany z centralnym zasobnikiem energii z materiałów zmiennofazowych PCM (ryc. 11b) [5]. Korelacja ta umożliwia kontrolowane zarządzanie zakumulowanymi rezerwami energii uzyskanej ze źródeł geotermicznych, z cykli dobowych, jak również z nadmiaru energii oddawanej do powietrza w trakcie użytkowania, np. z kuchni lub komputerów. Rozwiązanie było monitorowane przez dłuższy okres. Otrzymane rezultaty pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

- zastosowanie centralnego zasobnika energii z PCM prowadzi do pozytywnych efektów w całociowym bilansie ekonomicznym eksploatacji budynku,
- na proces wstępnego ogrzania/ochłodzenia powietrza w kanałach wymiennika gruntowego mają wpływ zarówno efekty geotermiczne, jak i zdolność akumulacji termicznej materiałów, z jakich wykonane są ścianki kanałów wymiennika. Z obserwacji wynika jednak, że w ogólnym bilansie energii ważniejszą rolę odgrywa masa termiczna materiału ścianek kanałów niż procesy wymiany ciepła z samym gruntem.

Zastosowany układ jest w stanie pokryć 20–30% zapotrzebowania budynku na energię. W obiekcie, który użytkowany jest przez 3000 osób, prowadzi to do wyraźnego ograniczenia kosztów utrzymania budynku. System ten dostępny jest przy tym przez cały czas użytkowania. Dodatkowym czynnikiem zmniejszającym koszty jest możliwość redukcji konwencjonalnych urządzeń instalacyjnych. W przypadku Centrum sądowego inwestor (ze względów na szczególne wymagania bezpieczeństwa i eksperymentalny charakter przedsięwzięcia) zdecydował się jednak na wyposażenie instalacyjne pozwalające w razie awarii na eksploatację budynku z ominięciem opisywanego systemu. Ponieważ zastosowane rozwiązania mają w dużej mierze pasywny charakter i bazują na nieskomplikowanych technologiach, niebezpieczeństwo poważnej awarii jest znikome. Celem projektantów było opracowanie systemu możliwie najmniej skomplikowanego. Jego prostota jest zaletą, co w pozytywny sposób wyróżnia go spośród innych, alternatywnych koncepcji zaopatrywania budynków w energię. W projekcie architektonicznym od samego początku prowadzone były analizy cyklu życia budynku (LCA) i przedstawione rozwiązanie jest wynikiem interdyscyplinarnej współpracy architektów ze specjalistami z innych branż już na etapie projektu konkursowego.

Choć opisane powyżej systemy w całości znajdują się na poziomie kondygnacji podziemnych, miały one wpływ na architekturę budynku już na etapie projektu konkursowego: podyktowały np. zarys bryły obiektu, wpłynęły na organizację funkcjonalną kondygnacji z garażami podziemnymi lub na gabaryty pomieszczeń technicznych.

- **Budynek pracowni agn**

W oparciu o doświadczenia z projektu Centrum sądowego – w szczególności roli akumulacji termicznej samych ścianek wymiennika – w liczącym około 1000 m² powierzchni użytkowej budynku pracowni agn [6] w Ibbenbüren (Niemcy) (ryc. 12) wykonano uproszczoną wersję powietrznego, gruntowego wymiennika ciepła w postaci dwukomorowego kanału pod płytą fundamentową o przekroju w świetle około 1,20 × 1,20 m i długości każdego z kanałów pętli około 45 m (ryc. 12a). Innowacją było zastosowanie tam materiałów zmiennofazowych bezpośrednio w betonowych ściankach wymiennika. Dzięki temu rozwiązaniu powietrze z kanału na wejściu do centrali wentylacyjnej ma prawie stałą temperaturę, niezależnie od pory roku.

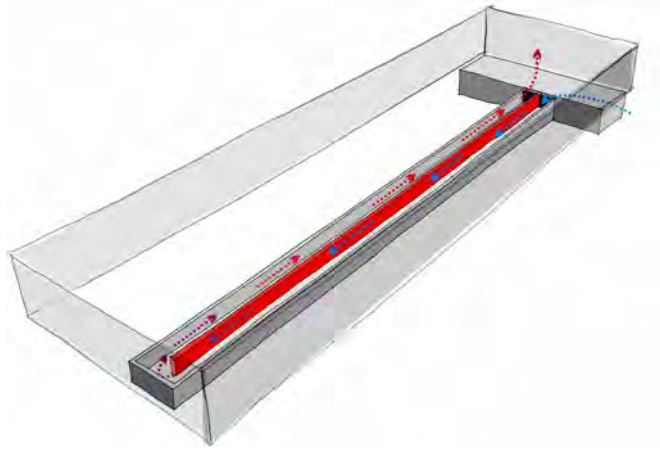
Doświadczenia eksploatacyjne pokazują, że mimo początkowych trudności z regulacją dużej liczby współgrających ze sobą urządzeń po pewnym czasie udało się doprowadzić do utrzymania w biurach zadowalającego komfortu cieplnego i zapewnienia dobrej wentylacji pomieszczeń. W połączeniu z instalacją geotermiczną (11 sond gruntowych do głębokości 100 m) budynek udaje się zasilać w energię pompami ciepła bez innych, dodatkowych źródeł energii.

Zarówno ogrzewanie, jak i chłodzenie pomieszczeń odbywa się przez powietrze wentylacyjne i aktywację termiczną żelbetonowych stropów. Dzięki temu wyeliminowana została konieczność zastosowania instalacji klimatyzacyjnej w budynku (ryc. 12b).

Także w tym przypadku – choć większość rozwiązań HVAC ukryta jest pod ziemią lub w elementach budowlanych – energoaktywność budynku daje się odczytać w niektórych elementach jego architektury, np. w betonowej powierzchni aktywowanych termicznie stropów (ryc. 12c) lub w wysokiej konstrukcji podwójnej podłogi (ryc. 12d), w której przebiegają liczne kanały wentylacyjne o dużych przekrojach (wpływ na wysokość kondygnacji).

Po przeprowadzonych wcześniej odpowiednich symulacjach, świadomie pod względem energetycznym zaprojektowano też wielkości i rozmieszczenie okien – w zależności od orientacji elewacji względem słońca.

a



b



c



d



Ryc. 12. Biurowiec pracowni agn w Ibbenbüren (Niemcy): a) gruntuowy wymiennik ciepła z betonowymi ściankami, w których znajdują się domieszki PCM; b) budynek; c) rozwiązania energoaktywne wpływają na architekturę wnętrza – płaszczyznowe sufity grzejne; d) instalacja wentylacji pod posadzką. Projekt agn (fot. i oprac. P. Kuczia)



Ryc. 13. Budynek 3E we Wrocławiu: a) form follows energy – architektura podporządkowana aspektom energetycznym; b) ukształtowanie elewacji jako odpowiedź na różnice nasłwienienia słonecznego w zależności od kierunków świata. Projekt P. Kuczia (wizualizacja: A. Pluta)

8.2.3. Budynek edukacyjne

- **Budynek 3E**

Budynek 3E (Energia – Ekonomia – Ekologia) dla Instytutu Klimatyzacji i Ogrzewnictwa Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej (ryc. 13) jest modelowym przykładem wpływu rozwiązań energoaktywnych na formę, funkcję i konstrukcję budynku [7]. Projekt budynku powstał w wyniku intensywnej interdyscyplinarnej współpracy architekta z trzydziestoosobowym gronem naukowców PWr, specjalizujących w różnych dziedzinach związanych z energetycznym funkcjonowaniem budynku i jego techniczną obsługą (np. ekspertów od energii solarnej i geotermicznej,

specjalistów od wentylacji/klimatyzacji, instalacji wodnej – z wykorzystaniem wody deszczowej i szarej, biologicznym oczyszczaniem ścieków).

Forma architektoniczna rodziła się od samego początku jako wypadkowa zebranych w trakcie dyskusji pomysłów oraz wyników obliczeń i symulacji komputerowych. Architektura budynku – oparta na naukowych przesłankach – jest logiczna i uzasadniona. Zadaniem architekta było poszukiwanie optymalnych rozwiązań formalnych spełniających energetyczne/środowiskowe zalecenia ekspertów i przybranie ich w jak najlepszą, najbardziej estetyczną formę. Architekt był więc w dużym stopniu koordynatorem i mediatorem. Takie podejście jest czytelne w architekturze budynku – jego forma odzwierciedla zasadę form follows energy. W fazie koncepcyjnej prowadzone były także analizy środowiskowe cyklu życia budynku LCA (Life Cycle Assessment) – od budowy, przez eksploatację, po rozbiórkę i utylizację.

