

Politechnika Wrocławska
Wydział Architektury

mgr inż. arch. Martyna Mokrzecka

Zagadnienia proekologiczne w domach studenckich.
Aspekt architektoniczno-behawioralny.

Rozprawa doktorska wykonana pod kierunkiem
prof. dr inż. arch. Zbigniewa Bacia

Wrocław, 2018

Spis treści

1. Wstęp	3
1.1. Kontekst pracy	3
1.2. Problem badawczy	5
1.3. Tezy pracy	7
1.4. Cele pracy	7
1.5. Zakres pracy	8
1.6. Metoda pracy	9
1.7. Struktura pracy	12
1.8. Stan badań	14
2. Wprowadzenie	17
2.1. Idea zrównoważonego rozwoju i architektura jako jego element składowy.	17
2.2. Architektura zrównoważona i proekologiczna	21
2.3. Architektura proekologiczna a użytkownicy budynków	25
2.4. Wpływ architektury i jej użytkowników na globalne zagadnienia środowiskowe	31
3. Proekologiczne domy studenckie w klimacie umiarkowanym – analiza 60 obiektów	39
3.1. Wybór przykładów i zasady ich opisu	39
3.2. Prezentacja sześćdziesięciu domów studenckich	49
3.3. Klasyfikacja na podstawie cech proekologicznych	59
3.4. Ogólna charakterystyka wybranych reprezentantów grup	66
3.5. Ewaluacja budynków na podstawie przyjętych kryteriów	85
3.6. Podsumowanie	95
4. Szczegółowa analiza wyselekcjonowanych obiektów – parametry energetyczne	99
4.1. Moserhofgasse (7) – dom studencki w standardzie pasywnym	100
4.2. Dom studencki Roebuck Castle (20)	106
4.3. Neue Burse (28-29), modernizacja zespołu domów studenckich	112
4.3. Eco residence (57) – dom studenckich certyfikowanych systemem BREEAM	119
4.4. Parametry architektoniczne i budowlane – porównanie	125
4.5. Zagadnienia funkcjonalno-przestrzenne a zużycie energii –podsumowanie	131
5. Domy studenckie w Polsce	137
5.1. Wybrane zagadnienia dotyczące energooszczędności w domach studenckich	139
5.2. Zagadnienia funkcjonalno-przestrzenne i proekologiczne na przykładzie domów studenckich Politechniki Wrocławskiej	140
5.2.1. Istniejące rozwiązania funkcjonalno-przestrzenne	140
5.2.2. Stosowane rozwiązania proekologiczne	147
5.3. Podsumowanie	148
6. Domy studenckie na kampusie Wittiga. Wieloaspektowa charakterystyka domu studenckiego T-16	151
6.1. Dom studencki T-16 - wprowadzenie	151
6.2. Konstrukcja i zużycie zasobów	155

6.3.	Zagadnienia funkcjonalno-przestrzenne.....	160
6.4.	Proekologiczne zachowania mieszkańców osiedla – badanie ankietowe.....	164
6.5.	Warunki termiczne w domu studenckim T-16 – badania ankietowe	178
6.6.	Warunki termiczne w domu studenckim T-16 – pomiary temperatury	185
6.7.	Kierunki poszukiwań poprawy warunków zamieszkania mieszkańców domów studenckich na przykładzie domu studenckiego T-16	202
6.8.	Kierunki poszukiwań ograniczenia zużycia wody i energii w domach studenckich. Podsumowanie	213
7.	Podsumowanie pracy.....	217
	Spis literatury:.....	219
	Spis ilustracji.....	224
	Spis tabel.....	232
	Streszczenie rozprawy doktorskiej.....	235
	Summary of the PhD dissertation	237
	Podziękowania	240

1. Wstęp

1.1. Kontekst pracy

Od drugiej połowy lat dziewięćdziesiątych na świecie rośnie zainteresowanie architekturą uwzględniającą aspekty środowiskowe, a zwłaszcza zużycie zasobów takich jak woda i energia (Tabb, Deviren 2014)¹, (Kibert 2012)². Nowe trendy, wymogi prawne wielu krajów, rosnące zużycie surowców sprawiły, że budynki (ich forma, wpływ na działkę, bezpośrednie otoczenie, gospodarkę zasobami) zaczęto postrzegać jako pewną całość. Całość, w której uwagę zwraca się nie tylko na estetykę, ale także na energochłonność, emisyjność budynku, jego wpływ na ekosystem (Thomas 2006). Od roku 1998 wielokrotnie wzrosła liczba budynków ewaluowanych przy użyciu wielokryterialnych systemów oceny, takich jak LEED, BREEAM, DGNB, Green Star, Green Globes (Kibert 2012)², (Kubba 2012)³. Wzrosła również liczba krajowych i międzynarodowych zapisów prawnych, egzekwujących pewne elementy architektury środowiskowej (głównie energooszczędność). Są to na przykład: Code For Sustainable Homes w Wielkiej Brytanii, Energieeinsparverordnung w Niemczech czy unijna Dyrektywa Energy Performance of Buildings.

Jednocześnie, ze względu na szybkość zmian zachodzących w środowiskowym nurcie projektowym, pojawiło się wiele nieścisłości związanych ze stosowaną w nim nomenklaturą. Powszechnie i często wymiennie stosuje się określenia takie jak: architektura zrównoważona, zielona, proekologiczna, pasywna, certyfikowana, energooszczędna. Budynki, niezależnie od tego, jakie rozwiązania i w jakiej skali są w nich stosowane, są określane w ten sam sposób – jako ekologiczne. Ich „ekologiczność” przejawia się często we fragmentarycznym zastosowaniu pewnych rozwiązań, np. wprowadzeniu na elewacji budynku określonego materiału, zastosowaniu większej ilości izolacji lub zaprojektowaniu parkingu dla rowerów. Rozmywa to ideę środowiskowości i (w szerszej skali) zrównoważenia, która podkreśla istotność kompleksowego podejścia do budynku. Zastosowanie wybranego elementu w budynku rozwiąże wybrany problem, jednak dopiero ujęcie holistyczne pozwoli odpowiedzieć na szereg problemów, na który składa się problematyka architektury zielonej, zrównoważonej czy proekologicznej.

¹ Tabb P., Deviren A.S. „The greening of architecture: a critical history and survey of contemporary sustainable architecture and urban design”, Ashgate Publishing Ltd, Farnham 2014.

² Kibert C.J. „Sustainable construction: green building design and delivery”, Wiley, Chichester 2012.

³ Kubba S. „Handbook of green building design and construction: LEED, BREEAM, and Green Globes”, Butterworth-Heinemann, Waltham, MA 2012.

Pomimo rosnącego zainteresowania aspektem środowiskowym w branży architektoniczno-budowlanej budynki odpowiadają za 40% rocznego światowego zużycia energii oraz za 30% rocznych światowych emisji CO₂. Zużycie wody w budynkach w Europie – bezpośrednio (woda do mycia, sprzątnia, splukiwania toalet) oraz pośrednio (ogrzewanie) stanowi około 21% całkowitego europejskiego zużycia wody (Mudgal, Berman et al. 2012)⁴. Z tego 78% wody zużywane jest w budynkach mieszkalnych.

Uważa się, że sektor mieszkalny posiada największy potencjał niskonakładowego zmniejszenia zużycia energii i emisji CO₂ (UNEP 2003)⁵ Podkreśla się przy tym kompleksowość problemu związanego ze zużyciem zasobów w budynkach i konieczność interdyscyplinarnego podejścia do jego rozwiązania. Mówi się o tym, że „budynki zużywają energię czy wodę”, jednak zużycie energii i wody w fazie operacyjnej budynku jest wypadkową decyzji projektowych, technologii i urządzeń zastosowanych w budynku oraz zachowań użytkowników tego budynku (Janda 2011)⁶. O ile wpływ zmiennej projektowej i technologicznej można przewidzieć z dużą dokładnością, o tyle zachowanie użytkowników stanowi dużą niewiadomą. Znaczenie wpływu zachowań użytkowników na zużycie energii i wody potwierdza wiele niezależnych od siebie badań (Andersen, Toftum et al. 2009)⁷, (Haas, Auer et al. 1998)⁸, (Seligman, Darley et al. 1978)⁹. Jeden z nurtów badań nad architekturą proekologiczną opisuje relację między budynkiem i jego użytkownikami. Architektura może funkcjonować jako kanał komunikacyjny między architektem i odbiorcami architektury. Według Rapport (1990)¹⁰ architekt koduje wiadomość podczas projektowania budynku. Jeżeli odbiorca posiada ten sam schemat poznawczy, jest w stanie odkodować wiadomość i zareagować na nią.¹¹

⁴ Mudgal S., Berman S., et al. „Water performance of buildings. Final report prepared for European Commission” (2012).

⁵ UNEP (2003) „Sustainable building and construction: Facts and figures”. *Industry and Environment*. 26 (2-3), 5-8.

⁶ Janda K.B. (2011) „Buildings don't use energy: people do”. *Architectural Science Review*. 54 (1),15-22.

⁷ Andersen R., Toftum J., et al. (2009) „Survey of occupant behaviour and control of indoor environment in Danish dwellings”. *Energy and Buildings*. 41 (1), 11-16.

⁸ Haas R., Auer H., et al. (1998) „The impact of consumer behavior on residential energy demand for space heating”. *Energy and Buildings*. 27 (2), 195-205.

⁹ Seligman C., Darley J.M., et al. (1978) „Behavioral approaches to residential energy conservation”. *Energy and Buildings*. 1 (3), 325-337.

¹⁰ Rapoport R „The Meaning of the Built Environment a Nonverbal Communication Approach”, The University of Arizona Press, Tuscon 1990.

¹¹ „Podstawowym elementem wiedzy o świecie społecznym jest schemat poznawczy rozumiany jako organizacja naszych uprzednich doświadczeń z jakimś rodzajem zdarzeń, osób czy obiektów. Schematy zawierają nie wszystkie wiadomości na temat danego fragmenty rzeczywistości, lecz wiedzę uogólnioną, wyabstrahowaną z konkretnych doświadczeń” W: Wojciszke B. „Człowiek wśród ludzi. Zarys psychologii społecznej.”, Wydawnictwo Naukowe Scholar, Warszawa 2004.

Według Lynam (2007)¹², Mitchell (2006)¹³ i Wu (2017)¹⁴ budynki proekologiczne komunikują prośrodowiskowe przesłanie użytkownikom przez pasywne i aktywne instrukcje. Pasywne instrukcje są wpisane w architekturę budynku – jego strukturę i elementy infrastruktury. Wu (2017) dzieli pasywne instrukcje na wizualne (np. kolektory słoneczne) i konceptualne (np. wysoka jakość powietrza wewnątrz). Aktywne instrukcje definiuje się jako te, które istnieją wyłącznie w celu komunikowania przekazu – nie mają innej funkcji. Mogą to być np. programy edukacyjne mające na celu zwiększanie wiedzy mieszkańców czy wizualizacja zużycia energii w hallu budynku. Mitchell (2006)¹³ definiuje aktywne instrukcje następująco: *„Budynek aktywnie instruuje mieszkańców (użytkowników), jeżeli istnieje jednoznaczna intencja użycia go jako narzędzia do prośrodowiskowej edukacji mieszkańców. Użycie budynku jako narzędzia do edukacji oznacza, że wprowadza się w nim zróżnicowaną strategię do aktywnego komunikowania prośrodowiskowości”*¹⁵. Mogą to być np. systemy wizualizujące zużycie zasobów w budynku lub produkcję energii dzięki odnawialnym źródłom. Mają one na celu edukację oraz propagowanie idei budynków prośrodowiskowych wśród użytkowników budynku.

Mitchell (2006) oraz Wu (2017) uważają, że w budynkach najefektywniej redukuje się zasoby, gdy wprowadza się w nich zarówno pasywne, jak i aktywne instrukcje dla użytkowników. Efektem syntezy tych rozwiązań są budynki zaprojektowane z myślą o środowisku oraz świadomi użytkownicy.

1.2. Problem badawczy

Podjmując rozważania na temat projektowych i behawioralnych zagadnień architektury proekologicznej zaczęto od uszczegółowienia typu budynków, w których te zagadnienia zostaną zbadane. Ze względu na limitacje efektywności rozwiązań behawioralnych w standardowych budynkach (patrz podrozdział 2.3) zasadnym jest wybór obiektu zamieszkiwanego przez grupę społeczną, posiadającą ponadprzeciętną liczbę cech wspólnych. Takimi budynkami są na przykład domy studenckie. Są to obiekty szczególne – zamieszkiwane przez jednolitą wiekowo społeczność, będącą na tym samym poziomie edukacji, w podobny sposób spędzającą czas wolny. Ponadto są często zarządzane

¹² Lynam S. „Academic architecture: Buildings to communicate a pro-environmental message”, Praca doktorska: ProQuest Dissertations Publishing.

¹³ Mitchell A. „The hidden curriculum: an exploration into the potential for green buildings to silently communicate a pro-environmental message”, Master of Advanced Studies in Architecture University of British Columbia.

¹⁴ Wu S.R., Greaves M., et al. (2017) „Green buildings need green occupants: a research framework through the lens of the Theory of Planned Behaviour”. *Architectural Science Review*. 60 (1), 5-14.

¹⁵ Tłumaczenie: Martyna Mokrzecka.

przez uczelnie wyższe lub we współpracy z nimi. Rola uczelni wyższych w spełnianiu i popularyzacji postulatów zrównoważonego rozwoju (w tym ograniczania konsumpcji surowców i emisji dwutlenku węgla) jest określana jako kluczowa (Attaran, Celik 2015)¹⁶, (Corcoran, Wals 2004)¹⁷. Powstała w 1990 roku Deklarację z Talloires do końca 2016 roku podpisało 499 uczelni na świecie, zobowiązując się m.in. do podnoszenia świadomości na temat zrównoważonego rozwoju, edukowania w zakresie środowiskowej odpowiedzialności obywatelskiej, ograniczania nadmiernego zużycia surowców i emisji dwutlenku węgla. Uczelnie realizują te cele na różne sposoby: przez inwestycję w infrastrukturę, zmiany sposobu zarządzania kampusami, wprowadzanie zagadnień prośrodowiskowych w programy studiów. Wykorzystują też domy studenckie to tego, aby ograniczać własne zużycie zasobów, wpływać na edukację i długofalowe zachowania studentów w warunkach, które (w przeciwieństwie do sali wykładowej) dość wiernie odzwierciedlają codzienne życie i wybory związane z wodą, energią i recyklingiem. To podobieństwo i całościowe podejście do problematyki wody i energii daje wymierne efekty (Bloodhart, Swim et al. 2013)¹⁸, (Torres-Antonini, Dunkel 2009)¹⁹.

W ostatnich dwóch dziesięcioleciach w Europie, Ameryce Północnej i Australii zaczęły powstawać domy studenckie z szerokim spectrum proekologicznych rozwiązań. Rozwiązania te różnią się typem, skalą, zakresem adresowania prośrodowiskowych potrzeb. Łączy je idea oszczędzania surowców i związana z nim redukcja kosztów utrzymania obiektów. W tym samym czasie w Polsce powstało zaledwie kilka nowych domów studenckich (Mokrzecka 2015)²⁰. Powszechna jest ich modernizacja, mająca jednak przede wszystkim na celu poprawę komfortu zamieszkania, a nie oszczędzania energii czy wody. Analizując sygnatariuszy deklaracji z Talloires lub członków stowarzyszenia Copernicus-Alliance (europejskiej organizacji międzyuczelnianej promującej idee zrównoważonego rozwoju) można zaobserwować, że polskie uczelnie wyższe stanowią ułamek procenta sygnatariuszy (dwie polskie uczelnie podpisały deklarację) i członków (jedna uczelnia). Sugeruje to, że wspomniana wcześniej rola uczelni wyższych jako liderów implementacji zasad zrównoważonego rozwoju nie jest wśród polskich uczelni rozpowszechniona. Biorąc pod uwagę rosnącą świadomość społeczną oraz zdecydowane, prośrodowiskowe kierunki polityki Unii Europejskiej,

¹⁶ Attaran S., Celik B.G. (2015) „Students' environmental responsibility and their willingness to pay for green buildings”. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 16 (3), 327-340.

¹⁷ Corcoran P., Wals E. „Higher Education and the Challenge of Sustainability: Problematics, Promise and Practice”, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 2004.

¹⁸ Bloodhart B., Swim J., et al. (2013) „Spreading the Eco-Message: Using Proactive Coping to Aid Eco-Rep Behavior Change Programming”. *Sustainability*. 5 (4), 1661-1679.

¹⁹ Torres-Antonini M., Dunkel N.W. (2009) „Green residence halls are there: current trends in sustainable campus housing”. *The Journal of College and University Student Housing*. 36 (2), 10-23.

²⁰ Mokrzecka M., Kowalczyk K. (2017) „A study of pro-environmental behaviors in Polish student dormitories”. City Health, Basel, Swizerland.

podejście do oszczędzania surowców w Polsce w najbliższym czasie może jednak ulec zmianie.

Na tle kontekstu pracy rysuje się problem badawczy: **Istniejące, wzorcowe przykłady proekologicznych domów studenckich. Analiza zagadnień architektonicznych oraz behawioralnych (związanych z edukacją prośrodowiskową mieszkańców). Ocena możliwości adaptacji wybranych zagadnień w domach studenckich w Polsce.**

Zagadnienie badawcze podzielono na następujące problemy składowe:

- Zagadnienia proekologiczne i skala ich stosowania w domach studenckich
- Efektywność zagadnień energooszczędnych stosowanych w domach studenckich
- Charakterystyka domów studenckich w Polsce i kryteria wyboru studium przypadku
- Ocena możliwości adaptacji wybranych zagadnień proekologicznych w domach studenckich w Polsce.

Przeprowadzono analizę, klasyfikację i ewaluację domów studenckich na podstawie wybranych kryteriów. Wybrano kryteria architektoniczne, infrastrukturalne i behawioralne w kontekście zagadnień proekologicznych.

1.3. Tezy pracy

W domach studenckich klimatu umiarkowanego rozwiązania architektoniczne są stosowane częściej niż behawioralne. Brak zagadnień behawioralnych ogranicza efektywność rozwiązań projektowych.

Większość z poddanych analizie domów studenckich w Polsce to budynki powstałe w latach 1970-1980. Budynki posiadają potencjał do implementacji w nich zagadnień proekologicznych stosowanych w zagranicznych domach studenckich.

1.4. Cele pracy

Celem pracy jest analiza i systematyka zagadnień proekologicznych w projektowaniu i modernizacji domów studenckich klimatu umiarkowanego oraz pełniejsze zrozumienie roli zagadnień architektoniczno-behawioralnych w bilansie zużycia energii w domach studenckich.

Celami wdrożeniowymi pracy są:

- Diagnoza rozwiązań funkcjonalno-przestrzennych w wybranym typie domów studenckich w Polsce
- Komfort termiczny mieszkańców wybranego typu domu studenckiego i wskazanie możliwości poprawy
- Badanie proekologicznych zachowań i nawyków studentów oraz wskazanie interwencji architektonicznych, infrastrukturalnych i behawioralnych zasadnych do przeprowadzenia w wybranych domach studenckich w Polsce.

1.5. Zakres pracy

Zakres tematyczny pracy dotyczy domów studenckich, w których występują zagadnienia proekologiczne i koncentruje się na:

- Wzbogaceniu stanu wiedzy na temat architektury proekologicznej domów studenckich
- Omówieniu i klasyfikacji środowiskowych tendencji w projektowaniu domów studenckich
- Charakterystyce domów studenckich w Polsce
- Ocenie możliwości implementacji rozwiązań proekologicznych w wybranym typie domów studenckich w Polsce.

Tematycznie zakres niniejszego opracowania znajduje się w obrębie architektury, inżynierii środowiska oraz psychologii. Podejście interdyscyplinarne było nieodzowne w przeprowadzeniu analiz zagadnień projektowych i behawioralnych oraz ocenie ich wpływu na zużycie wody i energii w domach studenckich.

Zakres terytorialny pracy dotyczy domów studenckich zlokalizowanych w klimacie umiarkowanym w Europie oraz Ameryce Północnej. W toku przeprowadzonych badań zgromadzono sześćdziesiąt przykładów domów studenckich, w których zastosowano różne typy rozwiązań środowiskowych. Wybrane domy studenckie znajdują się w: Austrii, Belgii, Danii, Francji, Holandii, Kanadzie, Irlandii, Niemczech, Norwegii, Stanach Zjednoczonych, Szwecji, Wielkiej Brytanii.

Zakres czasowy będący tłem do badań teoretycznych obejmuje koniec XX i początek XXI wieku. Ramy czasowe przyjęto ze względu na przypadającą na ten okres intensyfikację wiedzy na temat wpływu infrastruktury budynków na zrozumienie roli architektury i jej użytkowników w nadmiernym zużyciu zasobów, m.in. energii. Umownie przyjęto za datę graniczną rok 1993, kiedy to uchwalono agendę 21 ONZ.

Analiza przykładów oraz badania teoretyczne wykonane w celu stworzenia schematu ich ewaluacji i porównania obejmują okres od roku 2000. Przyjmuje się ten okres zarówno dla analizowanych budynków (jako datę graniczną dla realizacji lub modernizacji), jak i dla badań teoretycznych.

1.6. Metoda pracy

Badania wykonane w pierwszej części pracy są typu ex post (De Jonge, Van der Voordt 2002)²¹, czyli są wykonane na zrealizowanych budynkach. Obejmują: przygotowawcze studia literaturowe, analizę komparatystyczną oraz wielokrotne studia przypadków. Wnioski z tej części badań są wykorzystane w drugiej części pracy przy badaniach nad możliwą implementacją określonych rozwiązań podczas przyszłych realizacji i modernizacji domów studenckich. Badania w drugiej części pracy opierają się na wnioskach z badań ex post, które są punktem wyjścia do badań ex ante (De Jonge, Van der Voordt 2002) polegających na próbach przewidzenia efektów planowanych działań w budynku przed ich wykonaniem.

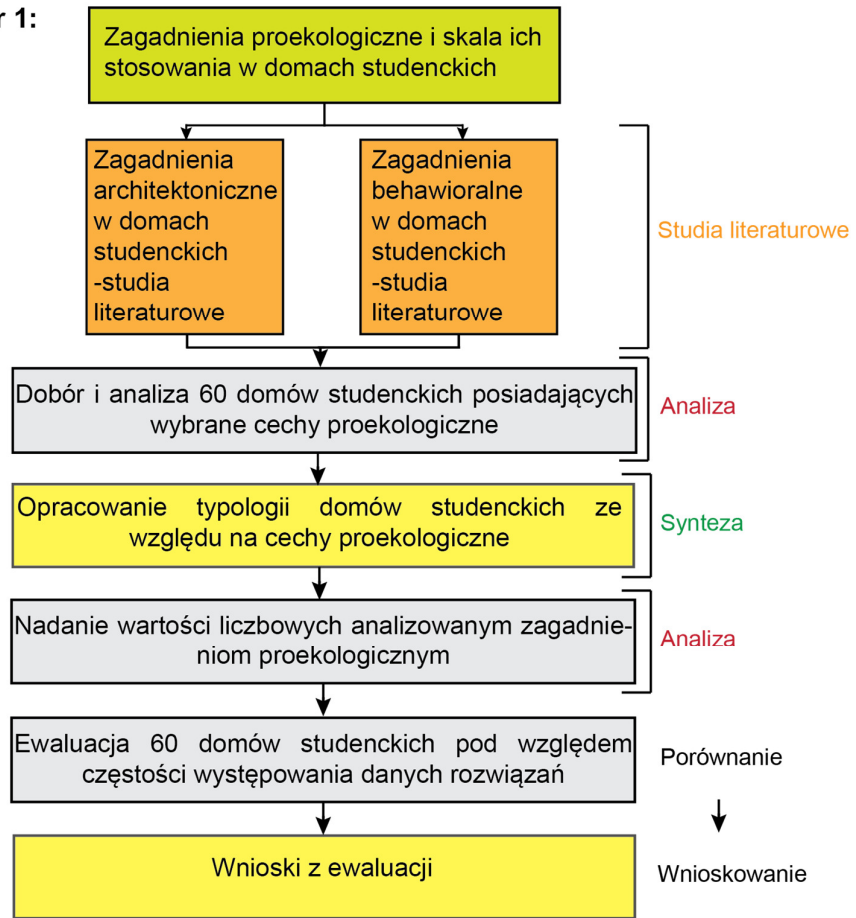
W drugiej części pracy autor buduje scenariusze modernizacji budynku i sprawdza ich skuteczność w kontekście zużycia energii przy pomocy badań symulacyjnych. Stosuje także statystyczne metody ilościowe, aby oszacować szanse powodzenia implementacji rozwiązań behawioralnych związanych z energią, wodą i odpadami. Na podstawie wyników badań formułuje wnioski końcowe oraz rekomendacje dotyczące założeń projektowych w domach studenckich.

Zgodnie z przytoczonym przez profesor Niezabitowską w książce „Metody i Techniki badawcze w architekturze” kartezyjskim założeniem, iż „*Każdy problem należy rozbić na tyle oddzielnych prostych elementów, na ile to jest możliwe*” (Niezabitowska 2014)²², autor w celu walidacji hipotezy badawczej opracował procedurę odpowiedzi na każde z zadanych pytań badawczych. Rysunek 3 i 4 w sposób graficzny przedstawia strategię odpowiedzi na pytania badawcze oraz zastosowane techniki badawcze.

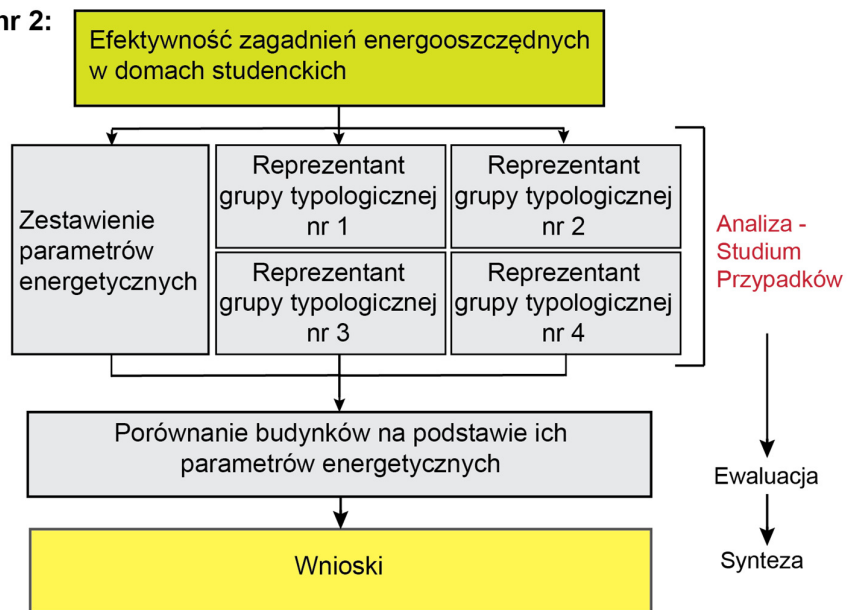
²¹ De Jonge T.M., Van der Voordt D.J.M. „Ways to study and research urban, architectural and technical design”, DUP science, Delft 2002.

²² Niezabitowska E. „Metody i techniki badawcze w architekturze”, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2014.

Pytanie badawcze nr 1:

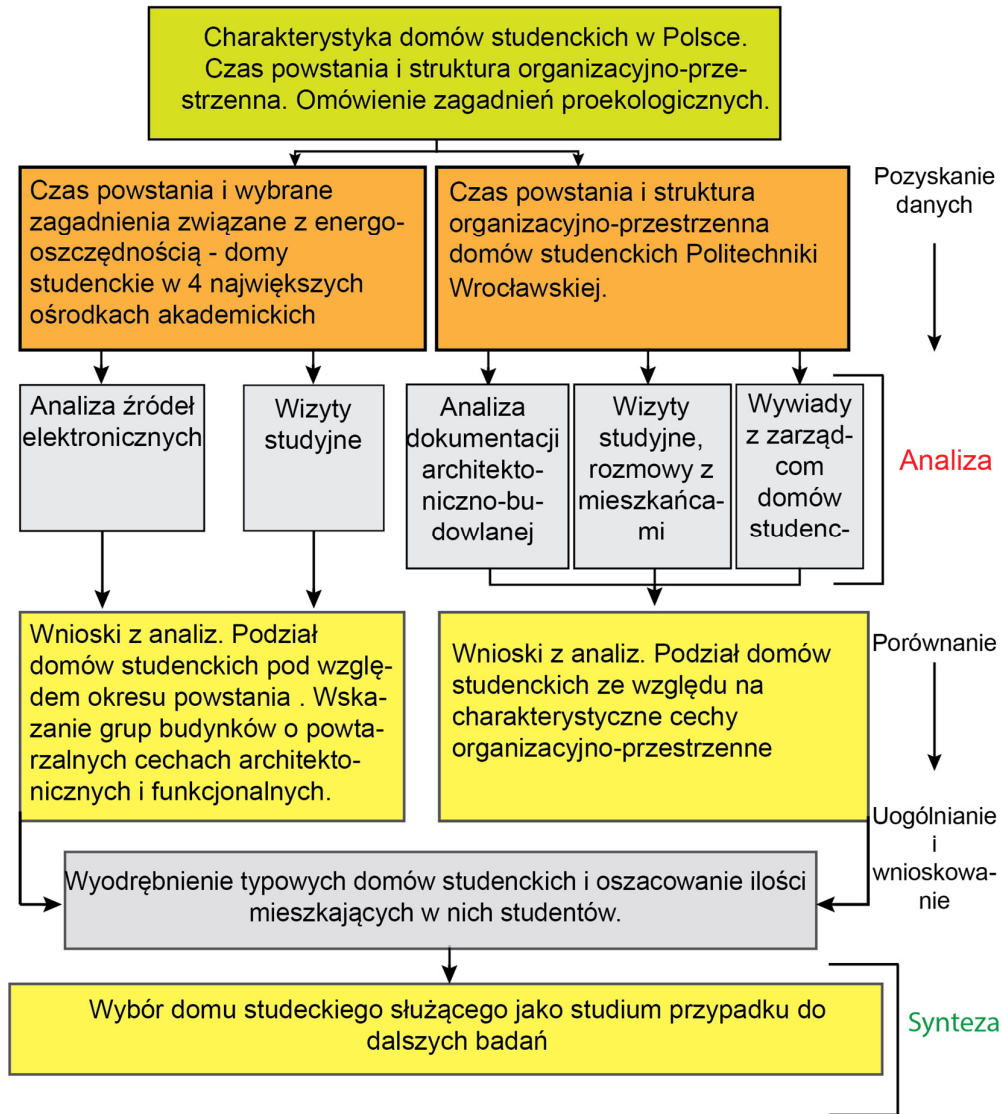


Pytanie badawcze nr 2:

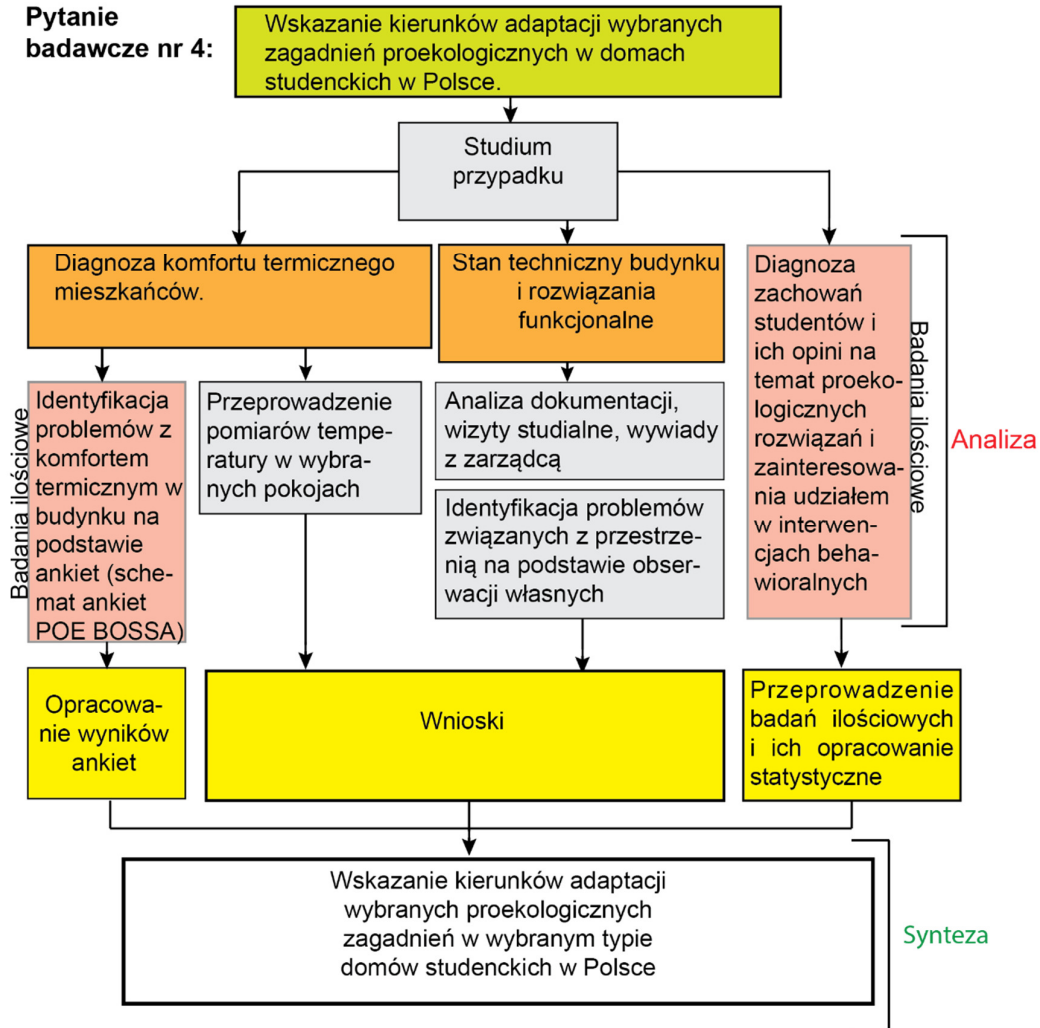


Rys. 1 Schemat metody postępowania w procesie odpowiedzi na pierwsze i drugie pytanie badawcze. Opracowanie: Mokrzecka M.

Pytanie badawcze nr 3:



Rys. 2 Schemat metody postępowania w procesie odpowiedzi na trzecie pytanie badawcze. Opracowanie: Opracowanie: Mokrzecka M.



Rys. 3 Schemat odpowiedzi na czwarte pytanie badawcze. Opracowanie: Mokrzecka M.

1.7. Struktura pracy

Praca doktorska opisuje i systematyzuje zagadnienia proekologiczne w domach studenckich klimatu umiarkowanego w Europie i Ameryce Północnej. Struktura pracy odzwierciedla przyjętą metodę badań. Kolejne rozdziały ilustrują proces odpowiedzi na postawione przez autora pytania badawcze i prowadzą do walidacji hipotezy.

Rozdział pierwszy (wstęp):

Zawiera zarys tematu pracy. Formułuje problem badawczy, stawia pytania badawcze i hipotezę. Określa i opisuje użytą metodę badawczą. W sposób skrótowy opisuje stan badań.

Rozdział drugi (wprowadzenie):

Zawiera tło i motywacje autora do podjęcia tematu pracy.

Rozdział trzeci:

Rozdział trzeci rozpoczyna opis wybranych zagadnień proekologicznych stosowanych w domach studenckich. Wyodrębniono trzynaście zagadnień, mających wpływ na zużycie energii, wody i gospodarkę odpadami w budynku. Są to zagadnienia związane z architekturą i infrastrukturą techniczną budynku oraz proekologiczną edukacją mieszkańców. Zagadnienia podzielono na sześć grup tematycznych: informacje ogólne na temat budynku, architektura, energia, woda, odpady i użytkownicy. Następnie sześćdziesiąt domów studenckich zlokalizowanych w klimacie umiarkowanym zestawiono w formie tabelarycznej. Każdy z domów przeanalizowano pod względem obecności opisanych wcześniej zagadnień. Wnioski z analizy posłużyły do opracowania typologii domów studenckich. Wyodrębniono i scharakteryzowano cztery grupy typologiczne. Ostatni etap rozdziału trzeciego stanowi ewaluacja sześćdziesięciu domów studenckich. Kategoriom scharakteryzowanym na początku rozdziału nadano wartości nominalne. Ewaluacja umożliwiła porównanie budynków oraz ocenę częstości występowania danych typów rozwiązań proekologicznych.

Rozdział czwarty:

W rozdziale przeprowadzono analizę parametrów energetycznych pięciu domów studenckich. Opisane budynki reprezentują cztery grupy typologiczne opisane w rozdziale trzecim. Każdy z budynków został opisany zgodnie z przyjętymi założeniami metodycznymi. Po wykonaniu analiz wybranych parametrów pięć budynków porównano ze sobą pod względem: wartości współczynników przenikania ciepła dla przegród budynków, współczynnika zwartości A/V, ilości powierzchni szklanych na poszczególnych elewacjach, stosowanych systemów HVAC oraz projektowanego i rzeczywistego zużycia energii do ogrzewania. Opisano i podsumowano wnioski.