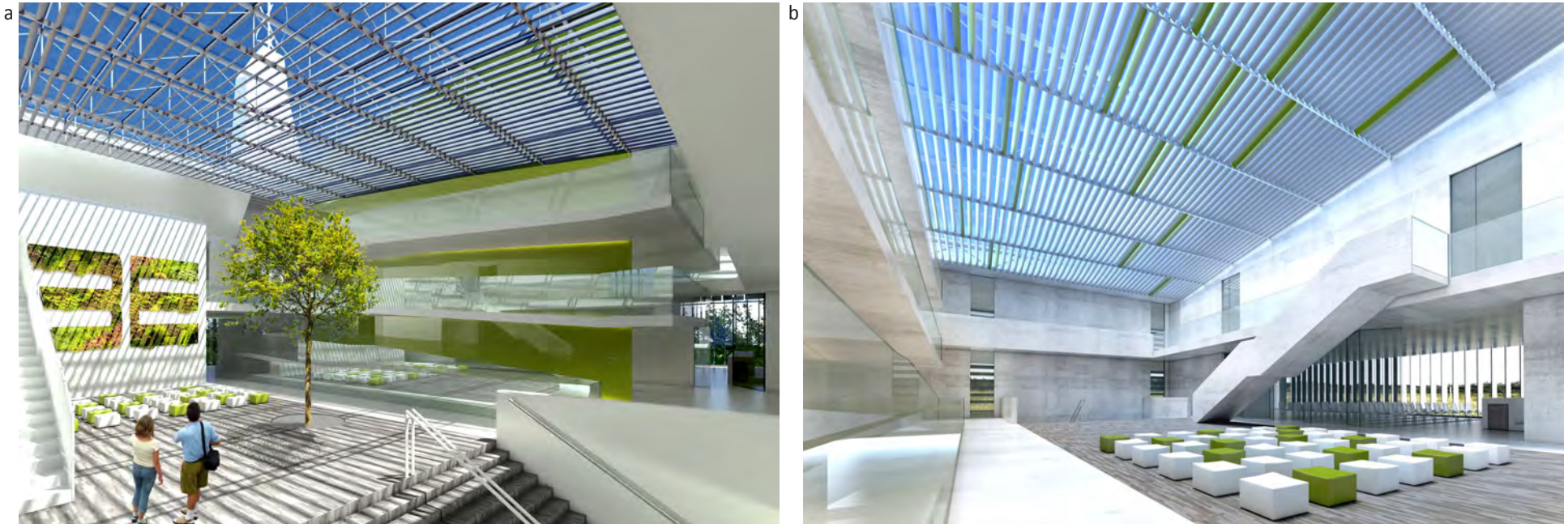
W projekcie 3E nagromadzono w pewnym sensie nadmiar nowoczesnych technik energooszczędnych i zrównoważonych oraz ekologicznych materiałów, ale było to zamierzeniem celowym, ponieważ:

- ma być on modelem badawczym w „skali 1:1”, w którym poszczególne rozwiązania będą stale monitorowane na miejscu, będą sprawdzane w praktyce, ich efektywność będzie podlegała naukowej weryfikacji w trakcie użytkowania i dalszej ewaluacji,
- ma być obiektem dydaktycznym dla studentów – z możliwością zapoznawania się z nowoczesnymi rozwiązaniami „na żywo”,
- ma być ekologicznym „eksponatem” o szerokim zasięgu społecznym – cały budynek, a także jego otoczenie będą miały charakter stałej „wystawy” prośrodowiskowych, energooszczędnych rozwiązań.

Wymienione poniżej środki wybiórczo ilustrują szeroki wachlarz rozwiązań zmierzających do optymalizacji energoaktywności obiektu i odbijających się na jego architekturze:

Optymalizacja geometrii i strefowanie

Forma budynku jest wynikiem optymalizacji jego geometrii pod względem ograniczenia strat ciepła, możliwości pozyskiwania energii słonecznej, przy jednoczesnym położeniu nacisku na jak najlepsze spełnienie wymagań funkcjonalnych i konstrukcyjnych oraz zapewnienie maksymalnego komfortu użytkowego. Rzut budynku oparty na kształcie kwadratu zapewnia minimalizację powierzchni przegród zewnętrznych w stosunku do kubatury. Ogrzewana kubatura jest zwartą,



Ryc. 14. Budynek 3E we Wrocławiu: a) położona poniżej głównego poziomu strefa wejściowa w pasywny sposób chroni przed wychładzaniem atrium; b) przeszklone atrium odgrywa ważną rolę w energetycznej koncepcji budynku. Projekt P. Kuczia (wizualizacja: A. Pluta)

prostopadłościenną bryłą. Układ pomieszczeń w rzucie zaprojektowano zgodnie z zasadą strefowania temperaturowego w zależności od wymagań cieplnych i przeznaczenia użytkowego.

W projekcie zastosowano także wertykalne strefowanie temperaturowe budynku: najniżej położona strefa wejściowa i techniczna w pasywny sposób zatrzymuje chłodniejsze (a więc cięższe) powietrze na najniższym poziomie budynku. Pomysł ten wzorował się na tunelach wejściowych w eskimoskim igloo (ryc. 14a).

Zróznicowane fasady

Podczas opracowywania koncepcji budynku elewacje zaprojektowano w zależności od ich orientacji względem słońca:

- wschodnia i zachodnia: duże powierzchnie przeszkleń, wyposażone w obrotowe lamelki o pionowym układzie (korzystny kąt względem promieni słonecznych przy zacieraniu i wytwarzaniu energii słonecznej w ogniwach fotowoltaicznych),

- południowa: duże powierzchnie przeszkleń, obrotowe lamelki w układzie poziomym korzystnym przy wysokim położeniu słońca w godzinach południowych,
- północna: niewielki udział powierzchni transparentnych.

Obracające się za ruchem słońca lamelki przeciwśoneczne pokryte są ogniwami fotowoltaicznymi – prowadzi to do synergii pomiędzy zacienianiem a maksymalną produkcją energii elektrycznej (prostopadłe ustawienie względem promieni słonecznych).

Drewniane ekrany elewacyjne jako pasywne elementy zacieniające w zależności od pór roku. Skosy powierzchni ekranów spełniają różnorodne funkcje, m.in.:

- zacieniają pomieszczenia w okresie letnim (zasada znana już z antycznego domu solarnego Sokratesa, zob. rozdz. 1),
- stanowią korzystnie nachylone podłoże pod kolektory słoneczne (wraz z efektem albedo dla pomieszczeń),
- na dachu pełnią funkcję balustrad oraz zwiększają wizualnie powierzchnię dachu, chronią przed hałasem z ulicy (koncepcja „sali wkładowej pod gołym niebem”).

Efekt kominowy

W celu maksymalnego wsparcia wentylacji naturalnej w całym budynku wykorzystywany jest efekt kominowy. Rozwiązanie to znaleźć można w wielu elementach konstrukcyjnych obiektu, ale widoczne jest ono najlepiej na dachu w postaci trzech zbiorczych kominów solarnych, zwieńczonych dodatkowo wertykalnymi turbinami wiatrowymi.

Aktywacja termiczna przegród budowlanych

W budynku konsekwentnie zastosowano aktywację termiczną ścian i masywnych stropów żelbetowych (ogrzewanie/chłodzenie płaszczyznowe). Wprowadzenie chłodzenia płaszczyznowego wymaga latem kontrolowanej wilgotności powietrza, gdyż istnieje niebezpieczeństwo wykraplania się wilgoci na powierzchni chłodzącej.

Termoizolacja

Wszystkie zaprojektowane przezroczyste i nieprzezroczyste przegrody spełniają najwyższe standardy termoizolacyjne. Zredukowane zostają mostki termiczne. Budynek będzie całkowicie szczelny.

Oświetlenie naturalne

Światło naturalne odgrywa we wnętrzach zasadniczą rolę. Obszerne przeszklenia elewacji wschodniej, południowej i północnej, wraz z przeszkloną przestrzenią atrium, zapewniają intensywne oświetlenie pomieszczeń światłem dziennym, oszczędności energii elektrycznej, zwiększenie komfortu użytkowego i zapewnienie wysokiego komfortu wizualnego oraz korzystny wpływ na samopoczucie.

Ściany akumulacyjne

Masywne elementy konstrukcyjne magazynują ciepło solarne. Przez swoją bezwładność termiczną zmniejszają one niebezpieczeństwo przegrzania się pomieszczeń.

Atrium

Zapewnia wysoką jakość przestrzeni użytkowej i spełnia funkcje energetyczne (ryc. 14b). Konstrukcja atrium umożliwia wykorzystanie jako hybrydowego kolektora powietrznego przestrzeni pomiędzy przeszkleniem dachu a ruchomymi osłonami zacinającymi:

- w okresie letnim osłony ustawione są w pozycji zacinającej, jednocześnie ich górna powierzchnia pokryta jest ciemną powłoką nagrzewającą się w słońcu. Powietrze w przestrzeni ponad osłonami intensywnie się nagrzewa i pozyskana z niego energia zostaje wykorzystana do chłodzenia budynku,
- zimą promienie słoneczne bezpośrednio nagrzewają wnętrze.

System klimatyzacyjny SDEC (Solar Desiccative Evaporative Cooling)

Do uzdatniania powietrza (zarówno oziębiania latem, jak i ogrzewania zimą) wykorzystywana jest energia promieniowania słonecznego z różnych źródeł, głównie kolektora powietrznego nad przestrzenią atrium. Wykorzystanie energii słonecznej do chłodzenia powietrza wynika z dwóch istotnych przesłanek. Po pierwsze, budynki wykazują największe zapotrzebowanie na chłód w okresach o dużym nasłonecznieniu, czyli latem. Po drugie, podobna korelacja ma miejsce także w ciągu dnia, gdzie często zaobserwować można zbieżne w czasie występowanie maksymalnego zapotrzebowania na chłodzenie z największym natężeniem promieniowania słonecznego. Dla klimatu polskiego: redukcja nawet o 60% w kosztach uzdatniania powietrza w okresie półrocza ciepłego (w odniesieniu do zapotrzebowania na energię końcową).

Akumulacja ciepła i chłodu

Zakłada się akumulację energii cieplnej: sezonową (od 2 do 6 miesięcy), średniookresową (od 1 do 2 miesięcy), krótkookresową (od 1 do 2 tygodni)/(1–2 dni), natomiast energii chłodniczej: średniookresową (od 1 do 2 tygodni), krótkookresową (1–2 dni).

Rozpatrywane jest magazynowanie energii w ciałach stałych (skały, żelazo), gruncie, wodzie lub przy wykorzystaniu przemian fazowych wody (lód), rozmaitych roztworów, parafin, również przemian elektrochemicznych (akumulatory niklowo-kadmowe, kwasowo-ołowiowe, wodorowe) oraz w akumulatorach mechanicznych. Jako główny sposób akumulacji energii przewiduje się wykorzystanie przemian fazowych (najmniejsza masa). Jednocześnie zakłada się magazynowanie energii w gruncie. Oprócz zastosowania akumulatorów długoterminowych proponuje się również zastosowanie akumulacji w przegrodach budowlanych poprzez umieszczenie w nich materiałów akumulacyjnych typu PCM (Phase Change Materials).

Kolektory słoneczne

Projektanci przewidzieli aktywne wykorzystanie energii solarnej w postaci kolektorów słonecznych (wspomaganie ogrzewania, wytwarzania ciepłej wody użytkowej, także do chłodzenia w systemie SDEC). Łącznie zaplanowano ponad 100 m² powierzchni kolektorów (kolektory próżniowe i płaskie).

Cradle to cradle

Dążeniem było wykorzystanie materiałów i produktów uwzględniających zasadę cradle to cradle (od kołyski do kołyski).

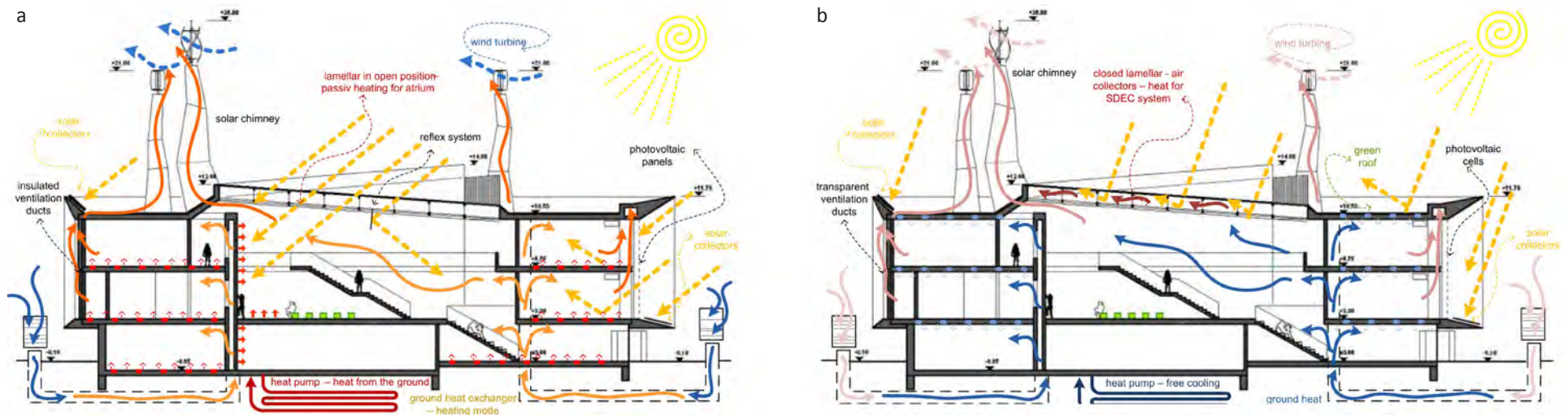
Systemy zarządzania budynkiem

Przewidziano dwa systemy zarządzania budynkiem (Building Management System – BMS). W postaci inteligentnej automatyki budynkowej (Intelligent Building Management System – IBMS), która umożliwi nadzór, monitoring oraz wizualizację procesów pozyskiwania, akumulacji i wykorzystania energii. Monitoring pracy systemów będzie pozwalał na wnioskowanie o rzeczywistej efektywności energetycznej i o procesach zachodzących w trakcie pracy systemów wewnętrznych budynku.

Drugi system umożliwi zarządzanie energią (Building Energy Management System – BEMS). Ta cyfrowa metoda automatycznego sterowania i regulacji zagwarantuje maksymalną energooszczędność budynku przez optymalne wykorzystanie dostępnych źródeł energii oraz pasywnych

systemów energetycznych. System zabezpieczy budynek przed przegrzaniem w lecie i wychłodzeniem zimą, optymalnie zaplanuje magazynowanie i produkcję energii, utrzyma najlepsze parametry dostawy energii oraz wybierze najtańsze w danych warunkach źródło zasilania. Wizualizacja procesów będzie udostępniona w wyeksponowanych miejscach dla użytkowników i odwiedzających budynek. W ten sposób uzupełniona zostanie edukacyjna i dydaktyczna funkcja budynku.

Pedagogiczna koncepcja przekazu wiedzy na temat zastosowanych w budynku technik została opracowana we współpracy z ekspertami w dziedzinie edukacji ekologicznej z działającego przy Uniwersytecie Osnabrück w Niemczech Stowarzyszenia dla Ekologii i Środowiska (Verein für Ökologie und Umweltbildung – ViÖ) wsparta przez Niemiecką Federalną Fundację Środowiskową (Deutsche Bundesstiftung Umwelt – DBU). W przekazie informacji o obiekcie ważną rolę odgrywają schematy energetyczne (ryc. 15) ułatwiające zrozumienie rozwiązań poszczególnym uczestnikom procesu projektowego, więcej na ten temat w rozdziale szóstym.

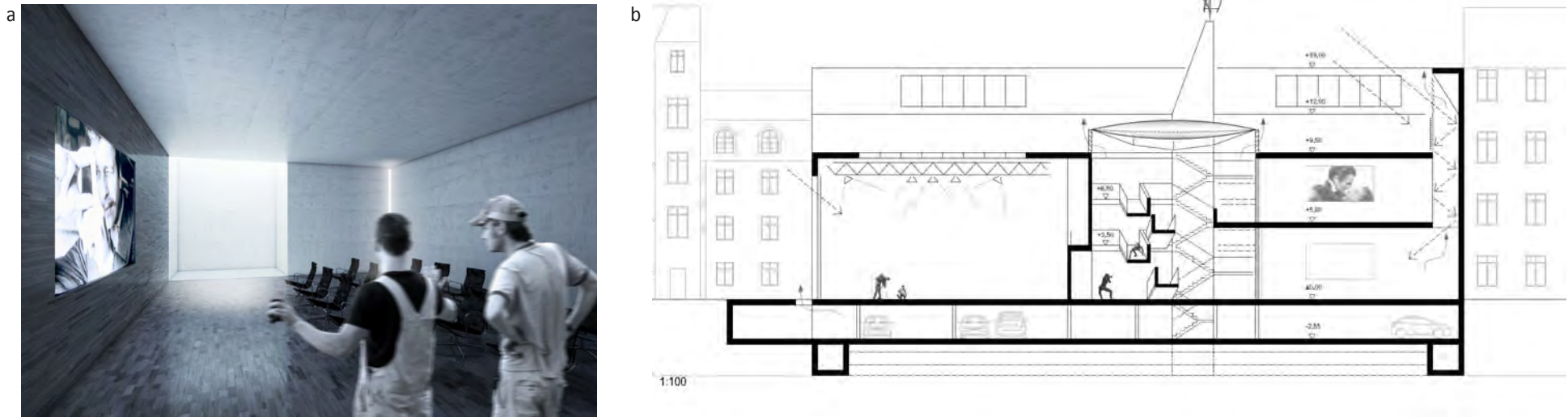


Ryc. 15. Budynek 3E we Wrocławiu – schematy energetyczne jako element komunikacji między uczestnikami procesu projektowego: a) zima, b) lato. Projekt P. Kuczia

- **Szkoła Filmowa w Katowicach**

Pasywne rozwiązania solarne – takie jak atrium lub kominy solarne – zastosowano w projekcie Wydziału Radia i Telewizji im. Krzysztofa Kieślowskiego Uniwersytetu Śląskiego (praca konkursowa). W tym przypadku kominy solarne służą nie tylko do wspomagania wentylacji naturalnej pomieszczeń dydaktycznych (ryc. 16a), ale także do ich naturalnego doświetlenia w części parterowej. Ponieważ przylegają one bezpośrednio do graniczącej zabudowy miejskiej, nie było możliwości doświetlenia ich przez okna. Zaproponowano więc studnię świetlną doprowadzającą promienie słoneczne (za pomocą systemu reflektorów) do dolnej kondygnacji.

Poza tym w projekcie przewidziane zostały dalsze rozwiązania energoaktywne, np. turbiny wiatrowe i gruntowe wymienniki ciepła z materiałami PCM (ryc. 16b).



Ryc. 16. Szkoła Filmowa w Katowicach – wykorzystanie studni solarnej: a) doświetlenie dolnej kondygnacji; b) doświetlenie i wentylacja sal dydaktycznych. Projekt P. Kuczia (wizualizacja: A. Pluta)

8.2.4. Budynek produkcyjne

- Solarlux Campus w Melle

Oddany do użytku w 2016 roku kompleks administracyjno-produkcyjny Solarlux Campus w niemieckim Melle (ryc. 17) jest szczególnie ciekawym przykładem inteligentnego połączenia licznych rozwiązań instalacyjnych i architektonicznych w jedną całość, w której poszczególne elementy nie wykraczają znacząco poza znane i stosowane standardy techniczne, jednakże ich wzajemne współgranie prowadzi do nowych jakości energoaktywnych. Po kilku latach użytkowania można stwierdzić, że zaplanowana synergia doskonale sprawdza się w praktyce.