Rozdział piąty:

W rozdziale scharakteryzowano domy studenckie w Polsce na podstawie badań wykonanych w czterech największych ośrodkach akademickich. Domy studenckie sklasyfikowano na podstawie okresu powstania oraz typu zastosowanego projektu. Następnie zweryfikowano liczbę studentów mieszkających w domach studenckich każdego typu i na tej podstawie określono, w jakim typie domów studenckich mieszka ich najwięcej. Ten typ został wybrany jako studium przypadku do dalszych badań nad implementacją zagadnień proekologicznych.

Rozdział szósty:

Rozdział szósty stanowi wieloaspektową analizę studium przypadku. Opisano badania przeprowadzone w domu studenckim T-16 przy ulicy Edwarda Wittiga 4 we Wrocławiu.

Celem badań wykonanych w rozdziale jest diagnoza komfortu termicznego, rozwiązań funkcjonalnych, zużycia wody i energii. Diagnoza jest podstawą do oceny możliwości adaptacji wybranych zagadnień proekologicznych – architektonicznych oraz behawioralnych.

Rozdział siódmy

Podsumowanie pracy

1.8. Stan badań

Problematyka niniejszego opracowania ze względu na swoją aktualność jest obecna w literaturze krajowej i zagranicznej. Stan badań dotyczący szerszego kontekstu pracy – tzn. problemu globalnego ocieplenia, zagadnień architektury zrównoważonej i proekologicznej oraz roli użytkowników budynku w zużyciu zasobów został opisany w podrozdziałach wstępu. Wstępne studia literaturowe na temat zagadnień architektonicznych i behawioralnych w domach studenckich wykazały ograniczoną liczbę opracowań opisujących oba zagadnienia jednocześnie. Dalsze badania przeprowadzono więc dwutorowo.

Przeprowadzono studia literaturowe, zgłębiające zagadnienia związane z proekologiczną architekturą i infrastrukturą techniczną budynku. W początkowym stadium pracy istotnymi pozycjami były opracowania kompleksowe, takie jak „Heating, Cooling and Lighting: Sustainable design methods for architects” (Lechner 2009)²³, „Green Building Illustrated” (Ching, Shapiro 2014)²⁴, „Design for climate change” (Gething, Puckett 2013)²⁵, „The handbook of sustainable refurbishment: housing” (Burton 2012)²⁶ czy opracowania Zielonko – Jung i Marchwińskiego (2012)^{27,28}.

Istotne w pracy były poszukiwania dotyczące poszczególnych elementów i technologii stosowanych w budynkach i ich wpływu na zużycie wody i energii. Szczegółowy opis poszczególnych badań i ich wyniki znajdują się w rozdziale drugim i trzecim. Są to

²³Lechner N. „Heating, cooling, lighting : sustainable design methods for architects”, John Wiley & Sons, New Jersey 2009.

²⁴Ching F.D.K., Shapiro I.M. „Green building illustrated”, Wiley, New Jersey 2014.

²⁵Gething B., Puckett K. „Design for climate change”, RIBA Publishing, London 2013.

²⁶Burton S. „The handbook of sustainable refurbishment: housing”, Earthscan, Abingdon, Oxon; New York; 2012.

²⁷Zielonko-Jung K., Marchwiński J. „Ekologia w architekturze”, Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2012.

²⁸Zielonko-Jung K., Marchwiński J. „Łączenie zaawansowanych i tradycyjnych technologii w architekturze proekologicznej”, Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2012.

między innymi badania: Shi, Tian et al. (2016)²⁹, Depecker et.al (2001)³⁰, Gratia i de Herde (2003)³¹.

Opracowując schemat ewaluacji domów studenckich posiłkowano się istniejącymi schematami ewaluacji w budynkach wielorodzinnych. Są to przede wszystkim badania Castellano et al. (2016)³².

Przeprowadzono również studia literaturowe zgłębiające zagadnienia behawioralne i ich wpływ na środowiskowe zachowania mieszkańców domów studenckich. Analizowano źródła opisujące interwencje behawioralne przeprowadzone w domach studenckich i ich efektywność. Szczegółowy opis poszczególnych badań i ich wyniki znajdują się w rozdziale trzecim. Są to między innymi badania: Bloodhart et al. (2013)³³; Chiang et al. (2014)³⁴; Emeakaroha et al. (2013)³⁵ Erickson i Skoglund (2008)³⁶, Marcell et al. (2004)³⁷ Petersen et al.(2007)³⁸, Sintov et al. (2016)³⁹ i Senbel et al. (2014)⁴⁰.

²⁹ Shi X., Tian Z., et al. (2016) „A review on building energy efficient design optimization from the perspective of architects”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 65 872-884.

³⁰ Depecker P., Menezo C., et al. (2001) „Design of buildings shape and energetic consumption”. *Building and environment*. 36 (5), 627-635.

³¹ Gratia E., De Herde A. (2003) „Design of low energy office buildings”. *Energy and Buildings*. 35 (5), 473-491.

³² Castellano J., Ribera A., et al. (2016) „Integrated system approach to evaluate social, environmental and economic impacts of buildings for users of housings”. *Energy & Buildings*. 123 106-118.

³³ Bloodhart B., Swim J., et al. (2013) „Spreading the Eco-Message: Using Proactive Coping to Aid Eco-Rep Behavior Change Programming”. *Sustainability*. 5 (4), 1661-1679.

³⁴ Chiang T., Mevlevioglu G., et al. (2014) „Inducing (sub)conscious energy behaviour through visually displayed energy information: A case study in university accommodation”. *Energy and Buildings*. 70 507-515.

³⁵ Emeakaroha A., Ang C.S., et al. (2013) „Challenges in Improving Energy Efficiency in a University Campus through the Application of Persuasive Technology and Smart Sensors. Challenges 2012, 3, 290-318”. *Challenges*. 4 (1),17-18.

³⁶ Erickson C., Skoglund C. (2008) „Eco-Reps Programs: Conducting Peer Outreach in Residence Halls”. *Sustainability: The Journal of Record*. 1 (1), 57-72.

³⁷ Marcell K., Agyeman J., et al. (2004) „Cooling the campus”. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 5 (2), 169-189.

³⁸ Petersen J.E., Shunturov V., et al. (2007) „Dormitory residents reduce electricity consumption when exposed to real-time visual feedback and incentives”. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 8 (1),16-33.

³⁹ Sintov N., Dux E., et al. (2016) „What goes on behind closed doors?”. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 17 (4), 451-470.

⁴⁰ Senbel M., Ngo V.D., et al. (2014) „Social mobilization of climate change: University students conserving energy through multiple pathways for peer engagement”. *Journal of Environmental Psychology*. 38 84-93.

2. Wprowadzenie

2.1. Idea zrównoważonego rozwoju i architektura jako jego element składowy.

Zrównoważony rozwój to próba znalezienia alternatywy dla modelu rozwoju opartego o rynkowy kapitalizm i związane z nim dążenie do ciągłego wzrostu gospodarczego, bez uwzględnienia kosztów środowiskowych (Vazquez Brust, Sarkis 2012)⁴¹. Przyjmując najogólniejszą definicję – zrównoważony rozwój to taki, w którym ludzkość jest w stanie zaspokoić obecne potrzeby w sposób umożliwiający przyszłym pokoleniom realizację ich własnych potrzeb. Ta definicja ukazała się w raporcie komisji Środowiska i Rozwoju ONZ w 1987 roku pt. „Nasza wspólna przyszłość” (Brundtland 1987)⁴². Podkreślono wówczas trzy główne obszary, w których powinno się zintegrować działania na rzecz zrównoważonego rozwoju:

- Ekonomia – działania na rzecz wzrostu gospodarczego i równomiernego podziału korzyści
- Środowisko – działania na rzecz ochrony zasobów naturalnych i środowiska
- Społeczeństwo – działania na rzecz stabilności politycznej, sprawiedliwości społecznej, edukacji.

Raport ONZ powstał na fali dyskusji o przyszłości naszej planety, która nasiliła się w latach 70-tych ubiegłego stulecia. Jednak obawy dotyczące kierunku rozwoju ludzkości i tzw. granic wzrostu pojawiły się już z początkiem ery przemysłowej. Thomas Robert Malthus (1766-1834) wraz z Davidem Ricardo opracowali tzw. statystyczną teorię zasobów wg której liczba ludności świata rośnie w postępie geometrycznym, natomiast zasoby żywności w najlepszym wypadku w arytmetycznym. Oznacza to nieunikniony niedobór żywności i klęski głodu, które będą regulować nadmiar ludności na świecie (Mebratu 1998)⁴³. W 1972 roku Klub Rzymski⁴⁴ opublikował raport „Granice wzrostu” (Meadows, Club of 1974)⁴⁵, w którym, opierając się na komputerowych symulacjach prognozowali kierunki i skutki rozwoju obecnego modelu gospodarczego opartego na wzroście. Wynikiem symulacji w każdym przypadku, było załamanie się wzrostu gospodarczego w wyniku przeludnienia i nadmiernej eksploatacji zasobów.

⁴¹ Vazquez Brust D., Sarkis J. „Green growth managing the transition to a sustainable economy : Learning by doing in East Asia and Europe”, Springer, Dordrecht ; New York 2012, 1-25.

⁴² Brundtland G.H. „Our common future”, Oxford University Press, New York;Oxford; 1987.

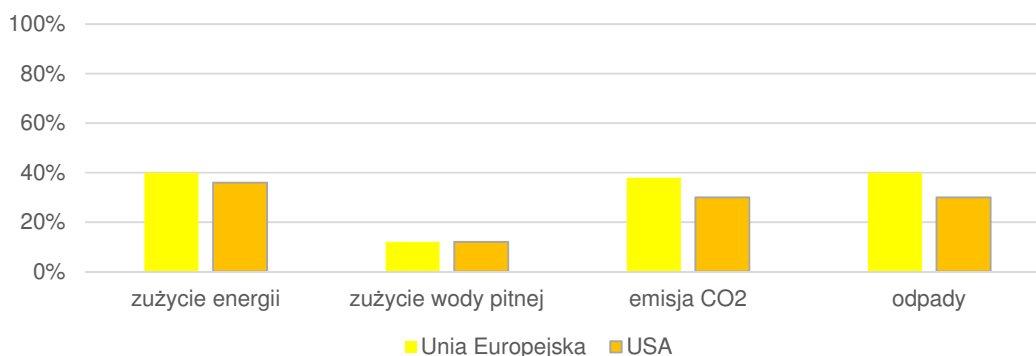
⁴³ Mebratu D. (1998). "Sustainability and sustainable development: Historical and conceptual review". *Environmental Impact Assessment Review*. 18 (6), 493-520.

⁴⁴ Twórcy klubu rzymskiego to: Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, Jørgen Randers i William W. Behrens III.

⁴⁵ Meadows D.H., Club of R. „The limits to growth: a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind”, New American Library, New York 1974.

W podobnym czasie powstał wspomniany wcześniej raport ONZ „Nasza wspólna przyszłość”⁴², w którym po raz pierwszy zdefiniowano zrównoważony rozwój i podkreślono jego istotność dla przyszłości Ziemi. Od tego momentu zaczęło powstawać wiele lokalnych, narodowych i globalnych inicjatyw, które starały się adresować różne aspekty zrównoważonego rozwoju, jednak bez większych sukcesów (Mebratu 1998)⁴³. Organizacja Narodów Zjednoczonych stworzyła bowiem bardzo ogólny model zrównoważonego rozwoju. Ten model, oparty na trzech filarach rozwoju, obrazuje interdyscyplinarność i obszerność tego zagadnienia (Newman 2006)⁴⁶. Może też tłumaczyć, dlaczego w późniejszych latach pojęcie zrównoważonego rozwoju zaczęło funkcjonować w wielu różnych, często sprzecznych kontekstach. Obecnie istnieje ponad 500 definicji zrównoważonego rozwoju i samego *zrównoważenia* (Shah 2012)⁴⁷.

Dopiero początek lat 90-tych przyniósł bardziej systematyczne i istotne zmiany w nurcie zrównoważonego rozwoju, głównie przez próby szerokiego, systemowego podejścia do tego zagadnienia, co przełożyło się na konkretne zapisy prawne i zdefiniowane kierunki polityk krajowych i międzynarodowych. W ramach tych zmian, zaczęto regulować m.in. zagadnienia związane z architekturą i sektorem budowlanym.



Rys. 4 Wpływ budynków na środowisko, USA i Unia Europejska. Opracowanie: Mokrzecka M. na podstawie: „Building Design and Construction: Forging Resource Efficiency and Sustainable Development”, United Nations Environment Program-Sustainable Buildings and Climate Initiatives. Źródło internetowe: https://www.wbdg.org/resources/env_sustainability.php, dostęp 15.07.2017

Za prekursora zrównoważonej architektury uważa się Victora Olgayę, autora książki „Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism” (Olgay 1963)⁴⁸. Olgay zdefiniował w niej architekturę bioklimatyczną, która jest wypadkową uwarunkowań klimatycznych, ludzkiej fizjologii i fizyki budowli. Olgay szczególnie

⁴⁶ Newman L. (2006). „Change, uncertainty, and futures of sustainable development”. *Futures*. 38 (5), 633-637.

⁴⁷ Shah S. „Sustainable refurbishment”, Wiley, Chicester 2012.

⁴⁸ Olgay V. „Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism”, U.P, Princeton 1963.

podkreślał istotność uwarunkowań regionalnych i środowiskowych w architekturze. Zwracał uwagę na nasłonecznienie, kierunki wiatru, wilgotność.

W podobnym czasie pojawili się inni: Ralph Erskine, który uzależniał formę architektoniczną od uwarunkowań klimatu, E.F. Schumacher, który krytykował eksurbanizację (*ang. urban sprawl*), R. Buckminster Fuller, który eksperymentował z różnymi formami schronień (*ang. shelters*). Wraz z publikacją takich książek, jak *Silent Spring* R. Carson czy *The Whole Earth Catalog*, pojawiło się bardziej powszechne zainteresowanie problemami środowiska. Zaczęto eksplorować nowe możliwości rozwoju architektury, często w formie futurystycznych wizji i prób ich realizacji – *Arcosanti* Paolo Soleriego, *Instant City* grupy Archigram, *Architektury Technomorficznej* grupy Superstudio czy poszukiwań grupy SITE (Tabb, Deviren 2014)⁴⁹.

Architektura zrównoważona powracała w różnych formach od lat siedemdziesiątych do wczesnych lat dwutysięcznych. Nigdy jednak nie stała się głównym nurtem projektowym. Temat architektury zrównoważonej powrócił wraz z narastającymi problemami związanymi z eksploatacją surowców, zwłaszcza wody, energii, produkcji odpadów. Sektor budowlany jest w znacznym stopniu odpowiedzialny za zużycie energii, emisje CO₂, zużycie, wody i produkcje odpadów. Jest też odpowiedzialny za 10% światowego PKB, 5-10% zatrudnienia, co czyni go istotnym także ze względów ekonomicznych.

Zaczynając od wczesnych lat dziewięćdziesiątych, zaczęto wprowadzać międzynarodowe i lokalne regulacje związane z budownictwem, architekturą i urbanistyką jako ważnymi elementami polityki zrównoważonego rozwoju. Narastające w ostatnich latach publiczne zainteresowanie tym tematem wywiera presję szybkich zmian w sektorze budowlanym. Strategie polityczne, nowe wymagania legislacyjne, międzynarodowe i lokalne regulacje wymuszają innowacje procesów i produktów związanych z budownictwem i architekturą (Hellström 2007)⁵⁰.

<i>Nazwa dokumentu</i>	<i>Opis</i>	<i>Rok uchwalenia</i>
Agenda 21 ONZ ⁵¹	Promowanie trwałego i zrównoważonego rozwoju osiedli ludzkich	1993

⁴⁹ Tabb P., Deviren A.S. „The greening of architecture: a critical history and survey of contemporary sustainable architecture and urban design”, Ashgate Publishing Ltd, Farnham 2014.

⁵⁰ Hellström T. (2007). „Dimensions of environmentally sustainable innovation: the structure of eco-innovation concepts”. *Sustainable Development*. 15 (3), 148-159.

⁵¹ *Agenda 21 (tekst oryginalny)*, źródło internetowe:

<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf>, dostęp: 20.07.2018 r.

<i>Nazwa dokumentu</i>	<i>Opis</i>	<i>Rok uchwalenia</i>
Habitat II, Konferencja ONZ w sprawie osiedli ludzkich	Podkreślono konieczność działania na rzecz zrównoważonego rozwoju miast, głównie poprzez promowanie zrównoważonej architektury i urbanistyki.	1996
Strategia tematyczna w sprawie środowiska miejskiego, UE ⁵²	„Obszary miejskie mają istotne zadania do spełnienia związane z dostosowaniem do zmian klimatycznych oraz zmniejszeniem emisji gazów cieplarnianych. Obszarami priorytetowymi władz lokalnych, mającymi przyczynić się do zmniejszania emisji gazów cieplarnianych, są transport i budownictwo”	2006
Dyrektywa UE ⁵³ EPBD,	Regulacje dotyczące efektywności energetycznej budynków w Unii Europejskiej. Do 2020 wszystkie nowe budynki w UE mają być blisko zero energetyczne, a budynki poddawane modernizacji powinny jednocześnie zwiększać efektywność energetyczną.	2010
Plan na rzecz efektywności energetycznej, UE ⁵⁴	W dokumencie podkreślono, że największy potencjał w zakresie oszczędności energii przedstawiają budynki. Wskazano kierunki do uruchomienia procesu renowacji budynków publicznych i prywatnych oraz do poprawy ich energooszczędności.	2011
Strategia rozwoju Dynamiczna Polska ⁵⁵ , Polska	Wspieranie rozwoju zrównoważonego budownictwa na etapie planowania, projektowania, wznoszenia budynków oraz zarządzania nimi przez cały cykl życia. Zwiększenie efektywności wykorzystania zasobów naturalnych i surowców, ograniczanie energo- i materiałochłonności gospodarki, ze szczególnym uwzględnieniem branży budowlanej. Intensyfikacja działań w zakresie wdrażania dyrektywy w sprawie charakterystyki energetycznej budynków 2010/31/UE (tzw. EPBD. Działania zmierzające do poprawy stanu technicznego istniejących budynków, z jednoczesną ich termomodernizacją).	2013

⁵² Komunikat Komisji do Rady i Parlamentu Europejskiego dotyczący strategii tematycznej w sprawie środowiska miejskiego, źródło internetowe: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+IM-PRESS+20060922IPR10876+0+DOC+PDF+V0//PL&language=PL>, dostęp 20.07.2018 r.

⁵³ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=PL>, dostęp 20.07.2018 r.

⁵⁴ Plan na rzecz efektywności energetycznej, źródło internetowe: https://for.org.pl/upload/File/CEP_analiza/AnalizaCEP-Efektywnoscenergetyczna20111.pdf, dostęp 20.07.2018 r.