Ryc. 17. Solarlux Campus – kompleks administracyjno-produkcyjny w Melle (północne Niemcy). Projekt DIA179 (fot. C. Meyer)



Ryc. 18. Solarlux Campus – podwójnie przeszklone fasady umożliwiają pasywną wentylację biur o każdej porze roku: a) przestrzeń buforowa między jednoszybowymi przeszkleniami balkonów i trójszybowymi ściankami przesuwными cero; b) jednoszybowe przeszklenia zewnętrzne; c) schemat pasywnego wykorzystania strefy buforowej podwójnych fasad. Projekt DIA179 (fot. C. Meyer, oprac. P. Kuczia)

Solarlux jest producentem składanych przeszkleń harmonijkowych i przesuwanych ścianek szklanych, więc intensywne wprowadzenie własnych produktów jako elementów pasywnie wykorzystujących energię solarną i wspomagających naturalną wentylację było sprawą oczywistą. Biura części administracyjnej – która jednocześnie służy jako showroom – otrzymały podwójnie przeszklone fasady (ryc. 18a).

Jednym z podstawowych założeń projektowych było maksymalne wykorzystanie możliwości pasywnej wentylacji naturalnej. Opracowana z pomocą odpowiednich narzędzi symulacyjnych koncepcja pozwala na dosyć pewne kontrolowanie naturalnych strumieni powietrza wentylacyjnego w budynku w zależności od ustawienia poszczególnych przeszklonych elementów. Wraz z systemem osłon przeciwsłonecznych udało się uzyskać całkowicie – od podłogi do sufitu – przeszklone biura, przy jednoczesnej rezygnacji nie tylko z klimatyzacji, ale także częściowo z instalacji wentylacyjnej (ryc. 18b).

W okresie grzewczym przestrzeń buforowa między przeszkloniami fasady działa jako kolektor powietrzny: powietrze wewnątrz nagrzewa się do temperatur znacznie wyższych niż panujące na zewnątrz i pozwala na wykorzystanie go jako wstępnie ogrzanego medium do naturalnej wentylacji. W okresie letnim stałe występy balkonów chronią częściowo przed nadmiernym nagraniem, otwarcie zewnętrznej warstwy elewacji zabezpiecza przed przegrzaniem się strefy buforowej (ryc. 18c).

Istotną rolę w bilansie energetycznym budynku administracyjnego odgrywa także centralne atrium, które przykryte jest dachem poduszkowym z folii ETFE (ryc. 19a). Przylegające do niego biura mają harmonijkowo składane przeszklone pozwalające na naturalne przewietrzanie od strony atrium.

Zarówno do ogrzewania, jak i do chłodzenia budynku wykorzystywana jest energia geotermiczna pochodząca z 80 sond gruntowych do głębokości 80 m. Instalacja geotermiczna nie wpływa w bezpośredni sposób na architekturę budynku, pośrednio jednak rozwiązanie to jest widoczne np. w sposobie traktowania powierzchni betonowych stropów, które zostały zaktywowane termicznie. Zabetonowane w stropach moduły do ogrzewania i chłodzenia budynku wodą z pomp ciepła wymagają pozostawienia możliwie dużej powierzchni stropów w stanie surowym. Wymagane ze względów akustycznych ekrany pochłaniające dźwięki zwisają z sufitu w postaci pionowych tarcz, umożliwiając swobodny przepływ energii (ryc. 19b).



Ryc. 19. Solarlux Campus – termiczna aktywacja stropów: a) przekryte foliowym dachem przeziernym atrium jest centralną częścią budynku administracyjnego i służy jako showroom, a także jako miejscowe centrum kultury (fot. C. Meyer); b) aktywne stropy żelbetowe wymagają specjalnych rozwiązań pozostałych elementów wnętrza – pionowo mocowane ekrany akustyczne umożliwiają swobodny przepływ energii (fot. S. Hillert). Projekt DIA179



Ryc. 20. Solarlux Campus: a) praca jak na świeżym powietrzu: wielkoformatowe harmonijkowe przeszkłone ścianki składane umożliwiają pasywne przewietrzanie hal produkcyjnych (fot. S. Hillert); b) zbiornik retencyjny na deszczówkę poprawia mikroklimat przed halami produkcyjnymi, chłodząc w upalne dni powietrze, którym pasywnie przewietrzane są budynki (fot. C. Meyer). Projekt DIA179

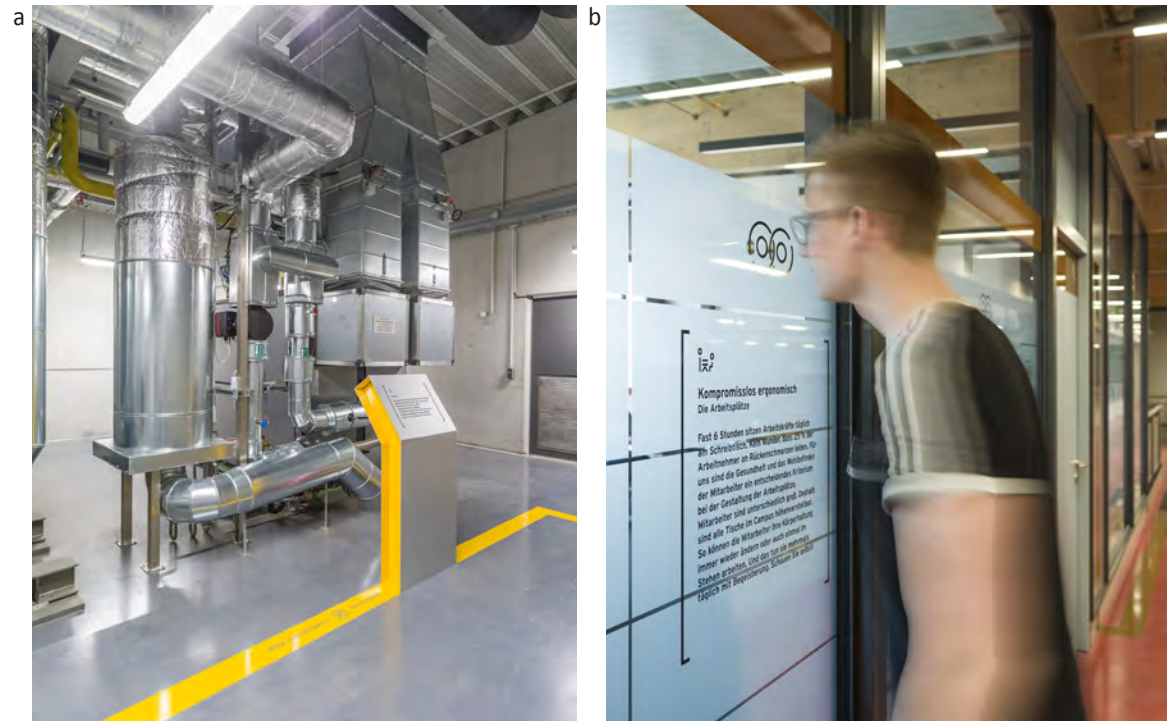
Hale produkcyjne zostały zaprojektowane tak, aby także umożliwić ich naturalne chłodzenie, bez konieczności stosowania drogiej i energochłonnej klimatyzacji. W okresie letnim obniżenie temperatury we wnętrzach uzyskuje się m.in. przez tzw. schładzanie nocne: w momencie, kiedy temperatura na zewnątrz spada poniżej wewnętrznej, automatycznie otwierają się lamelki przeszkleń na elewacji oraz w dachu. Nawet w bezwietrzne dni efekt kominowy wprawia powietrze w ruch, chłodząc masywne elementy betonowe (bezwładność termiczna). W dni o umiarkowanych temperaturach pracownicy chętnie otwierają całe połączenie elewacji (ryc. 20a) i mają w ten sposób poczucie pracy na świeżym powietrzu. Ten wykraczający poza czystą energoaktywność budynku aspekt ma dużą wartość psychologiczną, podnosząc komfort przebywania w miejscu pracy (zwiększając w efekcie motywację zatrudnionych).

W kompleksie Solarlux ważną rolę odgrywa zagospodarowanie terenu, który prawie w całości dostępny jest nie tylko dla pracowników, ale także dla osób postronnych. Przed największą halą produkcyjną wykonano zbiornik retencyjny na deszczówkę w postaci płytkiego „basenu” (ryc. 20b). Jednym z jego zadań jest chłodzenie powietrza, które wykorzystywane jest do pasywnego przewietrzania hal. Założeniem projektowym było jednakże wykorzystanie go również jako atrakcyjnego elementu rekreacyjnego – nie tylko dla okolicznych mieszkańców. W upalne dni obszerne drewnia-

ne tarasy służą na przykład jako przestrzeń wypoczynkowa dla opalających się rodziców, podczas gdy dzieci taplają się w zbiorniku retencyjnym.