⁵⁵ Uchwała Nr 7 Rady Ministrów z dnia 15 stycznia 2013 r. w sprawie Strategii Innowacyjności i Efektywności Gospodarki „Dynamiczna Polska 2020”, źródło internetowe: <http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WMP2013000073/O/M20130073.pdf>, dostęp 20.07.2018 r.

Nazwa dokumentu	Opis	Rok uchwalenia
Strategia bezpieczeństwa energetyczne i środowisko ⁵⁶ , Polska	Poprawa efektywności energetycznej poprzez budownictwo efektywne energetycznie, opracowanie mechanizmów finansowania dla budownictwa efektywnego energetycznie.	2014
Nowa Agenda Miejska, Habitat III, ONZ ⁵⁷	Rozwijanie zrównoważonych źródeł energii oraz energooszczędnych budynków i budownictwa. Zrównoważone wykorzystanie zasobów budowlanych. Planowanie rozbudowy urbanistycznej i wypełnianie przestrzeni miejskiej tak aby zapobiegać niekontrolowanemu rozwojowi miast.	2017

Tab. 1 Chronologiczne zestawienie wybranych przez autora dokumentów, w których od lat dziewięćdziesiątych poruszano temat architektury w kontekście zrównoważonego rozwoju. Opracowanie: Opracowanie: Mokrzecka M.

2.2. Architektura zrównoważona i proekologiczna

Zgodnie z normą ISO 15392 (2008)⁵⁸ zrównoważenie w budownictwie należy rozpatrywać pod kątem trzech głównych filarów zrównoważenia (ekonomicznego, środowiskowego i społecznego), nie zapominając o spełnianiu wymagań technicznych i funkcjonalnych. Definicja ta powstała jednak stosunkowo późno i jest dość ogólna. Tylko w okresie pomiędzy rokiem 1987 a 2013 powstały 243 artykuły naukowe dotyczące zagadnienia zrównoważonej architektury (Pan, Ning 2014)⁵⁹. Opracowano też wiele (do 2008 roku ponad 600 (Klimes 2015)⁶⁰) systemów, w których dzięki specyficznym wskaźnikom można ocenić, w jakim stopniu budynek jest „zrównoważony”. Jasną klasyfikację utrudnia także to, że poza terminem zrównoważenia, w literaturze fachowej zaczęto używać także innych definicji: architektury zielonej, niskoenergetycznej, proekologicznej (lub prośrodowiskowej) i innych. Hastings i Walls (2007)⁶¹ zaproponowali następującą klasyfikację związaną ze zrównoważeniem w architekturze i budownictwie:

- skumulowane zapotrzebowanie na energię, Cumulative Energy demand (CED),
- analiza cyklu życia, Life cycle analysis (LCA),

⁵⁶ Strategia bezpieczeństwa energetyczne i środowisko, źródło internetowe: http://www.kigeit.org.pl/FTP/PRCIP/Literatura/008_3_Strategia_Bezpieczenstwo_Energetyczne_i_Srodowisko_2020.pdf, dostęp 20.07.2018 r.

⁵⁷ Nowa Agenda Miejska, źródło internetowe: <http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Polish.pdf>, dostęp: 22.08.2018 r.

⁵⁸ ISO „Sustainability in building construction - General principles” (2008).

⁵⁹ Pan W., Ning Y. (2014) „Dialectics of sustainable building: Evidence from empirical studies 1987-2013”. *Building and Environment*. 82 666-674.

⁶⁰ Klimes J. „Assessing and Measuring Environmental Impact and Sustainability”, Elsevier Science, Burlington 2015.

⁶¹ Hastings R., Wall M., et al. „Sustainable solar housing”, Earthscan, London; Sterling, VA; 2007.

- całkowita ocena jakości, Total quality assessment (TQA).

Systemy CED są przeważnie oparte na wskaźnikach związanych wyłącznie z energią. Istotna jest w nich ilość energii zużywanej do ogrzewania, wentylacji, klimatyzacji, podgrzewania wody, oświetlenia i innych potrzeb użytkowników budynku.

Systemy analizy cyklu życia budynku (LCA) to systemy, które dzielą budynki na czynniki pierwsze – na zasoby, z których są zbudowane i procesy, jakie w nich zachodzą. Każdy element budynku jest ewaluowany pod kątem wpływu na środowisko od produkcji/wydobycia, przez transport, aż do rozbiórki i ewentualnego recydingu (koncepcja cradle to cradle i tzw. plecaka ekologicznego).

Celem systemów całkowitej oceny jakości (TQA) jest ewaluacja budynków pod kątem:

- aspektów środowiskowych takich jak emisja CO₂, zużycie energii,
- aspektów ekonomicznych takich jak koszty inwestycji,
- aspektów społecznych takich jak jakość przestrzeni, dostępność,

Całkowite systemy oceny opierają się na systemie punktowym, gdzie każde kryterium ma określoną wartość, a ocena zrównoważenia jest sumą tych kryteriów.

Inny, bardziej ogólny podział architektury zaproponowała Dorota Chwieduk (2003)⁶², dzieląc budynki na:

- efektywne energetycznie,
- przyjazne środowisku,
- zrównoważone.

Budynki efektywne energetycznie posiadają wysoką izolacyjność termiczną, ich systemy grzewcze i elektryczne są efektywne, można je kontrolować. Posiadają również system grzewczy z odzyskiem ciepła. Są przyjazne środowisku w kontekście minimalizowania zużycia energii. Podkategorią budynków efektywnych energetycznie są budynki inteligentne (*ang. intelligent building management system – BMS*), w których dzięki informatycznym systemom zarządzającym możliwe jest ciągle kontrolowanie środowiska wewnętrznego w budynku, co pozwala na optymalizację zużycia energii.

Budynki przyjazne środowisku podchodzą do problemu zużycia energii bardziej globalnie, rozważając nie tylko samo zużycie, ale także źródło energii. Stąd często są one wyposażone w urządzenia do pozyskiwania odnawialnych źródeł. Ponadto, przy ich projektowaniu bierze się pod uwagę: pasywne strategie solarne, maksymalizację światła

⁶² Chwieduk D. (2003) „Towards sustainable-energy buildings”. *Applied Energy*. 76 (1), 211-217.

dziennego, integrację kolektorów i paneli słonecznych w bryle budynku, możliwość gromadzenia energii (*ang. energy storage*), wykorzystanie technologii przyjaznych środowisku, takich jak pompa ciepła, odzysk ciepła, sortowanie odpadów, recycling, zarządzanie wodą, w tym recycling wody, wykorzystanie wody deszczowej, urządzenia i armaturę wodoszczędną. Chwieduk⁶² uznaje, że budynki przyjazne środowisku, są często oceniane w szerszym kontekście i projektowane jako zielone budynki.

Zielone budynki posiadają wszystkie cechy budynków przyjaznych środowisku, ale przy ich projektowaniu wymagany jest szerszy kontekst, obejmujący: problematykę zużycia zasobów, przede wszystkim energii, ziemi, wody i materiałów; obciążeń środowiskowych, głównie emisji gazów cieplarnianych, substancji zubożających warstwę ozonową, generowania odpadów, wpływu na środowisko, jakości powietrza wewnętrznego, w tym: komfortu termicznego, nasłonecznienia, akustyki, wentylacji; jakości usług: możliwości adaptacji budynku do zmieniającej się funkcji, możliwość kontroli systemów zarządzania energią, zarządzanie efektywnością.

W budynkach zrównoważonych informacje na temat zużycia energii i wpływu budynków na środowisko są badane przez analizę cyklu życia (LCA) opisaną powyżej. Według Chwieduk (Chwieduk 2003)⁶² w budynkach zrównoważonych możemy znaleźć wszystkie elementy budynków efektywnych energetycznie i przyjaznych środowisku. Dodatkowy nacisk jest położony na jakość środowiska wewnętrznego, architektoniczną jakość wnętrza, jakość materiałów użytych w budynku.

Podobną klasyfikację zaproponowała Organizacja Narodów Zjednoczonych, rozróżniając budynki zrównoważone i zielone. Poniżej znajduje się zestawienie opracowane przez Berardiego (2013)⁶³ na podstawie raportu Programu Środowiskowego ONZ (UNEP 2003)⁵. Autor dodał do niej klasyfikację architektury proekologicznej, zaproponowaną przez Winesa (2000)⁶⁴ i zaadaptowaną m.in. przez Katarzynę Zielonko -Jung (2012) ²⁸.

⁶³ Berardi U. (2013) „Clarifying the new interpretations of the concept of sustainable building”. *Sustainable Cities and Society*. 8 72-78.

⁶⁴ Wines J. „Green architecture”, Taschen, London 2000.

<i>Główne aspekty efektywności budynku</i>	<i>Zielony</i>	<i>Zrównoważony</i>	<i>Proekologiczny</i>
<i>Zużycie nieodnawialnych zasobów</i>	x	x	x
<i>Zużycie wody</i>	x	x	x
<i>Zużycie materiałów</i>	x	x	x
<i>Zużycie ziemi</i>	x	x	x
<i>Wpływ na ekologię działki</i>	x	x	x
<i>Zagadnienia urbanistyczne i planistyczne</i>	(x)	x	x
<i>Emisje gazów cieplarnianych</i>	x	x	x
<i>Stałe i ciekłe odpady</i>	x	x	x
<i>Jakość środowiska wewnętrznego: jakość powietrza, oświetlenia, akustyki</i>	(x)	x	
<i>Trwałość, elastyczność, możliwość adaptacji</i>		x	x
<i>Eksploatacja i utrzymanie</i>		x	x
<i>Zarządzanie obiektami</i>		x	
<i>Aspekty społeczne (dostęp, edukacja, włączanie, spójność)</i>		x	
<i>Aspekt ekonomiczny</i>	x	x	
<i>Postrzeganie kulturowe i aspiracje</i>		x	x

Tab. 2 Różnice między budynkiem zrównoważonym, zielonym, proekologicznym. Opracowanie: Mokrzecka M. na podstawie: (Berardi, 2003).

Pomimo różnych klasyfikacji, występujących w literaturze, obserwuje się powtarzający się model, w którym architektura zrównoważona jest najobszerniejszym zbiorem zagadnień. Zawierają się w niej kryteria architektury zielonej. Kolejnym poziomem jest architektura przyjazna środowisku – proekologiczna. Modelem koncentrującym się na jednym, wybranym zagadnieniu – energii, jest architektura efektywna energetycznie.

„Architektura proekologiczna to architektura zorientowana na szeroko pojęty aspekt środowiskowy” (Zielonko-Jung 2013)⁶⁵. Opierając się na takiej interpretacji oraz biorąc pod uwagę zespół cech architektury proekologicznej wyszczególnionych przez Winesa

⁶⁵ Zielonko-Jung K. „Kształtowanie przestrzenne architektury ekologicznej w strukturze miasta”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2013.

(2000)⁶⁴ przyjmuje się, że proekologia zawiera się w jednym z filarów zrównowżenia, jakim jest środowisko. Cechy architektury proekologicznej zestawiono w tabeli nr 2.

Istnieje wiele definicji zbliżonych do architektury proekologicznej, jak chociażby wspomniana wyżej architektura zielona (której zakres znacząco różni się w zależności od źródła) czy architektura odpowiedzialna środowiskowo (Stevens, Wilson 2015)⁶⁶ lub prośrodowiskowa. Każde z tych pojęć, pomimo niewielkich różnic w skali zorientowania na środowisko, opisuje architekturę skoncentrowaną na oszczędzaniu zasobów, głównie energii, wody, materiałów nieodnawialnych – zarówno w fazie projektowej, jak i operacyjnej budynku.

2.3. Architektura proekologiczna a użytkownicy budynków

Badania koncentrujące się na ewaluacji budynków pod względem zgodności projektu z powstałym obiektem wykazują częste różnice w projektowanym i rzeczywistym zapotrzebowaniu na energię. Różnice te uwidaczniają się w fazie użytkowania budynku.

Analizując zużycie energii, na jej wahania wpływają następujące zmienne: klimat, rodzaj przegród zewnętrznych, systemy zastosowane w budynku, sposób jego użytkowania i zarządzania, jakość warunków wewnątrz oraz zachowania użytkowników (Polinder, Spiekman et al. 2015). Większość wymienionych czynników można zdefiniować w fazie projektowej budynku i na ich podstawie, korzystając z narzędzi do symulacji energetycznych, oszacować zużycie energii w obiekcie. Symulacje energetyczne stanowią matematyczne odzwierciedlenie fizycznych cech budynku⁶⁷. W symulacjach wprowadza się również scenariusze zachowań użytkowników, jednak ta zmienna opiera się na przewidywaniach, co oznacza, iż w rzeczywistości użytkownicy mogą zachowywać się zupełnie inaczej niż zakłada osoba wprowadzająca dane symulacyjne. Często zmierzone różnice między projektowym a faktycznym zużyciem energii⁶⁸ w budynku tłumaczy się właśnie 'nieprogramowym' zachowaniem mieszkańców lub

⁶⁶ Stevens J., Wilson S. „Environmentally Responsible Architecture”(2015)W: The Oxford dictionary of architecture.

⁶⁷ Opracowano na podstawie: Mokrzecka M. (2017). "Interwencje behawioralne jako technika wspierająca zmniejszenia zużycia energii w domach studenckich : podsumowanie stanu wiedzy oraz analiza możliwości zastosowania wybranych interwencji w domach studenckich w Polsce". *Edukacja Biologiczna i Środowiskowa*. 3 37-46.

⁶⁸ Bazujące na porównaniu danych uzyskanych w symulacjach z danymi odczytanymi z liczników w trakcie użytkowania budynku.

użytkowników (O. Guerra-Santin, Romero Herrera et al. 2016)⁶⁹, (Branco, Lachal et al. 2004)⁷⁰.

Porównywanie projektowego i licznikowego zużycia energii w budynku jest jednym ze sposobów kontroli efektywności budynków. Inną wiarygodną metodą, pokazującą wahania zużycia surowców wynikające ze sposobu użytkowania obiektów, jest monitoring zużycia wody czy energii w tych obiektach (lub wybranych biurach czy mieszkaniach). Monitoring wprowadza się w dwóch podobnych do siebie budynkach/mieszkaniach. Sprawdza się stałość pozostałych zmiennych, takich jak: metraż, lokalizacja mieszkań, liczba mieszkańców itd. Badania bazujące na takich porównaniach (Palmborg 1986)⁷¹, (Andersen, Toftum et al. 2009)⁷² pozwoliły na wyciągnięcie podobnych jak w symulacjach wniosków, mówiących o tym, że użytkownicy budynków mają znaczny wpływ na zużycie energii w budynkach. Czynniki wpływające na konsumpcję energii cieplnej, elektrycznej oraz ciepłej wody to przede wszystkim: styl życia, struktura wieku mieszkańców, dochód, edukacja, nawyki (liczba i długość branych prysznic/kąpiele, komfort termiczny (a co za tym idzie preferowana temperatura w mieszkaniu/budynku), sposób użytkowania urządzeń elektronicznych). Są to także inne czynniki, trudniej mierzalne, np.: przekonania (dotyczące stanu środowiska i wpływu jednostki na środowisko), motywacje niefinansowe (De Groot 2008)⁷³.

Jak wskazano w podrozdziale 1.1. wpływ zachowań użytkowników na zużycie energii potwierdza wiele niezależnych od siebie badań. Mniej udokumentowany jest wpływ użytkowników na zużycie wody, jednak badania Willis et al. (2011)⁷⁴ czy Campbell et al. (2004)⁷⁵ również wykazują zależność między postawami i przekonaniami mieszkańców a ilością zużywaną wody. Inman i Jeffrey (2006)⁷⁶ dokonując syntezy wcześniejszych

⁶⁹ O'Guerra-Santin O., Romero Herrera N., et al. (2016) „Mixed methods approach to determine occupants' behaviour – Analysis of two case studies”. *Energy and Buildings*. 130 546-566.

⁷⁰ Branco G., Lachal B., et al. (2004). „Predicted versus observed heat consumption of a low energy multifamily complex in Switzerland based on long-term experimental data”. *Energy & Buildings*. 36 (6), 543-555.

⁷¹ Palmborg C. (1986) „Social habits and energy consumption in single-family homes”. *Energy*. 11 (7), 643-650.

⁷² Andersen R., Toftum J., et al. (2009) „Survey of occupant behaviour and control of indoor environment in Danish dwellings”. *Energy and Buildings*. 41 (1), 11-16.

⁷³ De Groot E.S., Marleen; Opstelten, Ivo (2008) „Dutch Research into User Behaviour in Relation to Energy Use of Residences”. PLEA 2008 – 25th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Dublin, Ireland.

⁷⁴ Willis R.M., Stewart R.A., et al. (2011) „Quantifying the influence of environmental and water conservation attitudes on household end use water consumption”. *Journal of Environmental Management*. 92 (8), 1996-2009.

⁷⁵ Campbell H.E., Johnson R.M., et al. (2004) „Prices, Devices, People, or Rules: The Relative Effectiveness of Policy Instruments in Water Conservation”. *Review of Policy Research*. 21 (5), 637-662.

⁷⁶ Inman D., Jeffrey P. (2006) „A review of residential water conservation tool performance and influences on implementation effectiveness”. *Urban Water Journal*. 3 (3), 127-143.

badania proponują następujące czynniki wpływające na jej zużycie w gospodarstwach domowych:

- liczba osób i ich czas przebywania w budynku/mieszkanu,
- dochód,
- typ armatury i efektywność urządzeń domowych korzystających z wody,
- struktura wieku mieszkańców,
- poziom wykształcenia, postawy, przekonania i zachowania użytkowników.

Zużycie wody podzielono na wewnętrzne i zewnętrzne, przy czym dodatkowymi czynnikami wpływającymi za zużycie wody na zewnątrz obiektu są:

- klimat,
- sposób nawadniania,
- wielkość działki,
- normy kulturowe.

W kontekście architektury proekologicznej i zużycia surowców warty podkreślenia jest paradoks Jevonsa, nazywany również efektem rykoszetu (*ang. rebound effect*). Opisuje on istotność indywidualnych wyborów użytkowników budynku w kontekście zwiększenia efektywności samych budynków. Pojawia się wtedy, kiedy poprawa efektywności urządzenia, systemu czy procesu skutkuje jego zwiększonym (zamiast zmniejszonym) użyciem. Na przykład: dzięki temu, że urządzenia zużywają mniej prądu, konsumenci płacą mniejsze rachunki i mogą pozwolić sobie na zakup innych urządzeń, które w rezultacie zużywają tyle samo prądu co oryginalne urządzenie (Vives-Rego, Uson et al. 2015)⁷⁷. Paradoks Jevonsa nabiera skali, kiedy rozpatruje się efektywność energetyczną budynków. Badania Guerra-Santin i Itarda (2010)⁷⁸ sugerują, że im efektywniejsze technologicznie stają się budynki, tym większy wpływ na zużycie surowców mają użytkownicy budynków i ich zachowania. W kontekście zużycia wody to zjawisko jest również opisane – jako zachowanie kompensacyjne (*ang. offsetting/compensating behaviour*) (Geller, Erickson et al. 1983)⁷⁹.

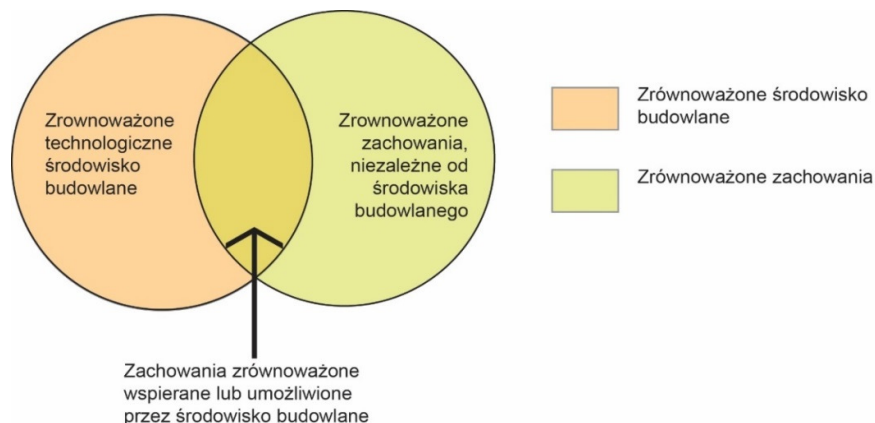
Przy projektowaniu budynków proekologicznych zużycie surowców jest szczególnie istotne. O ile w fazie projektowej i wykonawczej nacisk kładzie się na odpowiednie

⁷⁷ Vives-Rego J., Uson E., et al. (2015) „Passive designed buildings for active citizens became schools of sustainability: A proposal for sustainable architecture”. *Journal of Green Building*. 10 (1), 85-96.

⁷⁸ Guerra-Santin O., Itard L. (2010) „Occupants' behaviour: determinants and effects on residential heating consumption”. *Building Research & Information*. 38 (3), 318-338.

⁷⁹ Geller E.S., Erickson J.B., et al. (1983) „Attempts to Promote Residential Water Conservation with Educational, Behavioral and Engineering Strategies”. *Population and Environment*. 6 (2), 96-112.

zagadnienia architektoniczne oraz nowoczesną infrastrukturę budynku, o tyle w fazie użytkowania budynku do zagadnień architektonicznych dołącza czynnik ludzki. W kontekście architektury i budynków zrównoważonych Williams i Dair (2007)⁸⁰ wyróżniają „technologiczne zrównoważenie” (*ang. technical sustainability*) oraz zachowania zrównoważone (*ang. behavioural sustainability*).



Rys. 5 Zrównoważenie technologiczne, zrównoważone zachowania oraz ich związek ze środowiskiem budowlanym. Opracowanie: Mokrzecka M. na podstawie badań Williams i Dair (2007).

Technologiczne zrównoważenie jest rozumiane jako: użycie odpowiednich materiałów budowlanych, dobór ekologicznej konstrukcji budynku, dobór energooszczędnych i wodoszczędnych systemów, prośrodowiskowy sposób zarządzania budynkiem. Technologicznie zrównoważone środowisko budowlane redukuje zużycie zasobów bez konieczności angażowania użytkowników budynku. Przykładowo, zużycie energii elektrycznej jest mniejsze dzięki zastosowaniu czujników ruchu, włączających oświetlenie części wspólnych.

Zrównoważone zachowania odnoszą się do użytkowników budynku, to znaczy do zachowań osób, które w danym budynku mieszkają, pracują czy spędzają wolny czas. Na zrównoważone zachowania można wpływać przez wpływanie na nawyki mieszkańców – np. przez edukację lub stosowanie interwencji behawioralnych.

Proekologicznych budynków na etapie obecnego rozwoju cywilizacji nie powinno się rozpatrywać jedynie ze względu na rozwiązania technologiczne. Zdecydowana większość technologii w budynku jest użytkowana przez ludzi – to znaczy jest przez nich kontrolowana i dostosowana do indywidualnych potrzeb, co – jak wykazano – przekłada się na faktyczne zużycie surowców.

⁸⁰ Williams K., Dair C. (2007) „A framework of sustainable behaviours that can be enabled through the design of neighbourhood-scale developments”. *Sustainable Development*. 15 (3), 160-173.

Analizując zależności występujące między budynkami a ich użytkownikami w kontekście proekologii wyodrębnia się trzy możliwości wpływu na zużycie surowców w budynkach. Autor określił je jako: technologiczna, behawioralna lub łącząca elementy tych dwóch rozwiązań.

Droga technologiczna to całkowite uniezależnienie technologii od użytkowników. W budynku czynniki komfortu, takie jak temperatura, wilgotność, stężenie dwutlenku węgla, są monitorowane systemem czujników, a centrala sterująca na podstawie tych pomiarów decyduje, czy otworzyć okna, włączyć klimatyzację, oświetlenie, ogrzewanie. Przyjmując taką drogę problematyczne jest jednak pominięcie indywidualnych potrzeb użytkowników. Wiele badań, w tym badania Fanger⁸¹ (2001), opisują znaczne różnice w odczuwaniu komfortu termicznego przez człowieka. Różnice w indywidualnym poczuciu komfortu sprawiają, że w miejscach, gdzie na jednej przestrzeni przebywa wielu użytkowników, przyjmuje się często tzw. optymalne warunki, czyli takie, przy których jak najmniejsza liczba osób czuje się niekomfortowo. Nie istnieje jednak możliwość takiego dostosowania warunków wewnątrz budynku, żeby wszyscy użytkownicy byli usatysfakcjonowani. Nie istnieje też stałość komfortu termicznego, co oznacza, że nawet ta sama osoba może te same warunki jednego dnia postrzegać jako komfortowe, a innego już nie. Niezadowolenie wynikające z braku możliwości indywidualnego wpływu na temperaturę deklarowane przez użytkowników budynków jest udokumentowane naukowo (m.in. dzięki badaniom POE - *post occupancy evaluation*). Niezadowolenie wynika ze wspomnianego wcześniej niezaspokojenia komfortu termicznego i związanego z tym: stresu, problemów zdrowotnych i spadku produktywności (Hedge, Burge et al. 1989)⁸² (Zagreus, Huizenga et al. 2004)⁸³. Skala zjawiska wskazuje, iż strefa komfortu termicznego użytkowników zawęża się, gdy nie mogą oni kontrolować warunków w swoim środowisku pracy i życia.

Kolejną kwestią istotną w podejściu technologicznym jest niedoskonałość urządzeń, a przede wszystkim trudności w kalibracji czujników ruchu, temperatury czy poziomu oświetlenia, na których obecnie bazują centralnie sterowane systemy. Mówi się też, że o ile podejście technologiczne jest rozważane i implementowane w aspekcie energii

⁸¹ Fanger P.O. (2001) „Human requirements in future air-conditioned environments”. *International Journal of Refrigeration*. 24 (2), 148-153.

⁸² Hedge A., Burge P.S., et al. (1989) „Work-related illness in offices: A proposed model of the “sick building syndrome””. *Environment International*. 15 (1-6), 143-158.

⁸³ Zagreus L., Huizenga C., et al. (2004) „Listening to the occupants: a Web-based indoor environmental quality survey”. *Indoor Air*. 14 65-74.

elektrycznej i termicznej, o tyle w przypadku wody i odpadów nie wydaje się możliwe wyłączenie czynnika ludzkiego bez poważnego naruszenia komfortu użytkowników.

Droga behawioralna zakłada koncentrację na szeroko rozumianym wpływie na użytkowników budynków. Niezależnie od stanu budynku i tego, czy posiada proekologiczne cechy, jego użytkownicy mogą być informowani o swoim zużyciu energii i wody. To zużycie może być zestawiane ze zużyciem ich sąsiadów lub współpracowników lub może być przedmiotem konkursu lub warsztatu pokazującego, w jaki sposób można je ograniczyć i dlaczego jest to istotne.

Opisane wyżej działania określane są mianem interwencji behawioralnych. Są to np.:

1. Programy edukacyjne – warsztaty, kursy, dotyczące możliwości oszczędzania energii lub wody w budynkach, mieszkaniach. Inną formą mogą być wizyty przeszkolonej osoby, która wskazuje konkretne możliwości oszczędności w danym gospodarstwie domowym i tworzy zestaw skrojonych na miarę rozwiązań.
2. Kampanie medialne – mające na celu pokazanie szerszego kontekstu oszczędzania surowców, pełniące również funkcję edukacyjną.
3. Wskazówki (*ang. prompts*) – najczęściej wizualne w postaci np. naklejek czy wizualizacji przypominających o gaszeniu światła, wyłączaniu komputera, segregacji odpadów.
4. Zobowiązania i ustalanie celu – strategia, w której mieszkańcy zobowiązują się publicznie lub pisemnie do oszczędzania energii lub wody, bądź ustalają konkretne progi redukcji zużycia, które następnie próbują osiągnąć.
5. Gryfikacja/nagradzanie – zastosowanie mechanizmów znanych z gier w celu modyfikacji zachowań w codziennych sytuacjach. Trud włożony w zaangażowanie w grę jest kompensowany nagrodą.
6. Feedback i feedback komparatywny – przedstawianie za pomocą różnych metod dokładnych informacji na temat historii zużycia mediów przez użytkowników. Czasem podawany w stosunku do średniego zużycia w porównywalnym gospodarstwie domowym lub w odniesieniu np. do poziomu zużycia sąsiadów.

Podjęcie behawioralne wpisuje się w strategię zrównoważonego rozwoju, zakładające edukację społeczeństwa i aktywne komunikowanie problemów związanych z eksploatacją surowców. Przy jego implementacji konieczne są jednak nakłady czasowe i finansowe. Aby strategie były skuteczne, muszą być ściśle dopasowane do osób, które mają je stosować. Musi również istnieć osoba lub podmiot, która będzie je koordynować i zarządzać całym procesem – od ustalenia scenariusza interwencji, przez

kampanię informacyjną, dotarcie do użytkowników, przeprowadzenie samej interwencji, zebranie wyników i ocenę rezultatów. Dodatkowym utrudnieniem jest często brak zainteresowania jednej lub obydwu ze stron, to znaczy mieszkańców, pracowników, ale również zarządców budynków. Skomplikowane jest także samo dopasowanie strategii w przypadku, gdy użytkownicy budynku nie posiadają cech wspólnych, tzn. są w różnym wieku, o różnym statusie finansowym, światopoglądzie, zawodzie, poziomie edukacji.

Stosując podejście behawioralne w budynkach, które nie spełniają podstawowych norm efektywności, ogranicza się jego skuteczność. Duże zaangażowanie użytkowników nie przekłada się na oszczędności surowców na przykład ze względu na przestarzałą infrastrukturę – ciekące instalacje wodne lub brak izolacji rur do centralnego ogrzewania. Jest to niekorzystne, ponieważ zniechęca użytkowników do podejmowania dalszych prób oszczędzania. (Williams, Dair 2007)⁸⁰, (Wu, Greaves et al. 2017)^{84,14} czy (Mitchell 2006)⁸⁵ wykazują nieodzowność holistycznego podejścia do proekologicznych budynków. Podkreślają zwłaszcza istotność synergii zagadnień architektonicznych i behawioralnych. Połączenie tych zagadnień oznacza, że obiekty są wyposażone w odpowiednią infrastrukturę, która redukuje zużycie wody i energii. Jednocześnie użytkownicy obiektu są uczeni sposobów efektywnego korzystania z danej infrastruktury oraz zachęceni do racjonalnej gospodarki zasobami. Limitacją dla stosowania tego rozwiązania jest różnorodność użytkowników budynków, którzy przeważnie nie posiadają wielu cech wspólnych. Utrudnia to prawidłowe dopasowanie interwencji behawioralnych, co tym samym ogranicza ich efektywność.

2.4. Wpływ architektury i jej użytkowników na globalne zagadnienia środowiskowe

Globalna konsumpcja surowców to funkcja trzech czynników: liczby konsumentów, ich zapotrzebowania na usługi (oczekiwań) i efektywności, z jaka usługi są im dostarczane (Clark 2012)⁸⁶.

$$\text{Konsumpcja surowców} = \frac{\text{liczba ludności świata} \times \text{oczekiwania}}{\text{efektywność}}$$

Liczba ludzkości powiększy się o 25% przez najbliższe 20 lat. Jednocześnie dwukrotnie szybciej niż liczba ludności wzrasta przyrost osób należących do globalnej klasy średniej

⁸⁴ Wu S.R., Greaves M., et al. (2017) „Green buildings need green occupants: a research framework through the lens of the Theory of Planned Behaviour”. *Architectural Science Review*. 60 (1), 5-14.

⁸⁵ Mitchell A. „The hidden curriculum: an exploration into the potential for green buildings to silently communicate a pro-environmental message”, Master of Advanced Studies in Architecture University of British Columbia.

⁸⁶ Clark D. „What colour is your building?: defining and reducing the carbon footprint of buildings”, RIBA, London 2012.

(World, Bank 2007)⁸⁷. Pojęcie klasy średniej jest terminem zarówno ekonomicznym, jak i społeczno-kulturowym. W krajach uprzemysłowionych klasa średnia charakteryzuje się zarówno stabilnym i stosunkowo wysokim dochodem, jak i określonym stylem życia i zapotrzebowaniem na usługi (oczekiwaniami) (Easterly 2001)⁸⁸. Efektem obecnego modelu rozwoju świata jest rosnące zapotrzebowanie na energię, wodę, żywność i inne surowce nieodnawialne, przy jednoczesnej produkcji coraz większej ilości odpadów. Skalę problemu rosnącej populacji przy jednoczesnym wzroście zamożności pokazują liczby – w krajach wysokorozwiniętych średnia konsumpcja energii w 2010 roku wynosiła 159 kWh na osobę na dzień, w krajach średniozamożnych 21 kWh na osobę na dzień. Wracając do wzoru dotyczącego globalnej konsumpcji surowców, na podstawie powyższych informacji należy oczekiwać, że dwie zmienne, tzn. liczba konsumentów i ich zapotrzebowanie na usługi będą znacząco wzrastać. Dodatkowo posiadają one stosunkowo niewielki potencjał do szybkich zmian. Inaczej jest z ostatnią zmienną, którą jest efektywność.

Efektywność dostarczania usług oznacza ilość możliwych do zaoszczędzenia surowców koniecznych do dostarczenia danej usługi bez obniżania jej jakości. Jest to zmienna, którą można odnieść do wielu dziedzin. W kontekście architektury i budownictwa mówi na przykład o tym, ile surowców można oszczędzić podczas budowy, eksploatacji, wyburzenia budynku, nie zmniejszając funkcjonalności, komfortu użytkowników i estetyki obiektu.

Surowce, które uznawane są za podstawowe i niezbędne do życia, to przede wszystkim woda, energia i żywność. Zależności pomiędzy nimi są przedmiotem wielu badań naukowych (tzw. water – energy – food nexus). W tej pracy autor skoncentruje się na dwóch z nich – wodzie i energii. Związek pomiędzy wodą i energią jest bowiem konieczny do podkreślenia w kontekście efektywności w każdym sektorze naszego życia – ze względu na sprzężenie pomiędzy nimi. Woda jest niezbędna do konwencjonalnej produkcji energii, a także do wydobycia paliw kopalnych. Energia jest natomiast niezbędna do rozprowadzania, oczyszczania i podgrzewania wody (Dodds, Bartram 2016)⁸⁹.

⁸⁷ World, Bank. (2007) „Global Economic Prospects: Managing the Next Wave of Globalization 2007.” źródło internetowe: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/7157.63>, dostęp: 20.08.2018.

⁸⁸ Easterly W. (2001) „The Middle Class Consensus and Economic Development”. *Journal of Economic Growth*. 6 (4), 317-335.

⁸⁹ Dodds F., Bartram J. „The water, food, energy and climate nexus challenges and an agenda for action”, Routledge,, London ; New York 2016.

Budynki odpowiadają za 40% rocznego światowego zużycia energii oraz za 30% rocznych światowych emisji CO₂. Prognozuje się, że do roku 2033 konsumpcja energii w budynkach podwoi się, co oznacza, że podwoi się również konsumpcja wody konieczna do jej produkcji. Idąc dalej, przewiduje się, że do roku 2025 około 60% ludności świata będzie doświadczać problemów związanych z niedoborami wody (Adeyeye 2013)⁹⁰. Zużycie wody w budynkach w Europie – bezpośrednie (woda do mycia, sprząkania, splukiwania toalet) oraz pośrednie (ogrzewanie) stanowi około 21% całkowitego europejskiego zużycia wody (Mudgal, Berman et al. 2012)⁹¹. Z tego 78% wody zużywane jest w budynkach mieszkalnych. Średnie zużycie wody na osobę w Unii Europejskiej to około 120 litrów na osobę na dzień (Clark 2012)⁸⁶. 40% zasobów wodnych w Europie pochłania natomiast produkcja energii. Nie są to zasoby wody pitnej, jednak istotne wydaje się, że w przypadku niedoborów wody w rzekach związanych np. ze wzrostem temperatury istnieje możliwość przerw w produkcji energii⁹² (Dodds, Bartram 2016)⁸⁹. Problem związany z wrastającą konsumpcją wody i energii może być rozwiązany na różne sposoby. W przypadku wody rozwiązania są ograniczone – nie ma możliwości jej produkcji, można jedynie podejmować działania ograniczające jej zużycie. W przypadku energii możliwe jest zwiększanie wydobycia paliw kopalnych (główne źródło energii na świecie), zwiększanie efektywności ich wykorzystania lub próba znalezienia innych możliwości zaspokojenia oczekiwań ludzkości, wyłączając lub ograniczając konsumpcję samej energii. Należy jednak pamiętać, że – w zależności od źródeł naukowych – zasoby ropy naftowej, gazu i węgla wyczerpią się w okresie pomiędzy 20 -150 lat, licząc od wczesnych lat dwutysięcznych (Heshmati, Abolhosseini et al. 2015)⁹³, (Goldemberg 2012)⁹⁴. Szacuje się, że między rokiem 1869 a 2006 została zużyta połowa dostępnych na świecie zasobów ropy naftowej, 1/3 zasobów gazu ziemnego oraz 1/4 zasobów węgla. Istotny jest także fakt, że wydobyto większość łatwo dostępnych źródeł paliw kopalnych, co oznacza, że wydobycie pozostałych źródeł jest trudniejsze, bardziej kosztowne i niosące za sobą duże ryzyko degradacji środowiska podczas wydobycia (Goldemberg 2012)⁹⁴.