Ponieważ wiele rozwiązań energoaktywnych (np. instalacja geotermiczna) ukrytych jest przed wzrokiem użytkowników i odwiedzających, aby uświadomić ich istnienie, wyjaśnić działanie oraz wydobyć zalety, w budynku zastosowano system informacyjno-ekspozycyjny Bildende Bauten (Educating Buildings, edukujące budynki) opracowany przez Piotra Kuczia i Bartłomieja Witkowskiego.

Koncepcja ta została opracowana na potrzeby wspomnianego wcześniej budynku 3E we Wrocławiu, ale w Solarlux Campus po raz pierwszy udało się ją zrealizować jako konsekwentny system informacji o budynku, w pełni zintegrowany z systemem orientacji oraz osłonami wewnętrznymi szklanych ścianek działowych (ryc. 21). W ten sposób informacje o budynku i jego energoaktyw-



Ryc. 21. Solarlux Campus: a) budynek, który sam siebie objaśnia – system identyfikacyjno-edukacyjny informuje o działaniu kogeneracyjnego bloku ciepła i energii elektrycznej; b) informacje o szczególnych walorach architektonicznych i energetycznych budynku intrygują przechodniów (fot. D. Geier). Projekt DIA179

nych oraz środowiskowych właściwościach stale dostępne są dla użytkowników i gości, zachęcając do zapoznania się z nimi, w nadziei na ich lepsze zrozumienie, na optymalną obsługę zastosowanych technik i urządzeń oraz jako stymulację do ich naśladowania w innych obiektach (odwiedzającymi firmę są często projektanci). Celem było stworzenie obiektu, który sam będzie edukującym eksponatem (tzw. edukacja nieformalna). Koncepcja Bildende Bauten [8] otrzymała wyróżnienie specjalne w międzynarodowym konkursie German Design Award.

8.3. Podsumowanie

Przedstawione w rozdziale przykłady ilustrują, że rozwiązania aktywne energetycznie mogą mieć wyraźny wpływ na formę, rozplanowanie funkcji i konstrukcję obiektów. Najbardziej efektywne jest uwzględnienie aspektów energoaktywności już we wstępnych fazach projektowych i stała, równoległa współpraca architekta ze specjalistami z różnych dziedzin na wszystkich etapach procesu inwestycyjnego.

Bibliografia

- [1] Schittich Ch. (red.), *Kosteneffizient Bauen*, Birkhäuser, Basel–Boston–Berlin 2008.
- [2] Dumiak M., *Pole Star*, „Dwell” 2009, 6, s. 58–62.
- [3] Antoszevska A., Klimczak Z., Wajman M., *Instalacja grzewczo-wentylacyjna budynku pasywnego na przykładzie wyróżnionego projektu „MqDRIAN”*, „Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna” 2013, nr 9, s. 387–394, 396.
- [4] Karaś A., *Fotowoltaika zintegrowana z budynkiem*, „Czysta Energia” 2014, nr 4, s. 30–32.
- [5] Kuczia P., *Wielkogabarytowy gruntowy wymiennik ciepła w korelacji z centralnym zasobnikiem ciepła z materiałów zmiennofazowych PCM w Centrum Sądowym w Düsseldorfie – studium przypadku*, „Instal” 2012, nr 3, s. 2–5.
- [6] Niederberghaus L., *Mehrwert Generalplanung – Architekten und Ingenieure planen interdisziplinär*, Jovis Verlag, Berlin 2013.
- [7] Song J., *Innovation and Application of Green Building Materials*, Artpower, Hongkong 2014.
- [8] Kuczia P., *Bildende Bauten – Nachhaltigkeit lernen durch Gebäudegestaltung*. Leitfaden für Planer, Bauherren, Nutzer, Verein für Ökologie und Umweltbildung e.V. Osnabrück 2015.



PIOTR KUCZIA

➔ Doktor inżynier architekt, właściciel pracowni KUCZIA architect. Prowadzi działalność projektową w Niemczech i w Polsce, przez 17 lat był związany z jedną z największych niemieckich pracowni projektowych: agn group, gdzie był autorem lub współautorem koncepcji dziesiątek wielkogabarytowych obiektów użyteczności publicznej. Jest twórcą wielu zrealizowanych obiektów (obiekty mieszkaniowe i usługowe) charakteryzujących się redukcją negatywnego oddziaływania na środowisko.

Jest laureatem ponad 60 międzynarodowych nagród i wyróżnień, w tym: German Design Award, Iconic Award, Masterprize Architecture, DNA Paris Design Awards, LICC London Creative Competition, International Design Award. Zaprojektowany przez niego „Dom ekologiczny nad jeziorem Łąckim” był nominowany do nagrody Miesa van der Rohe.

Jego projekty publikowane były w ponad 50 książkach na pięciu kontynentach i w dziesiątkach czasopism oraz eksponowane na wystawach autorskich i zbiorowych w 12 krajach. Jest autorem dwóch wydanych w Niemczech książek na temat „kształcącej architektury”: *Educating Buildings. Learning sustainability through displayed design* i *Der Solarlux Campus – Bildende Bauten* oraz 15 publikacji naukowych i licznych artykułów na temat architektury zrównoważonej w czasopiśmie fachowych.

Zajmuje się architekturą ekologiczną i energoaktywną, w tym w szczególności architekturą solarną. Aktywnie współpracuje z wydziałami architektury kilku polskich uczelni oraz w Niemczech, USA i na Węgrzech, prowadzi wykłady i warsztaty dla studentów. Uczestniczył w wielu spotkaniach i pracach gremiów architektonicznych.

Jest inicjatorem i kuratorem światowej nagrody „Design that Educates Award”, należy do grona ekspertów organizacji Katerva z siedzibą w San Diego i wielokrotnie był jurorem w międzynarodowych i krajowych konkursach. Jest członkiem Izby Architektów Dolnej Saksonii i Śląskiej Okręgowej Izby Architektów.

Słownik pojęć z objaśnieniem skrótów

A

Akumulacja energii

Magazynowanie energii (najczęściej w postaci ciepła i chłodu) w czasie występowania jej nadwyżek, celem późniejszego wykorzystania. Stosuje się różne metody akumulacji: w ciałach stałych i płynach (np. w gruncie, w elementach konstrukcji budynku o wysokiej akumulacyjności cieplnej, tj. ceramice pełnej, betonie, kamieniach naturalnych oraz w skałach, wodzie, oleju); z wykorzystaniem przemian fazowych (np. w lodzie, parafinach, roztworach solnych, materiałach zmiennofazowych lub zmieszanych z materiałem budowlanym, jak beton, tynki, wylewki cementowe); elektrochemiczną i elektryczną (np. akumulatory niklowo-kadmowe, kwasowo-ołowiowe, wodorowe, kondensatory); z wykorzystaniem energii mechanicznej (np. sprężone powietrze, różnica wysokości, koła zamachowe).

Energia może być akumulowana krótko- i długoterminowo. W przypadku akumulacji ciepła i chłodu najczęściej stosuje się akumulację krótkookresową (dobową lub 1–2-dniową), rzadziej średniookresową (1–2 miesiące) lub sezonową (2–6 miesięcy).

Architektura energoaktywna

Architektura, w której świadomie wykorzystuje się strategie związane z redukcją zużycia szeroko pojętej energii w budynkach w całym cyklu ich życia, tj. energii użytkowej (na cele ogrzewania, chłodzenia, wentylacji i ciepłej wody użytkowej) potrzebnej do zapewnienia komfortu, energii elektrycznej (na cele oświetlenia i zasilania urządzeń) oraz wbudowanej (w materiały i procesy związane z realizacją inwestycji).

Architektura zrównoważona

Obiekty podporządkowane idei zapewnienia społecznej satysfakcji, regeneracji środowiska i trwania w biofizycznych granicach planety oraz dobrobytu ekonomicznego. Charakteryzują ją rozwiązania umożliwiające redukcję zużycia zasobów poprzez strategie projektowania w obszarach energii, wody, materiałów, odpadów, transportu i zieleni, w całym cyklu życia.

Powstał zestaw norm dotyczących oceny zrównoważoności budynków, tj. normy zawierające kryteria budynków w filarze społecznym EN 16309 i środowiskowym EN 15978.

Architektura wernakularna

Obiekty budowane w tradycji lokalnej, najczęściej bez udziału architekta.

B

BEMS – Building & Energy Management System

System zarządzania energią i budynkiem – BMS rozszerzony o funkcje umożliwiające zarządzanie i monitoring energii zużywanej lub produkowanej przez poszczególne instalacje budynku, a także pozwalający na ich optymalizację energetyczną.

Białe certyfikaty

Świadectwa efektywności energetycznej potwierdzające planowane do zaoszczędzenia ilości energii w trzech obszarach: przez odbiorców końcowych, przez urządzenia potrzeb własnych oraz przez zmniejszenie strat energii elektrycznej ciepła i gazu w dystrybucji i przemyśle. Mogą dotyczyć termomodernizacji obiektów i infrastruktury lub modernizacji systemów oświetlenia w budownictwie, efektywności paliwowej w transporcie, recyklingu energii czy promocji racjonalnego korzystania z energii przez odbiorców końcowych itp.

<https://www.kape.gov.pl/page/biale-certyfikaty>

BIM – Building Information Modeling

Metoda zbierania wszystkich informacji o budynku w jednym spójnym wirtualnym modelu przy użyciu określonych standardów na poziomie szczegółowości zarówno elementów geometrycznych modelu, jak i informacji niegeometrycznych. Wymagania projektowe oparte na BIM mają służyć m.in. w formułowaniu specyfikacji do zamówień publicznych w budownictwie.