Wspomniane już zwiększenie efektywności paliw kopalnych da ludzkości czas konieczny na znalezienie rozwiązań, pozwalających zastąpić paliwa kopalne innym, równie

⁹⁰ Adeyeye K. „Water efficiency in buildings: theory and practice”, Wiley, Hoboken 2013.

⁹¹ Mudgal S., Berman S., et al. „Water performance of buildings. Final report prepared for European Commission”(2012).

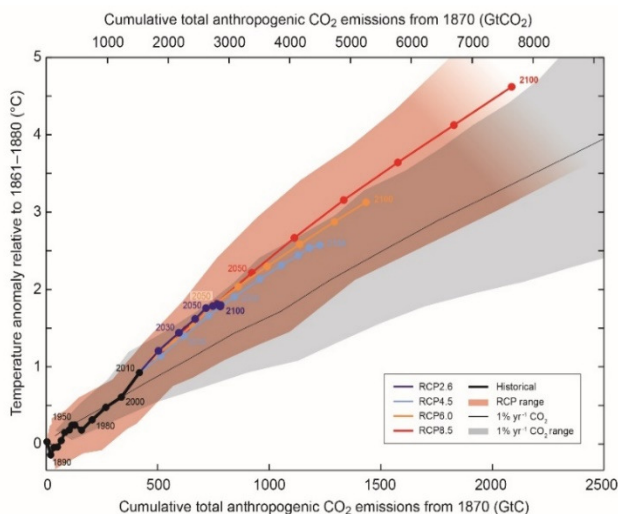
⁹² <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/use-of-freshwater-resources/use-of-freshwater-resources-assessment-2>, dostęp: 20.05.2016.

⁹³ Heshmati A., Abolhosseini S., et al. „The development of renewable energy sources and its significance for the environment”, Springer Singapore, Singapore 2015.

⁹⁴ Goldemberg J. „Energy. What everyone needs to know”, Oxford University Press, USA, Oxford 2012.

efektywnym źródłem energii. Biorąc pod uwagę postęp technologiczny, najprawdopodobniej jest to scenariusz możliwy do zrealizowania (Towler 2014)⁹⁵.

Istnieje inny, pilny problem związany z eksploatacją paliw kopalnych, który uniemożliwia realizację obydwu z wymienionych wyżej scenariuszy. Obecny konsensus naukowy jednoznacznie wskazuje zależność pomiędzy antropogenicznymi emisjami dwutlenku węgla (wydzielanymi podczas spalania paliw kopalnych) a zmianami klimatu. Autorzy raportu IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change - Międzypaństwowy zespół ds. zmian klimatu) z 2013 roku jednoznacznie stwierdzili, iż ocieplenie się systemu klimatycznego nie budzi wątpliwości. Stwierdzono także, że jest wysoce prawdopodobne (prawdopodobieństwo na poziomie 95%), że globalna emisja gazów cieplarnianych wzrosła w wyniku działalności ludzkiej oraz że utrzymuje zwykły wskaźnik wzrostu⁹⁶ (IPCC 2013)⁹⁷. Obecnie koncentracja CO₂ w atmosferze jest na poziomie 400 ppm (parts per milion – liczba cząsteczek związku chemicznego na 1 milion cząsteczek roztworu) i rośnie w tempie 2 ppm rocznie. Liczne, niezależne od siebie badania naukowe pokazują, że tak dużej zawartości CO₂ nie było w atmosferze od kilku do kilkunastu milionów lat (IPCC 2013)⁹⁷.

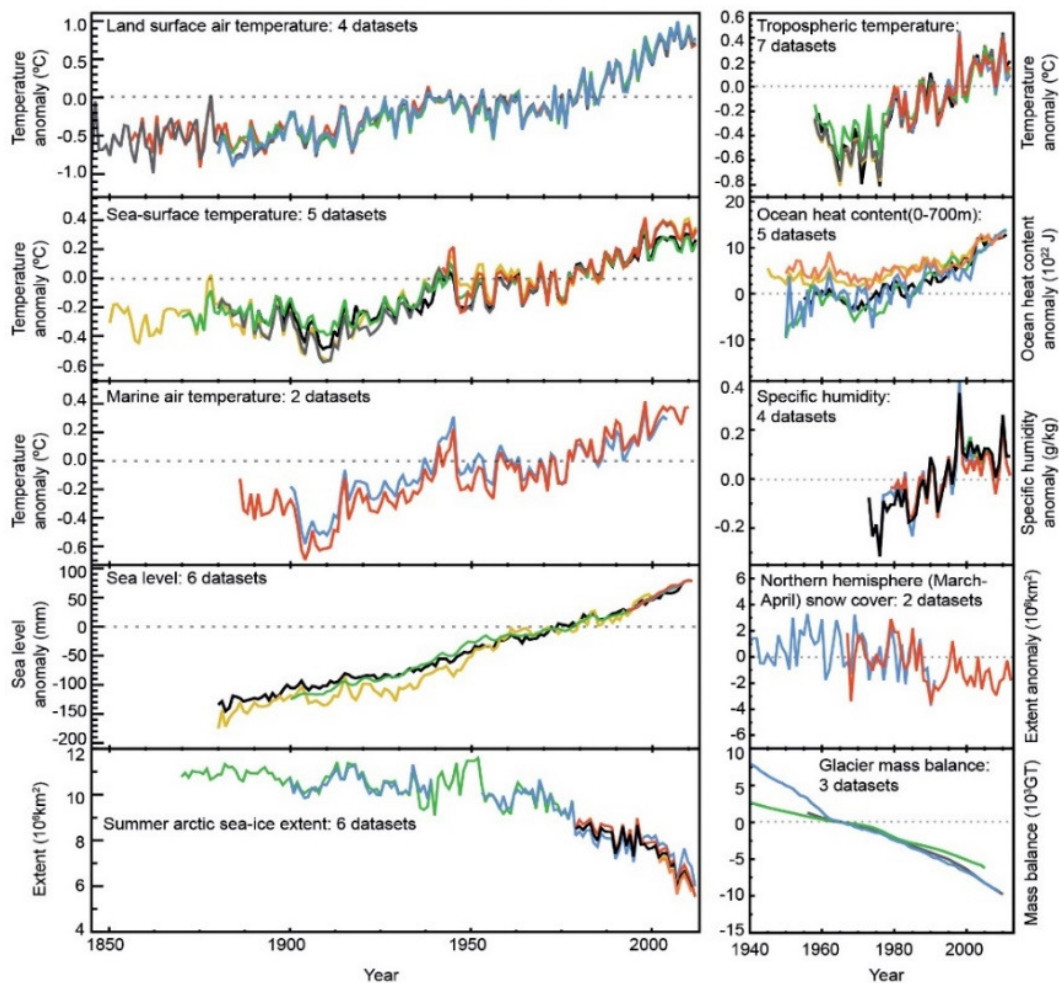


Rys. 6 Skumulowane, antropogeniczne emisje dwutlenku węgla od roku 1870 wraz z 4 scenariuszami dalszej emisji. Źródło: (IPCC 2013)

⁹⁵ Towler B. „The future of energy”, Elsevier Science, Burlington 2014.

⁹⁶ „Według oficjalnego stanowiska wszystkich liczących się na świecie organizacji naukowych zajmujących się badaniem klimatu oraz Akademii Nauk dziesięciu krajów, to ludzie powodują globalne ocieplenie. Konsensus jest przytłaczający. Oczywiście, istnieją pojedynczy naukowcy, którzy odnoszą się do tego sceptycznie. Jest ich jednak niewielu. 97% klimatologów aktywnie publikujących artykuły o klimacie jest zdania, że klimat się ociepla a powoduje to aktywność człowieka” – Marcin Popkiewicz, źródło internetowe: <http://naukaoklimacie.pl/fakty-i-mity/mit-nauka-nie-jest-zgodna-w-temacie-globalnego-ocieplenia>, źródło internetowe: <http://naukaoklimacie.pl/fakty-i-mity/mit-nauka-nie-jest-zgodna-w-temacie-globalnego-ocieplenia-7>, dostęp: 20.08.2018.

⁹⁷ IPCC „Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA 2013.

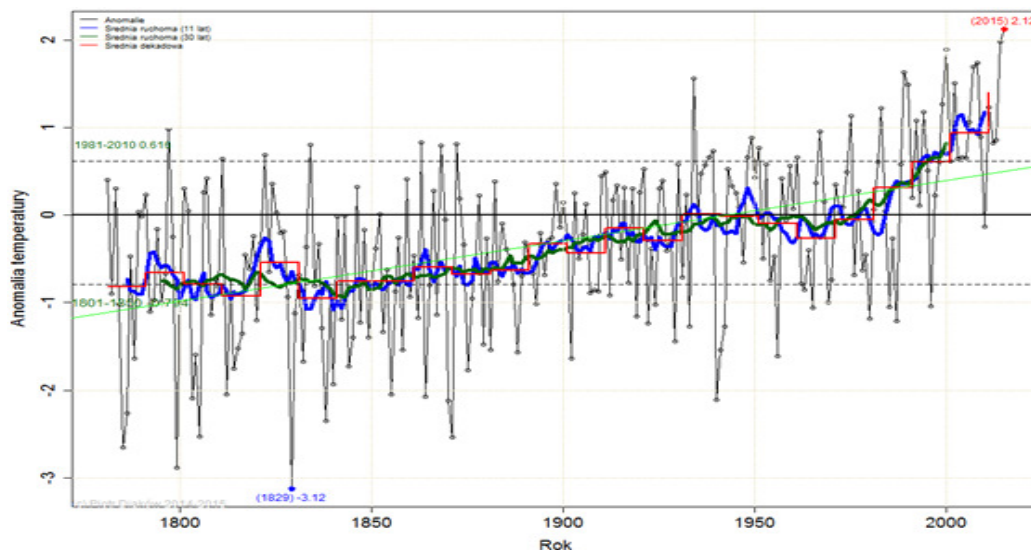


Rys. 7 Niezależne wskaźniki pokazujące zmieniający się klimat na ziemi. Od góry: temperatura powierzchni ziemi, temperatura powierzchni oceanu, temperatura powietrza nad oceanami, poziom morza, pokrycie lodowe – lato. Źródło: (IPCC 2013)⁹⁷

Rosnące emisje CO₂ i związane z nimi wzrost globalnych temperatur mają realne przełożenie na rzeczywistość. Wzrost globalnej temperatury na powierzchni Ziemi, wzrost poziomu mórz i oceanów, anomalie pogodowe, susze, wzrost koncentracji CO₂ w oceanach, topnienie lodowców to tylko niektóre skutki. Dotykają one cały świat, w tym Polskę, a zgodnie z przewidywaniami naukowców zmiany klimatu będą się nasilać

W związku ze zmianami klimatu pogarsza się jakość wód w związku z: zasoleniem, rozwojem mikroorganizmów. Zmniejsza się także globalna ilość wody pitnej (która stanowi 2,5% globalnych zasobów wody) w związku z coraz częstszymi suszami, obniżeniem poziomu wód gruntowych, zwiększonym parowaniem, kurczeniem się

lodowców czy mniejszymi opadami śniegu (Cisneros, Oki et al. 2014)⁹⁸, (Alcamo, Fiorke et al. 2007)⁹⁹.



Rys. 8 Anomalie temperatury w Polsce w latach 1781-2015. Źródło internetowe: <https://meteomodel.pl/BLOG/luty-i-zima-2015-w-polsce/>, dostęp: 26.08.2018.

Do realizacji celu 1,5 stopnia zobowiązało się 200 krajów, ustalając, że należy osiągnąć szczyt emisji (rys. 4) tak szybko, jak to możliwe. Jako że ocieplenie już teraz osiągnęło poziom 1 stopnia Celsiusa, cel zatrzymania go na poziomie 1,5 stopnia wymaga szybkich i daleko idących zmian. Alternatywą do ograniczenia emisji są wspomniane wcześniej scenariusze.

Ustalenia szczytu w Paryżu mają ten sam kierunek, co ustalenia Unii Europejskiej. Podczas szczytu Unii w 2014 roku ustalono redukcję emisji o 40% w stosunku do roku 1990. Kierunek negocjacji klimatycznych wskazuje, że szeroko rozumiana efektywność energetyczna, oszczędność surowców i dekarbonizacja wszystkich sektorów gospodarki przestała być tematem niszowym, a zaczęła być głównym wyzwaniem ludzkości w XXI wieku (Staniaszek 2013)¹⁰⁰. Aby osiągnąć cele, które są niezbędne do zatrzymania globalnego ocieplenia, konieczne są szybkie i zdecydowane zmiany w każdym sektorze, a zwłaszcza w tych szczególnie energochłonnych. Nie zapominając natomiast o wodzie – w zależności od poziomu zużycia wody w gospodarstwie domowym potencjał oszczędności wody wodociągowej wynosi od 15 do 60% (Clark

⁹⁸ Cisneros J., Oki B., et al. „Freshwater resources”, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA 2014, 229-269.

⁹⁹ Alcamo J., Fiorke M., et al. (2007) „Future long-term changes in global water resources driven by socio-economic and climatic changes”. *Hydrological Sciences Journal*. 52 (2), 247-275.

¹⁰⁰ Staniaszek D. „A guide to developing strategies for building energy renovation. Delivering article 4 of the energy efficiency directive” (2013).

2012)⁸⁶, (Mudgal, Berman et al. 2012)⁹¹. Szczyt klimatyczny w Paryżu był przełomem w podejściu do tematu emisji gazów cieplarnianych i zmian klimatu. Jednak cele, które zostały tam ustalone, są tak ambitne, że aby je osiągnąć, konieczna jest głęboka zmiana systemowa – zarówno technologiczna jak i społeczna. Zmiana ta niewątpliwie w pierwszej kolejności dotknie sektor architektoniczno-budowlany – zarówno w kontekście nowych, efektywnych technologii, jak i zmian zachowań użytkowników budynku.

3. Proekologiczne domy studenckie w klimacie umiarkowanym – analiza 60 obiektów

3.1. Wybór przykładów i zasady ich opisu

Na kolejnych stronach w formie zestawień tabelarycznych przedstawiono sześćdziesiąt domów studenckich. Są to obiekty reprezentatywne, wybrane w wyniku przeglądu materiału badawczego. Zostały użyte w pracy doktorskiej do analizy rodzajów i skali zastosowania prośrodowiskowych rozwiązań w budynkach o tej funkcji. Analiza rozwiązań proekologicznych jest punktem wyjścia do ich klasyfikacji i ewaluacji.

Wybór przykładów ma na celu przedstawienie szerokiego spectrum rozwiązań proekologicznych występujących w domach studenckich. Prezentację budynków ograniczono do domów studenckich znajdujących się w strefie klimatu umiarkowanego w którym dominuje zapotrzebowanie na ogrzewanie (*ang. heating dominated climate zone*). Strefa klimatyczna determinuje typ stosowanych rozwiązań architektonicznych, budowlanych oraz instalacyjnych, co pozwala na ich rzetelne porównanie. Zdecydowano się na analizę domów studenckich w klimacie umiarkowanym ze względu na możliwość zasadnego wykorzystania wniosków w badaniach nad polskimi domami studenckimi. Było to kluczowe dla badań opisanych w drugiej części pracy.

W celu wyodrębnienia rozwiązań i cech budynku wpływających na jego zapotrzebowanie na energię i wodę wykonano studia literaturowe. Na ich podstawie wyodrębniono trzynaście zagadnień, mających wpływ na zużycie energii, wody i gospodarkę odpadami w budynku. Są to zagadnienia związane z funkcją budynku, projektowymi zagadnieniami zużycia energii wody i segregacją odpadów oraz zagadnieniami behawioralnymi. Poniżej scharakteryzowano każde z ujętych w dalszym opracowaniu zagadnień.

Informacje ogólne

W grupie zawarto podstawowe informacje na temat budynku oraz dane dotyczące jego funkcji:

Zdjęcie budynku¹⁰¹

Nazwa budynku oraz architekt¹⁰²

Adres¹⁰³

Rok powstania i/lub modernizacji

¹⁰¹ Widok „na wprost” lub „od narożnika” budynku.

¹⁰² Podano nazwisko architekta lub biuro architektoniczne. W przypadku budynków modernizowanych podano również architekta (lub biuro) odpowiedzialnego za modernizację.

¹⁰³ Podano pełny adres budynku wraz z państwem, w którym się znajduje.

Powierzchnia użytkowa budynku, liczba kondygnacji i liczba mieszkańców¹⁰⁴

Typ zamieszkania/wielkość pokoiów lub studio¹⁰⁵

Dostępność węzłów kuchennych i sanitarnych¹⁰⁶

Certyfikacja budynku ¹⁰⁷

I. Architektura

Opisano i przedstawiono graficznie cechy architektoniczne i przestrzenne:

Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej¹⁰⁸

Przesłony zewnętrzne, jasna kolorystyka elewacji, jasna kolorystyka dachu¹⁰⁹

Orientacja¹¹⁰

Orientacja i kształt rzutu mogą wpłynąć na 30-40% zapotrzebowania na energię w budynku (Brophy, Lewis 2011)¹¹¹. Mokrzecka (2018)¹¹² przeprowadziła symulację zapotrzebowania na energię cieplną w domach studenckich w zależności od ich kształtu i orientacji. Budynki miały tę samą powierzchnię i parametry izolacyjności przegród (charakteryzowały się wysoką

¹⁰⁴ Analizując grupy budynków o tym samym lub bardzo zbliżonym układzie funkcjonalnym podawano całkowitą powierzchnię użytkową zespołu obiektów oraz liczbę obiektów wchodzących w jego skład.

¹⁰⁵ Scharakteryzowano typ zamieszkania ze względu na układ węzłów sanitarnych i kuchennych w budynku. Układ korytarzowy oznacza, że kuchnia lub/i łazienka są położone poza pokojem studenckim, przy ogólnodostępnym korytarzu. Układ modułowy oznacza, że kuchnia i łazienka są położone wewnątrz modułu mieszkalnego, do którego dostęp ma grupa osób mieszkająca w tymże module. Jako studio określa się jednostkę mieszkalną w której znajduje się pomieszczenie mieszkalne oraz łazienka i kuchnia (aneks kuchenny), które są użytkowane wyłącznie przez mieszkańca studio. W przypadku, gdy typ zamieszkania w budynku jest mieszany, to znaczy występują w nim zarówno układy korytarzowe, jak i modułowe czy studia, podaje się każdy z układów znajdujących się w budynku. Gdy w budynku oferuje się pełne wyżywienie (co wiąże się z brakiem lub niewielką liczbą indywidualnych kuchni), ta informacja jest podana w tym miejscu tabeli. Przy podawaniu wielkości pokoiów i studio przyjmowano zakres wielkości, tzn. najmniejszy i największy pokój lub studio w budynku. W przypadku niewielkich różnic powierzchni (do 1 m²) podawano uśrednioną wielkość.

¹⁰⁶ Podano liczbę osób przypadających na jedną kuchnię oraz liczbę osób przypadających na jedną łazienkę w każdym typie zamieszkania w budynku. Jeżeli moduły, studio lub piętra różniły się między sobą tym parametrem, to wyszczególniano każdy z rodzajów.

¹⁰⁷ Informacja na temat tego, czy budynek jest certyfikowany i jakim certyfikatem. W przypadku certyfikatów posiadających różne poziomy (BREEAM, LEED) podaje się również poziom certyfikacji. Certyfikat LEED – Platinum (najwyższy), Gold, Silver, Bronze; Certyfikat BREEAM – Outstanding, excellent, good, certified. W przypadku innych certyfikatów podaje się informacje o tym, jaki certyfikat posiada dany budynek.

¹⁰⁸ Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej z załączoną do niego legendą. Schemat rzutu dostarcza informacji na temat układu funkcjonalnego oraz typów zamieszkania. Wprowadzono rozróżnienie kolorystyczne określonych przestrzeni wewnątrz budynku.






























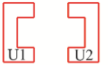



¹⁰⁹ Parametry przedstawiono w formie schematu złożonego z trzech kwadratów z literami P,E,D odpowiadającymi kolejno każdemu z parametrów. Brak wypełnienia kwadratu oznacza brak danej cechy, żółte wypełnienie oznacza jej obecność

¹¹⁰ Schemat rzutu budynku zorientowany względem kierunku północnego.

¹¹¹ Brophy V., Lewis J.O. „A green vitruvius: principles and practice of sustainable architectural design”, Earthscan, Washington, DC; London; 2011.

¹¹² Mokrzecka M. (2018). „Influence of building shape and orientation on heating demand: simulations for student dormitories in temperate climate conditions”. 10th Conference on Interdisciplinary Problems in Environmental Protection and Engineering EKO-DOK 2018, Polanica Zdrój, Polska.

izolacyjnością. Umieszczono je w tej samej lokalizacji. Rys. 9 pokazuje, jak zmienia się zapotrzebowanie na energię w zależności od kształtu i rotacji. Wartości podane są w stosunku do najniższego zapotrzebowania, które określono jako x . Na podstawie symulacji ustalono, że najkorzystniejszym kształtem rzutu jest: kwadrat, prostokąt o proporcji boków 3:1 z dłuższymi bokami równoległymi do osi E-W, kształt L o proporcji 1:3

2:1					
	1,3x	1,3x	1,3x	1,3x	
3:1					
	1,15x	1,23x	1,23x	1,23x	
4:1					
	1,3x	1,38x	1,3x	1,3x	
1:1					
	x	x			
L 1:1					
	1,23x 1,23x	1,23x	1,23x 1,23x	1,23x 1,23x	
L 3:1					
	1,15x	1,15x 1,15x	1,15x 1,15x	1,15x 1,15x	1,15x 1,15x
C					
	1,3x	1,3x 1,3x	1,23x	1,3x 1,3x	1,3x 1,3x
U					
	1,53x	1,53x 1,53x	1,53x	1,53x 1,53x	1,53x 1,53x

Rys. 9 Zależność między kształtem rzutu i orientacją budynku a zapotrzebowaniem na energię ciepłą. Kolorem zielonym oznaczono najniższe zapotrzebowanie na energię, czerwonym najwyższe. Źródło: (Mokrzecka 2018)

A/V¹¹³

Wiodący materiał konstrukcyjny¹¹⁴.

II. Energia

W grupie „energia” zebrano informacje dotyczące zagadnień, które w największym stopniu wpływają na zużycie energii w budynku. Są to dane mówiące o ilości energii wykorzystanej na ogrzewanie, chłodzenie, przygotowanie ciepłej wody użytkowej, oświetlenie pomieszczeń

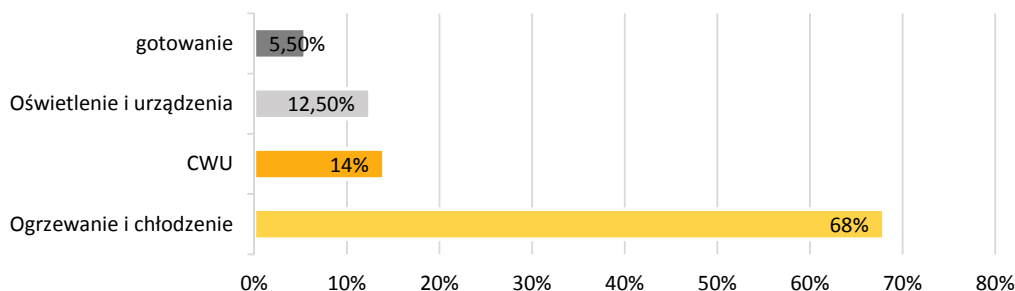
¹¹³ Współczynnik kształtu budynku wyrażony jako stosunek:

A - pola powierzchni wszystkich przegród, oddzielających część ogrzewaną budynku od powietrza zewnętrznego, gruntu i przyległych pomieszczeń nieogrzewanych, liczona po obrysie zewnętrznym.

V – kubatura ogrzewanej części budynku, pomniejszona o podcienie, balkony, loggie, galerie itp. liczona po obrysie budynku w m³. Jednostką współczynnika kształtu budynku jest 1/m.

¹¹⁴ Informacja na temat głównego materiału konstrukcyjnego w budynku oraz metody konstrukcji – jeżeli jest inna niż standardowa

i pokrycie zapotrzebowania urządzeń elektrycznych. Ilość energii zużywanej na te cele w budynkach mieszkalnych na terenie Unii Europejskiej przedstawiono na Rys. 10. Około 70% energii dostarczanej do budynku jest zużywane na ogrzewanie i chłodzenie. 14% na przygotowanie ciepłej wody użytkowej, 12,5% pochłaniają urządzenia elektryczne oraz oświetlenie w budynku.



Rys. 10 Zużycie energii w budynkach mieszkalnych w UE (2009). Podział procentowy ze względu na sposób wykorzystania energii. Opracowanie: Mokrzecka M. na podstawie <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/energy-efficiency-and-energy-consumption-5/assessment>

Informacje na temat zużycia energii przedstawiono w następujących kategoriach:

Klasa energetyczna budynku¹¹⁵

¹¹⁵ Jest to informacja zaczerpnięta ze świadectw energetycznych budynków (EPC - energy performance certificate). Świadectwa energetyczne są stosowane w Unii Europejskiej oraz Norwegii na podstawie Dyrektywy 2002/91/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16 grudnia 2002 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (z późniejszymi zmianami). Na poziomie europejskim są stosowane ogólne wytyczne dotyczące m.in. składowych zużycia energii, które są brane pod uwagę przy sporządzaniu świadectwa oraz czynniki, które powinny być brane pod uwagę przy obliczeniach i sporządzaniu charakterystyk. Szczegółowa metoda obliczania i prezentacja końcowych wartości (wspomnianych klas energetycznych lub skali ciągłej zapotrzebowania na energię) różnią się w zależności od kraju stosowania. W większości krajów Unii Europejskiej przyjmuje się wspomniane klasy energetyczne budynków wyrażone w skali od A do G, gdzie oznaczeniem A (czasami również A+, LUB A++) określa się budynek o najniższym zapotrzebowaniu na energię, a oznaczeniem G budynek o najwyższym zapotrzebowaniu. Przez zapotrzebowanie na energię rozumie się ilość energii koniecznej do ogrzewania, wentylacji, klimatyzacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej wyrażonej w kWh/m²/a, czyli w przeliczeniu na jednostkę powierzchni w ciągu roku. Oblicza się zapotrzebowanie na energię pierwotną w budynku, czyli uwzględnienia się sprawność procesu konwersji, pozyskania i transportu energii.

Analizowane budynki pochodzą z następujących krajów: Austria, Dania, Francja, Holandia, Irlandia, Niemcy, Norwegia (część kraju położona w strefie klimatu umiarkowanego), USA (j.w), Szwecja, Wielka Brytania (Anglia). W Austrii, Danii, Francji, Irlandii, Norwegii, Szwecji stosuje się te same jednostki do wyrażenia ilości zapotrzebowania na energię (kWh/m²/a). W Holandii są to MJ/m² (możliwość konwersji na kWh/m²). W Anglii używa się wskaźnika efektywności energetycznej. We wszystkich krajach stosuje się zbliżoną skalę (w Austrii i Holandii dodatkowo A++ i A+, w Danii A1 i A2, w Norwegii A2020), niemniej jednak istnieją różnice w sposobie klasyfikacji budynków. Aby ujednoczyć prezentację przykładów, przyjmuje się jedną skalę do wyrażenia klasy energetycznej wszystkich budynków. Jest to skala, gdzie porównuje się zapotrzebowanie na energię pierwotną budynku, wymaganą do ogrzewania, wentylacji, klimatyzacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej wyrażonej w kWh/m²/a,

Ze względu na to, że w każdym z krajów w certyfikacie podaje się informacje na temat zapotrzebowania na energię pierwotną, istotne mogą być różnice w przyjętych wartościach współczynników konwersji energii. W tym celu przeanalizowano wysokości współczynników konwersji w każdym z krajów. Różnice w przypadku ciepła z sieci miejskiej oraz ogrzewania gazowego mieszczą się w przedziale 0,25 (1.08-1.3). Uznano, że na potrzeby ogólnej analizy jest to wartość, która umożliwia porównanie domów studenckich.

W przypadku braku szczegółowych danych na temat zużycia energii w budynku (w przypadku 5 budynków autor posiada jedynie klasę energetyczną budynku, bez dokładnej ilości energii wyrażonej w kWh/m²/a) wykorzystuje się szacunkowe wartości, korzystając z tabel EPC danego kraju i dostosowuje się je do przyjętej tabeli). Np. dla budynku zlokalizowanego w Irlandii i posiadającego klasę energii B1, odczytuje się

Klasa sprzętów¹¹⁶

Typ oświetlenia¹¹⁷

Aktywne pozyskiwanie energii¹¹⁸

Podliczniki/Zaawansowane technologie ¹¹⁹

Na podstawie analiz wykonanych w dwóch identycznych domach studenckich na osiedlu Wittiga we Wrocławiu ustalono, że studenci mieszkający w domu studenckim, w którym są zamontowane podliczniki w modułach - płacący za zużycie mediów, zużywają ich około 10% mniej niż studenci, którzy mieszkają w domu studenckim, gdzie nie ma podliczników, a mieszkańcy nie płacą za media (Mokrzecka, 2017)¹²⁰. W badaniach Wilhite'a i Ling'a (1995)¹²¹ wykonanych na próbie N=450, wykazano, że częstszy, zawierający więcej informacji od standardowego rachunek za energię prowadzi do oszczędności 10% energii elektrycznej (wszystkie gospodarstwa domowe posiadały elektryczne ogrzewanie). W przypadku wody Jones (2000)¹²² definiuje brak liczników i podliczników w budynkach i mieszkaniach jako podstawowy czynnik wpływający na trudności

zużycie 75kWh/m²/a < x < 100kWh/m²/a, co oznacza, że używając przyjętego przedziału, jego zużycie jest sklasyfikowane jako B/C (50kWh/m²/a < x < 100kWh/m²/a). W przypadku budynków zlokalizowanych w USA posiadano informację na temat zużycia energii w postaci wartości energii pierwotnej. Współczynniki PEF (Primary Energy Factor), wynosiły odpowiednio: 1.05 dla gazu, 1.2 dla ogrzewania miejskiego. Posiadane wartości sklasyfikowano więc zgodnie z przyjętą tabelą.

¹¹⁶ Informacja na temat klasy energetycznej sprzętów znajdujących się w domach studenckich. Chodzi o sprzęty zapewniane przez właściciela lub operatora budynku, to znaczy wyposażenie kuchni, jadalni, pralni czy powierzchni wspólnych. System etykiet efektywności energetycznej jest przyznawany na podstawie dyrektywy unijnej ELD 92/75/WE, a od lipca 2011 dyrektywę 2010/30/UE. Podobnie jak w przypadku budynków za skalę przyjmuje się wartości - indeks efektywności energetycznej, wyrażony w skali od A+++ do G, gdzie A+++ jest najbardziej efektywnym sprzętem, a G najmniej. Indeks efektywności energetycznej jest wyrażony jako stosunek rocznego zużycia energii danego sprzętu do rocznego zużycia standardowego sprzętu danej kategorii i pomnożony przez 100. Klasy energetyczne: ich nazwy i przedziały wartości są ustandaryzowane na poziomie UE. W przypadku różnych klas sprzętów w budynku przyjęto wartość uśrednioną. Dla Stanów Zjednoczonych przyjęto wartości certyfikacji Energy Star, zakładając w przypadku certyfikacji poziom równy klasie energetycznej A.

¹¹⁷ Przyjęto podział na oświetlenie LED (najefektywniejsze), CFL, Halogenowe, Tradycyjne. Rozpatrywano oświetlenie w częściach wspólnych - korytarzach, wspólnych kuchniach, hallach wejściowych, pralniach itp. Jeżeli zarządca budynku nie wprowadził wymagań dotyczących oświetlenia, wpisuje się „brak wymagań”.

¹¹⁸ W tej kategorii zawarto informacje na temat pozyskiwania energii z odnawialnych źródeł. Określono typ urządzenia do pozyskiwania energii (ogniwa fotowoltaiczne, panele słoneczne, pompa ciepła, turbiny wiatrowe). W miarę dostępności danych określono również wielkość instalacji i/lub procent zapotrzebowania, jaki jest przez nią pokrywany.

¹¹⁹ Kategoria została umieszczona na pograniczu grup „energia” i „woda” i odnosi się do obydwu zasobów. W pierwszej części znajdują się informacje na temat indywidualnych podliczników wody i/lub energii w domach studenckich oraz informacja czy studenci płacą rachunki za zużycie mediów. W drugiej części znajdują się informacje na temat zaawansowanych technologii w budynku, takich jak np. systemy sterowania jakością powietrza wewnątrz, systemy sterowania i raportowania na temat zużycia energii cieplej i/lub wody w budynku.

¹²⁰ Mokrzecka M. (2017) „Interwencje behavioralne jako technika wspierająca zmniejszenia zużycia energii w domach studenckich: podsumowanie stanu wiedzy oraz analiza możliwości zastosowania wybranych interwencji w domach studenckich w Polsce”. *Edukacja Biologiczna i Środowiskowa*. 3 37-46.

¹²¹ Wilhite H., Ling R. (1995) „Measured energy savings from a more informative energy bill”. *Energy and Buildings*. 22 (2), 145-155.

¹²² Jones T. (2000) „Recent developments in the pricing of water services in OECD countries”. *Water Policy*. 1 (6), 637-651.

w określeniu faktycznego zużycia wody w danej jednostce. Prowadzi to do powszechnego nadużycia wody, wynikającego z faktu braku zachęty finansowej do używania mniejszych jej ilości. Skalę tego zjawiska pokazują badania wykonane przez Bithasa (2006)¹²³. Z wykonanej przez niego analizy wynika, że na przykład w Amsterdamie 96% mieszkań nie ma podliczników, w Londynie 82%. Bithas wykazuje, że przekłada się to na zwiększone zużycie wody w tych miastach. Dane wskazujące na brak liczników u 75%-90% konsumentów wody podaje raport Unii Europejskiej (Mudgal, Berman et al. 2012)⁹¹. Na tej podstawie przyjęto, że obecność podliczników i co za tym idzie podstawowych informacji na temat zużycia może obniżyć zarówno zużycie wody, jak i energii w budynku.

III. Woda

W grupie zawarto podstawowe informacje na temat zagadnień związanych z oszczędnością wody. Unijny raport „Water performance of buildings” podaje, że budynki mieszkalne odpowiadają za 72% zużycia wody w sektorze budowlanym. Najwięcej wody zużywa się na: higienę osobistą (35%), splukiwanie wody w toaletach (25%), pranie (14%), mycie naczyń (8%), sprzątanie, nawadnianie działki (5%), picie i gotowanie (5%) (Mudgal, Berman et al. 2012)⁹¹. Jako techniki umożliwiające redukcję zużycia wody w raporcie wymienia się: wodooszczędną armaturę, instalowanie liczników, podnoszenie cen wody, podnoszenie świadomości mieszkańców budynków, audyty instalacji, wprowadzenie wymagań dotyczących maksymalnego zużycia wody, wprowadzanie recyklingu wody. Green Building Council podaje, że stosując wodooszczędną armaturę i urządzenia sanitarne można osiągnąć o 30% mniejsze zużycie wody w stosunku do wartości wyjściowej. Recykling wody szarej umożliwia zmniejszenie zapotrzebowania na wodę pitną do 52 l/os/dzień (w klimacie umiarkowanym przyjmuje się około 100l/os/dzień) (Mehlhart, Zwerenz et al. 2005)¹²⁴. Wykorzystanie wody deszczowej również umożliwia zmniejszenie zapotrzebowania na wodę pitną. Ilość wody deszczowej którą można uzyskać jest uzależniona od powierzchni dachu, wielkości zbiornika. Zmniejszenie zapotrzebowania na wodę pitną mieści się w granicach 30-60% w Szwecji (Villarreal, Dixon 2005)¹²⁵, 30-50% w Wielkiej Brytanii (Dworak, Berglund et al. 2007)¹²⁶. Informacje w grupie „woda” przedstawiono w następujących kategoriach:

Wodooszczędna armatura¹²⁷

¹²³ Bithas K. (2006) „The Economics of Urban Water Use. Efficient Use and Water Pricing in Europe”. *Studies in Regional Science*. 36 (2), 375-391.

¹²⁴ Mehlhart G., Zwerenz A., et al. „Greywater Recycling. Planning fundamentals and operation information” (2005).

¹²⁵ Villarreal E.L., Dixon A. (2005) „Analysis of a rainwater collection system for domestic water supply in Ringdansen, Norrköping, Sweden”. *Building and environment*. 40 (9), 1174-1184.

¹²⁶ Dworak T., Berglund M., et al. „EU Water saving potential” (2007).

¹²⁷ Kategoria zawiera ogólną informację na temat zastosowania w budynku wodooszczędnej armatury i/lub urządzeń sanitarnych. Przez taką armaturę rozumie się: baterie posiadające systemy napowietrzające wodę, czasowe przyciski prysznicowe itp. Przez wodooszczędne urządzenia sanitarne rozumie się np. spluczki toaletowe z tzw. eko-przyciskiem uwalniającym mniejszą ilość wody.