<https://bim-level2.org/en/>

Biologiczna pojemność (biocapacity)

Zdolność biosfery do zaspokajania potrzeb cywilizacyjnych i pochłaniania zanieczyszczeń oraz degradacji odpadów. Wyrażana za pomocą tzw. globalnych hektarów na osobę, co oznacza liczbę produktywnych hektarów (ziemi i wody) rocznie przypadających na

człowieka, mierzonych na podstawie danych statystycznych ludności ONZ i światowych zasobów gospodarowania gruntami.

<https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/>

Bionika (biomimicry)

Koncepcja mówiąca o naśladowaniu natury poprzez czerpanie z niej inspiracji, wzorowanie się na niej i uczenie się od niej.

<https://biomimicry.org/what-is-biomimicry/>

BMS – Building Management System

System umożliwiający jednocześnie zarządzanie automatyką poszczególnych instalacji budynku (np. centralnym ogrzewaniem, klimatyzacją, systemami przeciwpożarowymi) poprzez centrum sterowania i monitoringu. Zastosowanie systemu ułatwia utrzymanie komfortu i bezpieczeństwa w pomieszczeniach budynku, monitoring parametrów pracy elementów systemu i minimalizację kosztów pracy instalacji.

Budownictwo pasywne (Passivhaus (niem.))

Budynki w standardzie pasywnym charakteryzują się wskaźnikiem zapotrzebowania na energię użytkową (ogrzewanie, wentylacja) mniejszym niż 15 kWh/(m²·rok), spełniają kryteria określone przez Passivhaus Institut w Darmstadt, czyli: wskaźnik zapotrzebowania energii pierwotnej nie może przekraczać 120 kWh/(m²·rok), zapotrzebowanie na moc do ogrzewania do 10 W/m², parametry przegród zewnętrznych: współczynnik izolacyjności cieplnej U maksimum – 0,80 W/(m²·K) dla przeszkleń i 0,15 W/(m²·K) dla pozostałych przegród, szczelność $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$, redukcja mostków cieplnych, wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z rekuperacją (zalecany dodatkowo gruntowy wymiennik ciepła), częstotliwość przegrzania w lecie do 10%.

<https://passipedia.de/start>, <https://passiv.de/>, <http://www.pibp.pl/>

Budynki niskoenergetyczne

Wskaźnik rocznego jednostkowego zapotrzebowania na energię użytkową do celów ogrzewania i wentylacji wynosi w nich $\leq 40 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$.

C

C2C – Cradle to cradle (od kołyski do kołyski)

Wyroby wyprodukowane z wykorzystaniem przetworzonych odpadów (np. porozbiórkowych). Jeżeli w procesie produkcji występuje (przestarzały) etap wydobycia surowców – nazywa się on cradle to grave – C2G (od kołyski do grobu). W innym rozumieniu wyroby widziane są w cyklu cradle to gate – C2G (od kołyski do bramy), czyli z perspektywy samego procesu produkcji, tj. wydobycie, transport i pakowanie oraz przechowywanie, a potem w cyklu gate to grave – G2G (od bramy do grobu).

E

Energia końcowa (final energy, site energy)

Ilość energii bardzo ważna z punktu widzenia kosztów eksploatacji budynku. Oprócz zużycia energii związanej bezpośrednio z potrzebami użytkowymi budynku, uwzględnia sprawność poszczególnych elementów instalacji. Im wyższa sprawność elementów odbioru, przesyłu i akumulacji oraz urządzeń automatycznej regulacji, tym niższe zapotrzebowanie na energię końcową przy danym zapotrzebowaniu na energię użytkową. Z zapotrzebowania na energię końcową oblicza się ilości zużywanych przez budynek nośników energii (paliw), jak np. energii elektrycznej, gazu, ciepła sieciowego, biomasy i innych. Znając zaś ilości zużywanych nośników energii, oprócz ich kosztów, można obliczyć również emisję substancji uwalnianych do środowiska zewnętrznego w wyniku spalania danych nośników energii (paliw).

Energia pierwotna (primary energy, source energy)

Oznacza zasoby energetyczne środowiska naturalnego w stanie przed ich jakąkolwiek transformacją i przetwarzaniem. Jest to ilość nośników energii, którą trzeba pobrać ze środowiska i dostarczyć do granicy budynku, aby po ich przetworzeniu (spaleniu) móc zaspokoić potrzeby bytowe użytkowników budynku. Informacja o zapotrzebowaniu na energię pierwotną jest zatem istotna z punktu widzenia bezpieczeństwa surowcowego i środowiskowego danego obszaru. W zależności od nośników energii końcowej (np. gaz ziemny, energia elektryczna, biomasa) stosuje się współczynniki przeliczające zawartą w nich energię pierwotną odnawialną lub nieodnawialną.

Energia użytkowa (usable energy)

Ilość energii przeznaczona bezpośrednio na zapewnienie komfortu użytkownika budynku (najczęściej ogrzewania, chłodzenia, wentylacji, ciepłej wody użytkowej). Ilość energii użytkowej, a więc dostarczanej bezpośrednio do zaspokojenia potrzeb użytkowników, wraz z uwzględnieniem efektywności jej dostarczenia to energia końcowa.

Energia wbudowana (embodied energy)

Energia wykorzystywana bezpośrednio i pośrednio, związana z wytwarzaniem, transportem, użyciem i usuwaniem produktów, w tym energia zawarta w surowcach, które są również używane jako wspólne źródła energii (np. naturalny gaz wykorzystywany do produkcji różnych tworzyw sztucznych, w tym żywic). Słowo „wbudowana” odnosi się do przypisania w sensie „księgowym” w przeciwieństwie do stricte fizycznego wbudowania. Zarówno wydobywanie, jak i odprowadzanie z powrotem do natury są wbudowanymi efektami, podobnie jak te związane z produkcją i transportem samej energii (efekty wstępnego spalania). Wszystkie fazy obejmują środowiskowe obliczenia powiązanych działań oraz ich produktów, takich jak np. okresowe czyszczenie, malowanie lub wymiana elementów budynku.

EPD – Environmental Product Declaration

Deklaracja środowiskowa wyrobu opracowywana wg procedury zawartej w normie PN-EN 15804. Najczęściej niestety nie zawiera informacji o wpływie wyrobu na środowisko z uwzględnieniem pełnego cyklu życia, a jedynie z etapu wyrobu (dostawa surowców, transport, wytwarzanie), a więc z faz tzw. od kołyski do bramy (from cradle to gate)

F

Free cooling (night cooling)

Proces wykorzystania darmowych pokładów chłodu zawartego w powietrzu zewnętrznym o niskiej temperaturze do schłodzenia powietrza wewnątrz budynku. Dzieli się na proces bezpośredni lub pośredni. Bezpośredni następuje poprzez rozładowanie ciepła nagromadzonego w masie termicznej budynku w czasie dnia, poprzez wykorzystanie nocnego przewietrzania, najczęściej z wykorzystaniem konwekcji. W małej skali typowym przykładem zastosowania są okna dachowe służące odprowadzeniu nadmiaru ciepła z budynku. W większej – w centrach handlowych, które po godzinach pracy i wyłączeniu

wentylacji mechanicznej, po uchyleniu świetlików umożliwiają schłodzenie pomieszczeń dzięki zjawisku konwekcji. Pośredni następuje w instalacji, np. w centrali klimatyzacyjnej.

H

HVAC – Heating, Ventilation and Air Conditioning

Skrót z języka angielskiego – ogrzewnictwo, wentylacja i klimatyzacja – określający dziedzinę inżynierii sanitarnej (szerzej inżynierii środowiska) lub instalacje sanitarne obiektu związane z ogrzewaniem, wentylacją i klimatyzacją pomieszczeń.

I

ISO 14000

Zbiór norm opracowanych przez International Organization for Standardization – ISO dotyczących różnych aspektów zarządzania środowiskowego (proekologicznego). Zawiera praktyczne narzędzia dla firm i organizacji chcących zidentyfikować, kontrolować i redukować swój wpływ na środowisko naturalne. Seria 14000 obejmuje standard ISO 14001 w zakresie systemów zarządzania środowiskowego (Eco-management and Audit Scheme – EMAS), a także serię norm związanych z LCA (seria 14040).

Izolacyjność cieplna przegród

Zdolność przegród budynku do przeciwdziałania przepływowi ciepła przez nie (w ziemie – ze środka na zewnątrz, w lecie – z zewnątrz do środka). W skali makro (czyli całych przegród) oznacza w uproszczeniu: więcej izolacji = trochę lepiej energetycznie, mniej izolacji = zauważalnie gorzej, w skali mikro dotyczy mostków cieplnych (czyli miejsc w połączeniach między przegrodami, np. naroża, węzły konstrukcyjne, wieńce, nadproża) i ich wpływu na przepływ ciepła między budynkiem a otoczeniem. Izolacyjność w skali mikro czasami jest trudniejsza do uzyskania i bywa najczęściej zaniedbywana.

Izolacja transparentna (Transparent insulation – TIM)

Materiał izolacyjny charakteryzujący się dużą przepuszczalnością promieniowania słonecznego zapewniającą transmisję znacznych ilości energii do powierzchni absorbującej oraz dobrą izolacyjnością termiczną. Może zostać także wykorzystany do częściowego doświetlenia pomieszczeń.

K

Kaskada energetyczna

Zasada racjonalnego gospodarowania energią w budynku polegająca na pełnym wykorzystaniu ciepła bytowego w postaci energii odpadowej. Kaskada porządkuje różne sposoby użytkowania energii w taki sposób, aby każda energia odpadowa wedle cech jakościowych miała właściwego odbiorcę. Kierując się taką zasadą, można dostosować dobór źródeł energii do potrzeb energetycznych budynku nie tylko w aspekcie ilościowym, ale również jakościowym (np. źródła energii niskotemperaturowej z przeznaczeniem do ogrzewania pomieszczeń, a fotowoltaika wyłącznie do zasilania urządzeń).

Klimatyzacja

Nadawanie powietrza w pomieszczeniach parametrów właściwych do sposobu ich użytkowania (nawilżanie, osuszanie, podgrzewanie i ochładzanie). Klimatyzacja komfortu – bez normowania poziomu wilgoci, klimatyzacja pełna – z normowaniem poziomu wilgoci. Pojęcie często nadużywane i stosowane zamiast określenia „chłodzenie”. Klimatyzacja z wykorzystaniem energii promieniowania słonecznego SDEC (Solar-Desiccative-Evaporative-Cooling) służy do uzdatniania powietrza (zarówno oziębiania latem, jak i ogrzewania zimą).

Kogeneracja

Proces technologiczny jednoczesnego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła użytkowego mający na celu zmniejszenie ilości i kosztu energii pierwotnej niezbędnej do wytworzenia każdej z tych form energii odrębnie. Zob. też trigeneracja.

Komfort

Wyróżnia się: komfort termiczny (cieplny) – uzależniony od temperatury, prędkości ruchu i wilgotności względnej powietrza, temperatury promieniowania powierzchni i asymetrii rozkładu temperatur w pomieszczeniu; komfort wizualny – zapewniony przez właściwe oświetlenie i jego natężenie (lighting, illumination); komfort akustyczny – oznaczany przez słyszalność dźwięku, czas pogłosu i poziom hałasu; komfort ergonomiczny. Składową komfortu jest też jakość powietrza wewnętrznego (indoor air quality – IAQ) zdefiniowana jego temperaturą, wilgotnością i poziomem zanieczyszczenia (zwłaszcza występowaniem CO₂ i innych lotnych związków organicznych – LZO). Z kolei komfort adaptacyjny oznacza akceptowalny przez użytkownika zakres temperatur wnętrza w odniesieniu do

zewnątrznych parametrów meteorologicznych i klimatycznych. Z zasady w zimie akceptowalne są niższe, a w lecie wyższe temperatury pomieszczeń.

Koszty inwestycji (w BIM 2)

Początkowe oznaczają wszystkie nakłady kapitałowe poniesione do momentu oddania budynku do użytkowania. Obejmują projektowanie, budowę, podłączenie do mediów oraz procedury związane z rozruchem eksploatacyjnym. **Koszty utrzymania** to koszty przeznaczane na planowane naprawy budynku, w tym koszty wymiany zużytych elementów i urządzeń, koszty kontroli, sprzątnięcia, ochrony itp. **Koszty eksploatacji** to koszty związane z opłatami za media i ewentualnymi kosztami ubezpieczenia. **Koszty energii** dotyczą zapotrzebowania budynku na nośniki energii. **Koszty usunięcia** oznaczają koszty likwidacji budynku (ewentualnie elementów budynku), który osiągnął koniec cyklu życia, i obejmują prace rozbiórkowe, transport i recykling. Wszelkie dodatkowe obciążenia finansowe, jak np. podatki VAT, opłaty środowiskowe, a także zachęty finansowe (np. dotacje, gwarantowane ceny zakupu energii), jeśli mają istotny wpływ na koszt całkowity inwestycji, są uwzględniane w analizie kosztów inwestycji z użyciem BIM. W analizie kosztów inwestycji występują koszty: CAPEX (Capital Expenditure) nakłady kapitałowe potrzebne na zrealizowanie inwestycji; OPEX (Operating Expenditure) wydatki związane z utrzymaniem obiektu; TOTEX (Total Expenditure) całkowity koszt inwestycji w całym cyklu jej życia (TOTEX = CAPEX + OPEX).

L

LCA – Life Cycle Assessment

Metoda środowiskowa szacowania obiektu w cyklu życia, oznacza wszystkie fazy istnienia produktu, w tym badanie, rozwój, projektowanie przemysłowe, testowanie, wydobycie lub pozyskanie, produkcję, transport, używanie, utrzymanie przez okres istnienia, logistykę, szkolenie, zużycie, wyburzenie i usuwanie.

LCC – Life Cycle Costing

Metoda kosztowa szacowania przedsięwzięcia w cyklu życia, jest „tylko” rachunkiem ekonomicznym obliczanym w poszczególnych etapach istnienia budynku. Zasady przeprowadzenia oceny ekonomicznych właściwości budynków, nowych oraz istniejących, omawia norma PN-EN 16627 *Ocena właściwości ekonomicznych budynków*.

M

Masa termiczna

Pojemność cieplna przegrody budowlanej, będąca iloczynem ciepła właściwego, masy, grubości i powierzchni danej przegrody. Występuje tzw. radiacyjna masa termiczna, czyli przegroda uzyskująca ciepło wskutek promieniowania słonecznego, oraz tzw. konwekcyjna masa termiczna, która ogrzewa się wskutek omywania nagrzanym powietrzem w budynku (jest kilkukrotnie mniej skuteczna).

Metoda M-Z-P-O, tj. medium – źródło – przesył – odbiornik

Zasada, której celem jest ułatwienie architektowi nazwania i lokalizacji poszczególnych elementów składowych większości rozwiązań instalacji sanitarnych i zwrócenie uwagi na konieczność odpowiedniego dostosowania koncepcji architektonicznej do wymogów wybranego przez architekta rozwiązania instalacyjnego.

Mostki ciepłe (termiczne)

Miejsca w konstrukcji budynku, w których następuje intensyfikacja przepływu ciepła. Jest to dodatkowy przepływ ciepła w obudowie budynku, występujący jako tzw. zimne krawędzie na styku dwóch lub więcej przegród lub w miejscach, w których na danym odcinku pojawia się zmiana geometrii elementu czy grubości jego warstw (liniowe mostki ciepłe) lub jako zimne punkty w miejscach, w których następuje zmiana materiału (punktowe mostki ciepłe).

N

Niska emisja

Określenie emisji produktów spalania paliw stałych, ciekłych i gazowych do atmosfery ze źródeł emisji (emiterów) znajdujących się na wysokości nie większej niż 40 m. Wyróżnia się emisję komunikacyjną, emisję wynikającą z produkcji ciepła na potrzeby centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej oraz emisję przemysłową.

P

PCM – Phase Change Material (materiał zmiennofazowy)

Grupa substancji służących do akumulacji ciepła i chłodu w przegrodach budynku lub

w systemach instalacji c.w.u. i klimatyzacji, dzięki wykorzystaniu właściwości przemian fazowych. Umożliwiają one znaczne zmniejszenie wielkości zasobników ciepła lub chłodu. W Polsce najczęściej wykorzystywana jest przemiana woda–lód w systemach chłodniczych. PCM wykorzystywane są również do transportu ciepła w kolektorach słonecznych (kolektory rurowo-próżniowe typu heat pipe).

PGO – potencjał globalnego ocieplenia

Miernik służący redukcji śladu węglowego tworzonego przez emiterów dużej ilości różnych gazów cieplarnianych (np. państwa oraz określone gałęzie przemysłu), mający przyczynić się do łagodzenia zmian klimatycznych. Wykładnikiem śladu węglowego jest CO₂-eq, czyli ekwiwalent CO₂ w tonach, który umożliwia porównanie emisji różnych gazów (np. 1 tona metanu odpowiada 25 tonom CO₂-eq).

Półki świetlne

Systemy poprawiające doświetlenie w pomieszczeniach, polegające na instalowaniu poziomych elementów odbijających i/lub rozpraszających promienie słoneczne. Są elementem profilu elewacji (przekroju pionowego).

PV – Photovoltaic (ogniwa fotowoltaiczne)

Ogniwa wytwarzające prąd o mocy 1–7 W z promieniowania słonecznego w procesie fotowoltaicznym. Połączone ze sobą tworzą moduły, mogą też być zintegrowane z budynkiem, tzw. BIPV Building Integrated Photovoltaic.

<http://www.solarpowereurope.org/>

S

SF – Solar factor

Całkowity współczynnik przepuszczalności energii słonecznej g_n , inaczej zwany SHGC (Solar Heat Gain Coefficient), wyraża stosunek przepuszczonego przez oszklenie promieniowania słonecznego oraz części zaabsorbowanej i wypromieniowanej w kierunku pomieszczenia do całkowitej padającej na nie energii słonecznej (w zakresie od 300 nm do 2500 nm). Występuje też współczynnik przepuszczalności energii całkowitej okna g , który jest iloczynem współczynnika przepuszczalności energii całkowitej oszklenia g_n oraz wartości współczynnika zmniejszającego urządzeń przeciwsłonecznych f_c (wg wzoru $g = f_c \times g_n$). Wartość podawana w procentach lub w przedziale 0–1.

Strategie energetyczne

Dzieli się na pasywne, aktywne oraz semipasywne i semiaktywne. **Strategie pasywne** to rozwiązania i działania mające na celu zmniejszenie zapotrzebowania budynku na energię grzewczą, do chłodzenia i wentylacji, niewymagające dostarczenia prądu, a przepływ nośnika energii, którym jest w większości przypadków powietrze, następuje w sposób niewymuszony mechanicznie. Rozwiązania te powiązane są z zachowaniem, poborem, odzyskiem oraz obiegiem energii w budynku. **Strategie aktywne** wiążą się z zastosowaniem urządzeń mechanicznych zasilanych prądem, służących zapewnieniu komfortu użytkownika, przygotowania c.w.u. oraz produkcji prądu. Często z wykorzystaniem systemów zarządzania BMS – Building Management System lub BEMS – Building Energy Management System.

Struktury szklarniowe

Elementy buforowe wykorzystujące promieniowanie słoneczne do ogrzania i oświetlenia, np. ogrody zimowe, przeszklone loggie, atria ściennie-świetlikowe, przeszklone elewacje dwupowłokowe.

Szczelność powietrzna budynku

Odporność na próby przenikania powietrza (infiltracji i eksfiltracji) przez nieszczelności obudowy (szczeliny, pory lub mikropęknięcia w przegrodach zewnętrznych), przy założeniu zamkniętych okien i drzwi oraz z pominięciem wymiany powietrza kanałami wentylacyjnymi. Ocenę szczelności budynku przeprowadza się za pomocą testu blower door.

Symulacje energetyczne

Modelowanie komputerowe wielu parametrów pracy instalacji, poszczególnych części i całości budynku. Pozwalają na uwzględnienie dynamicznych zmian, jakie zachodzą w budynku i jego otoczeniu, wpływających na jego bilans energetyczny. Wykorzystane m.in. do opracowania szczegółowych projektów (architektonicznych, budowlanych, instalacyjnych), oszacowania kosztów eksploatacyjnych budynku, do zlokalizowania i wyeliminowania elementów wpływających na zwiększenie energochłonności obiektu. Obliczenia numeryczne prowadzone są dla zdefiniowanego okresu (najczęściej roku) i w określonym kroku czasowym (najczęściej godzinym) za pomocą programów komputerowych.

Ślad węglowy

Suma emisji gazów cieplarnianych towarzyszących bezpośrednio i pośrednio wszelkim rodzajom aktywności i przedsięwzięciom. Obejmuje emisję dwutlenku węgla, metanu, podtlenku azotu i innych gazów wyrażoną w ekwiwalencie CO₂.

<https://www.carbonfootprint.com/>, <https://smoglab.pl/policz-swoj-slad-weglowy-kalkulator-onz-ci-w-tym-pomoze/>

T

TABS – Thermal Active Building System (termicznie aktywne systemy budynkowe)

Niskoenergetyczny i ekonomiczny system ogrzewania i chłodzenia płaszczyznowego dzięki wykorzystaniu masy akumulacyjnej betonu. Umożliwia redukcję zapotrzebowania szczytowego na ogrzewanie i chłodzenie, zmniejszenie instalacji chłodzących i redukcję wydatków na instalacje. Rozwiązanie polega na umieszczeniu rur ogrzewania lub chłodzenia wodnego w żelbetowych ścianach, podłogach czy stropach budynków. Występuje także w postaci tzw. sufitów radiacyjnych lub belek. Szczególnie popularne w obiektach biurowych.

Termomodernizacja budynków

Wykonanie podstawowego zakresu prac wpływających na poprawę efektywności energetycznej budynków, tj. docieplenie przegród zewnętrznych, wymiana stolarki okiennej i/lub drzwiowej, montaż termostatów, wymiana źródła ciepła, a także izolacja instalacji (przesyłu) budynku i dostosowanie do nowych parametrów. Zazwyczaj redukuje to zapotrzebowanie na energię od 30% do 50%, co przekłada się bezpośrednio na zmniejszenie wydatków związanych z utrzymaniem budynków i tym samym przyczynia się do eliminacji ubóstwa energetycznego.

Trigeneracja

Proces technologicznie skojarzonego wytwarzania energii cieplnej, mechanicznej oraz chłodu użytkowego, mający na celu zmniejszenie ilości i kosztu energii pierwotnej niezbędnej do wytworzenia każdej z tych form energii odrębnie.

U

Ubóstwo energetyczne (fuel poverty)

Trudności w zaspokojeniu potrzeb energetycznych (ogrzewania, ciepłej wody, elektryczności) gospodarstwa domowego z powodu niskiego dochodu lub charakterystyki mieszkania. W Polsce obecnie problem dotyczy 12,2% mieszkańców.

<https://ibs.org.pl/news/infografika-i-filmy-nt-ubostwa-energetycznego/>

W

Wentylacja

Dzieli się na grawitacyjną, naturalną, mechaniczną i hybrydową. Grawitacyjna to samoczynna wymiana powietrza za pomocą pionowych kanałów wywiewnych następująca w wyniku różnicy ciśnień związanych z różnicami temperatur wewnętrznych i zewnętrznych lub będącej efektem występowania silnych wiatrów. Wentylacja naturalna jest

wywołana w analogiczny sposób, lecz nie wymaga kanałów. Jej elementami (podzespołami) są wszelkie elementy uchylne (okna, lufciki, świetliki itp. lub zamykane kratki wentylacyjne). Można ją zintensyfikować poprzez przewietrzanie dzięki otwarciu okien lub innych elementów do tego przeznaczonych.

Współczynnik kształtu A/V

Stosunek powierzchni ograniczających bryłę budynku do jej kubatury.

Z

ZPP – zintegrowany proces projektowy (IDP – Integrated Design Process)

Projektowanie będące procesem, w którym interdyscyplinarny zespół projektantów i interesariuszy realizuje wspólnie wyznaczone cele dla danej inwestycji. Występuje też Zintegrowane projektowanie energetyczne (ZPE), którego celem jest optymalizacja efektywności energetycznej.

Summary

1 Energy-active architecture

Anna Bać

The chapter presents the concept of energy-activity and the challenges for the 21st century architecture associated with it, especially due to the need of reducing energy consumption in construction, climate change and mitigating the negative impact of the building sector on the natural environment. The aim of the chapter is to present energy issues that apply to all stages of building lifespan, from planning to decommissioning. Themes are focused on validation, semantics and selected problems of energy-active architecture as well as an introduction to following chapters.

2 Energy policy in Poland and the European Union

Henryk Kwapisz

The energy policy in the European Union is to lead to a reduction of energy consumption in buildings, i.a. by increasing energy efficiency, reducing CO₂ emissions and introducing renewable energy sources. In practice unfortunately, energy consumption limitation faces many difficulties. The chapter discusses the basic legal acts that have or should have an impact on the process of investment execution regarding building energy efficiency. Problems related to their implementation are outlined and Polish regulations following EU law are presented and commented upon, as they differ in some points.

3 The role of architecture in buildings energy

Katarzyna Zielonko-Jung

The purpose of this chapter is to isolate and systematize architectural measures, the use of which can positively affect energy processes in buildings. These are called energy-active architectural solutions. Divided into five groups, according to the issues they concern, they correspond to stages of design process. The scope of the study has been limited to decisions that are the exclusive competence of the architect – building installations and construction material are omitted. Energy-active solutions presented mainly concern buildings, although closest surroundings may also be taken into account, which allows this work to be applied to small building complexes as well.

4 Building location and its designed energy performance

Łukasz Nowak

The chapter discusses basic building location parameters that affect its energy consumption in the designed energy performance. Discussing them, quantitative examples are given showing the impact of a given solution on a change in the demand for usable energy in an object designed in accordance with the requirements of the Technical Conditions, which are to apply from December 31, 2020. Energy demand for the building is calculated according to methodology used for energy performance certification in Poland.

5 Energy-active façades design

Katarzyna Zielonko-Jung

In this chapter the elements of the outer building envelope, which affect the energy processes in buildings are individualised and organized. Rules for their use are also defined. General recommendations are presented, that should be re-validated every time a new object and its conditions are taken into account. It allows to consider the facade as an element of architectural importance, and to understand its energy significance, as it performs many complex functions that affect the quality of the interior environment and energy “costs” of maintaining it at the required level.

6 Impact of building envelope on its energy performance

Łukasz Nowak

The influence of basic building envelope parameters on its energy demand in the energy performance calculations is discussed in the chapter. Quantitative examples are given demonstrating the impact of specific parameter changes for building energy demand in accordance with the requirements of the Technical Conditions, which are to apply from January 1, 2021. Energy demand for the building is calculated according to methodology used for energy performance certification in Poland.

7 Visual information on energy issues

Jarosław Figaszewski

Graphic presentation of energy issues in the form of diagrams or pictograms has practical value in energy-saving construction. It is used as a tool for energy efficiency analysis and for communication between participants in the investment process. The chapter tries to answer two

questions. Which are the areas, where the energy diagrams are useful in the investment process and during the lifespan of the building? How should they be designed to have practical value? Energy-saving and low-energy buildings are considered on an architectural and urban scale. The examples shown are mainly based on residential and small volume facilities.

8

The impact of energy-active solutions on architecture

Piotr Kuczia

In this chapter concepts and carried out projects illustrate various impacts of energy-active solutions on the architecture of buildings. In many ways these solutions, to a greater or lesser extent, affect the form, functional layout and construction of the building. The following examples cover various types of objects: from single-family houses, through education and administrative buildings, to production facilities. Selected projects are located in Poland and Germany – the latter being a country with very similar climate and many inspiring examples of energy-efficient architecture.

ae