Woda szara ¹²⁸

Woda deszczowa¹²⁹

IV. Odpady

W grupie „odpady” zawarto informacje na temat dostępności i łatwości segregowania odpadów w budynku. W domach studenckich powierzchnie mieszkalne w przeliczeniu na jednego mieszkańca są niewielkie. Z tego względu często aneksy kuchenne nie mają wystarczającej powierzchni, aby znalazło się w nich miejsce na odpowiednie kosze do segregowania śmieci. Jak wykazały np. badania Ludwiga et al. (1998)¹³⁰, przeprowadzone w budynkach akademickich, lokalizacja kosza do segregacji śmieci bezpośrednio wpływa na ilość odpadów, jaka się w nim znajduje. W badaniach Ludwiga kosze do recyklingu aluminiowych puszek na początku badania znajdowały się na końcu korytarza, a następnie zostały przestawione do sali wykładowej (gdzie, jak zaobserwowano, studenci przeważnie spożywali napoje). Z 40% puszek, które znajdowały się w koszu do recyklingu, gdy ten stał na końcu korytarza, ilość segregowanych puszek wzrosła do 60% po przestawieniu kosza do sali. Kiedy naukowcy z powrotem przestawili kosz na koniec korytarza, ilość puszek wróciła do 40%. Podobne wnioski pochodzą z badań Millera et al. (2016)¹³¹, którzy powtórzyli scenariusz eksperymentu Ludwiga dodając do niego informacje wizualne, które zachęcały do segregowania śmieci oraz pokazywały, w jaki sposób to robić. Wyniki potwierdziły wyniki Ludwiga. Ponadto okazało się, że obecność informacji wizualnych nad koszami dodatkowo zwiększa ilość wrzucanych do nich odpadów. Biorąc pod uwagę wyniki badań uznano, że łatwa dostępność koszy do segregacji śmieci jest istotna, podobnie jak informacje pokazujące, w jaki sposób segregować odpady.

Informacje przedstawiono w dwóch kategoriach:

Miejsce na segregację odpadów w modułach/studio/wspólnych kuchniach¹³²

Informacje wizualne ¹³³

V. Użytkownicy

W grupie podsumowano najważniejsze zagadnienia behawioralne związane z aktywną komunikacją proekologiczną w budynku, czyli wpływem na zachowania użytkowników przez

¹²⁸ Kategoria zawiera informacje na temat obecności systemów odzyskiwania wody szarej w budynku oraz (jeżeli podano) w jakich celach jest wykorzystywana.

¹²⁹ Kategoria zawiera informacje na temat obecności systemów recyklingu wody deszczowej oraz (jeżeli podano) w jakich celach jest wykorzystywana.

¹³⁰ Ludwig T., Gray T., et al. (1998). „Increasing Recycling In Academic Buildings: A Systematic Replication”. *Journal of applied behavior analysis*. 31 (4),683-686.

¹³¹ Miller N.D., Meindl J.N., et al. (2016) „The Effects of Bin Proximity and Visual Prompts on Recycling in a University Building”. 2016. 25 7.

¹³² Informacja na temat możliwości segregacji odpadów w dogodnych miejscach dla studentów, to znaczy: w kuchniach w modułach, lub w aneksach w studio, we wspólnych kuchniach w przypadku układów korytarzowych

¹³³ Kategoria mówi o tym, czy w budynku znajdują się informacje wizualne dotyczące segregacji odpadów – np. obrazki pokazujące, jaki rodzaj odpadów powinien znaleźć się w określonym kontenerze.

stosowanie określonych interwencji. Poniżej opisano badania dotyczące efektywności interwencji behawioralnych w domach studenckich¹³⁴

Typ interwencji: Warsztat i delegat

W brytyjskich badaniach Emeakaroha et al. (2014)¹³⁵ badano różnice efektywności między zastosowaniem feedbacku a zastosowaniem feedbacku połączonego z warsztatem dostosowanym do mieszkańców akademika. Badanie przeprowadzono w ośmiu kontrolnych i ośmiu eksperymentalnych akademikach. W akademikach eksperymentalnych zastosowano wizualny feedback w czasie rzeczywistym (dostępny internetowo), delegata (osobę z akademika, która pokazywała mieszkańcom, jak oszczędzać energię, pomagała w interpretacji feedbacku i motywowała). W akademikach kontrolnych uczestnicy mieli dostęp do feedbacku w czasie rzeczywistym, o którym raz w tygodniu przypominał im automatyczny e-mail. W akademikach eksperymentalnych mieszkańcy przez cztery tygodnie eksperymentu zmniejszyli zużycie energii o 37% w stosunku do punktu odniesienia sprzed interwencji - 1360.49 kWh. Akademiki kontrolne w tym samym czasie osiągnęły redukcję o 3,5%, co przekłada się na 165.00 kWh mniej zużytej energii.

Typ interwencji: Zobowiązanie i wskazówki

Badania Karp et al. (2016)¹³⁶ polegały na wyodrębnieniu dwóch grup po około 60 studentów każda i przeprowadzeniu na nich dwóch różnych scenariuszy interwencji. Studenci w obydwu grupach zobowiązali się do zmiany określonych zachowań (np. niezostawiania urządzeń w trybie standby, używania jednego urządzenia elektronicznego na raz). Następnie w całym budynku rozwieszono plakaty ze wskazówkami, jak oszczędzać energię i jak dotrzymać zobowiązań. W połowie trwania interwencji do członków obydwu grup wysłano e-mail z przypomnieniem o ich zobowiązaniach. W jednej z grup dodatkowo zastosowano feedback, wizualizując na dwóch ekranach ich grupowe zużycie energii. Grupa, która podjęła zobowiązanie i otrzymała wskazówki, zwiększyła zużycie energii w stosunku do punktu bazowego o 6,9%. Natomiast grupa, która dodatkowo otrzymała feedback, zmniejszyła zużycie w stosunku do punktu bazowego o 3,5%.

Typ interwencji: Kampania, warsztaty, zobowiązanie, wskazówki

W ramach konkursu organizowanego między uczelniami kanadyjscy badacze – Senbel, et al. (2014)¹³⁷ – rozszerzyli jego formułę o interwencje poprzedzające. Wykorzystując media społecznościowe stworzyli aplikację, która pozwalała na zaangażowanie się w akcje edukacyjne na kampusie. Były to np. indywidualne lub grupowe wydarzenia celujące w zmniejszenie zużycia

¹³⁴ Opracowano na podstawie: Mokrzecka M. (2017) „Interwencje behawioralne jako technika wspierająca zmniejszenia zużycia energii w domach studenckich : podsumowanie stanu wiedzy oraz analiza możliwości zastosowania wybranych interwencji w domach studenckich w Polsce”. *Edukacja Biologiczna i Środowiskowa*. 3 37-46.

¹³⁵ Emeakaroha A., Ang C.S., et al. (2014) „Integrating persuasive technology with energy delegates for energy conservation and carbon emission reduction in a university campus”. *Energy*. 76 357-374.

¹³⁶ Karp A., McCauley M., et al. (2016) „The value of adding ambient energy feedback to conservation tips and goal-setting in a dormitory”. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 17 (4), 471-488.

¹³⁷ Senbel M., Ngo V.D., et al. (2014) „Social mobilization of climate change: University students conserving energy through multiple pathways for peer engagement”. *Journal of Environmental Psychology*. 38 84-93.

energii, zwiększające świadomość mieszkańców i podkreślające sens zbiorowych wysiłków studentów jako społeczności. Akcje oraz osoby, które wzięły w nich udział, były widoczne w aplikacji. Uczestnicy otrzymywali punkty za zaangażowanie. Studenci mogli: podjąć zobowiązanie na temat określonych zachowań, które wykonają danego dnia, wziąć udział lub zorganizować warsztat, spotkanie mające na celu zwiększenie świadomości lub podjęcie wspólnych działań na rzecz zmniejszenia zużycia energii, nakręcić film, w którym dzielą się wskazówkami jak oszczędzać energię, angażować się w działania polityczne, informować o decyzjach podejmowanych przez lokalne władze, lobbować za zmianą przepisów. Wyniki pokazały, że w czasie trzech tygodni trwania interwencji studenci oszczędzili 454.70 kWh (16,31%). Wykazano również utrzymanie zmniejszenia zużycia energii o ok. 6% w okresie pokonkursowym.

Typ interwencji: Feedback i nagradzanie

Wśród interwencji opartych na zmiennych wynikowych jedną z częściej spotykanych metod jest gryfikacja, czyli użycie mechaniki znanej z gier do zachęcania ludzi do zmiany zachowań w sytuacjach nie będących grami. Badania Peteresena et al. (2007)¹³⁸ wykonane na próbie N=1612 polegały na dwutygodniowym eksperymencie, podczas którego domy studenckie rywalizowały między sobą, zmniejszając zużycie energii elektrycznej. Redukcję zużycia energii o 55% osiągnęły domy studenckie, w których w czasie rzeczywistym wizualizowano konsumpcję energii na monitorach rozmieszczonych na każdym piętrze. 31% zmniejszenia zużycia osiągnęły domy studenckie, w których wprowadzono cotygodniowe, tradycyjne (papierowe) zestawienie zużycia energii dla całego budynku.

Na podstawie badań przeprowadzonych w domach studenckich przez Terese Chiang et al. (2014))¹³⁹ wykazano, że wizualizacja zużycia energii przekłada się na zmniejszenie jej zużycia. Podczas sześciotygodniowego eksperymentu w pokojach brytyjskiego akademika zamontowano ekrany wyświetlające zużycie energii przez studentów w czasie rzeczywistym. W zależności od typu wizualizacji (numeryczny, w postaci wykresów, w postaci emotikon) wahała się skala redukcji zużycia, jednak w każdym przypadku nastąpiło zmniejszenie zużycia. Średnia redukcji wynosiła 7,7% w stosunku do punktu referencyjnego. Sintov et.al (2016)¹⁴⁰ przeprowadziła interwencję, w której zawarte zostały: wskazówki, okresowy feedback w postaci raportów, wizualizacja zużycia energii w czasie rzeczywistym, konkurs. Interwencję rozpoczęło spotkanie informacyjne i ankieta. Następnie w budynku dystrybuowano informację na temat zasad konkursu, nagród oraz wskazówki, w jaki sposób oszczędzać energię. Przez trzy tygodnie prowadzono konkurs, w którym mieszkańcy rywalizowali między sobą obniżając indywidualne zużycie energii oraz

¹³⁸ Petersen J.E., Shunturov V., et al. (2007) „Dormitory residents reduce electricity consumption when exposed to real-time visual feedback and incentives”. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 8 (1), 16-33.

¹³⁹ Chiang T., Mevlevioglu G., et al. (2014) „Inducing (sub)conscious energy behaviour through visually displayed energy information: A case study in university accommodation”. *Energy and Buildings*. 70 507-515.

¹⁴⁰ Sintov N., Dux E., et al. (2016) „What goes on behind closed doors?”. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 17 (4), 451-470.

zużycie energii dla całego piętra. Po pierwszym i drugim tygodniu konkursu uczestnicy otrzymali raporty, które detalicznie opisywały ich zużycie energii w ciągu ostatniego tygodnia. Dodatkowo, w lobby budynku ustawiono interaktywny ekran, który w czasie rzeczywistym wizualizował zużycie energii uczestników. Interwencję zakończyło ogłoszenie wyników konkursu – przewidziano nagrodę indywidualną i dla całego piętra. Przeprowadzono również ankietę ewaluacyjną. Interwencję ukończyło 33 mieszkańców. Podczas konkursu zredukowali oni zużycie energii o średnio 6,4% zaoszczędzając 3158 kWh energii. W badaniach Bekkera et al. (2010)¹⁴¹ podczas trzytygodniowej interwencji zastosowano wskazówki, feedback okresowy oraz konkurs. Uczestników badania podzielono na mieszkańców akademika kontrolnego (326 mieszkańców) i interwencyjnego (190 mieszkańców). Przez trzy tygodnie prowadzono pomiary ustalające punkt odniesienia w zużyciu energii. Następnie ogłoszono konkurs. Rozmieszczono około 90 naklejek w budynku interwencyjnym (zawierających wskazówki, jak oszczędzać energię), a w lobby umieszczono plakat z rysunkiem termometru, który pokazywał postępy studentów w oszczędzaniu energii. Plakat był codziennie aktualizowany. W zależności od osiągniętego poziomu oszczędności studentom oferowano różne nagrody. W efekcie mieszkańcy akademika, w którym przeprowadzono interwencje, zredukowali zużycie o 11% w nocy i 16% w dzień. Natomiast mieszkańcy budynku kontrolnego o 4% w dzień i 7% w nocy.

W badaniach Bloodhart et al. (2013)¹⁴² połączono warsztaty i wskazówki z konkursem, mającym na celu zmniejszenie zużycia energii. W tym przypadku nagroda nie była finansowa (ogłoszenie zwycięzcy w uniwersyteckiej gazecie). Badanie przeprowadzono w 15 akademikach. W ośmiu zatrudniono i przeszkolono tzw. eko-reprezentantów – studentów, którzy uczyli mieszkańców, w jaki sposób zmieniać nawyki tak, aby oszczędzać wodę i energię. Konkurs między akademikami trwał dwa tygodnie. W kawiarni na kampusie prezentowano dzienne zestawienie zużycia energii w każdym z akademików. Wykazano, że domy studenckie, w których działali eko-reprezentanci, zredukowały zużycie energii o 3,1-4,2% w trakcie trwania konkursu i 2,9-3,3% przez dwa pokonkursowe tygodnie. W sumie zaoszczędzono 8536 kWh energii. W akademikach, w których nie było eko-reprezentanta, zużycie energii wzrosło w drugim tygodniu o 2,6%, a w kolejnych o 1-1,9%.

Interwencje behawioralne¹⁴³

Edukacja rówieśnicza¹⁴⁴

¹⁴¹ Bekker M.J., Cumming T.D., et al. (2010) „Encouraging electricity savings in a university residential hall through a combination of feedback, visual prompts, and incentives”. *Journal of applied behavior analysis*. 43 (2), 327-331.

¹⁴² Bloodhart B., Swim J., et al. (2013) „Spreading the Eco-Message: Using Proactive Coping to Aid Eco-Rep Behavior Change Programming”. *Sustainability*. 5 (4), 1661-1679.

¹⁴³ Podają informację czy w domu studenckim są stosowane interwencje behawioralne oraz jeżeli są stosowane, dodatkowo wyszczególnia się ich typ.

¹⁴⁴ W tej kategorii podaje się informację na temat edukacji rówieśniczej w tematyce prośrodowiskowej, prowadzonej w domu studenckim. Edukacja rówieśnicza charakteryzuje się nieformalnym podejściem i brakiem hierarchii nauczyciel – uczeń. W domach studenckich często funkcjonuje w formie grup lub kół studenckich, których celem jest zachęcanie innych mieszkańców do pogłębiania wiedzy na temat rozsądnej gospodarki energią, wodą i odpadami oraz angażowania się w wymienione wyżej interwencje.

3.2. Prezentacja sześćdziesięciu domów studenckich

Na kolejnych stronach przedstawiono tabelaryczne zestawienie wybranych cech domów studenckich. Przedstawione obiekty posiadają cechy środowiskowe, znajdują się w strefie klimatu umiarkowanego i powstały lub zostały zmodernizowane po 2002 roku. Na rys. poniżej (Rys. 11) znajduje się legenda objaśniająca schemat rzutów znajdujących się w tabeli nr 3.

LEGENDA

□ Pokój	■ Części wspólne - jadalnie, pomieszczenia rekreacyjne
□ Łazienka prywatna	■ Klatki schodowe
□ Łazienka wspólna	■ Windy
■ Aneks kuchenny (prywatny)	■ Komunikacja pozioma
■ Kuchnia wspólna	■ Pomieszczenia gospodarcze/ techniczne

Rys. 11 Legenda opisująca schematy kondygnacji powtarzalnych znajdujące się w Tab. 3. Opracowanie: Mokrzecka M.

I. INFORMACJE OGÓLNE







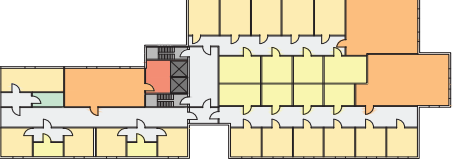




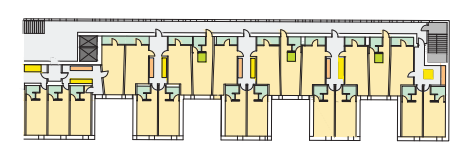









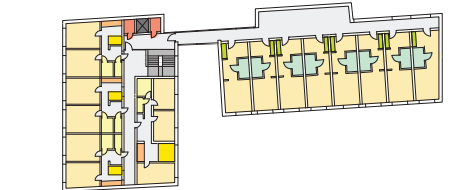


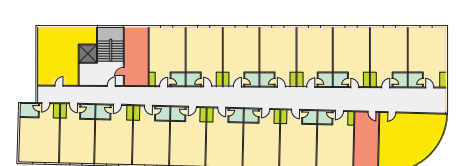




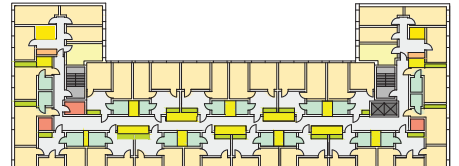




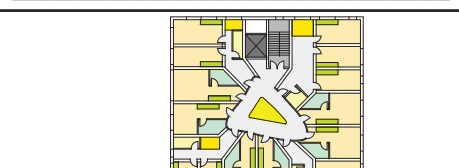




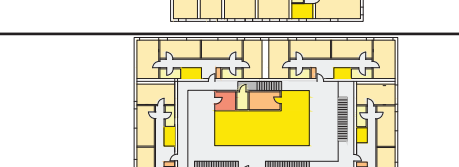






II. ARCHITEKTURA

III. ENERGIA

IV. WODA

V. ODPADY

VI. UŻYTKOWNICY

Nazwa & Architekt	Adres	Rok powstania i/lub modern.	Powierzchnia użytkowa		Typ zamieszkania	Dostępność węzłów kuchennych, sanitarnych, cz. wspólnych	Certyfikacja budynku	Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej	1. Przesłony zew. 2. Jasna kolorystyka elewacji 3. Jasna kolorystyka dachu	Orientacja budynku A/V	Wiodące materiały konstrukcyjne	Klasa energetyczna budynku	Klasa sprzętów	Typ oświetlenia	Aktywne pozyskiwanie energii	Podłączniki, Zaawansowane technologie	Woda oszczędna armatura	Woda szara	Woda deszczowa	Miejsce na recykling w modułach	Informacje wizualne recykling	Interwencje behawioralne	Edukacja rówieśnicza
			Liczba kondygnacji	Liczba mieszkańców																			
 Friedrich Schiller modernizacja Architekturbüro Kampits & Gamerith	Elisabethstr. 85, Graz, Austria	1973 2007	3 635 m ² 9p 239	korytarzowy 10-12 m ² modułowy 12 m ²	1.  6x  2.  5x  3. 	NIE			A/V= 0.31	Żelbet	przed modernizacją E po modernizacji A	Brak wymagań	CFL	Instalacja solarna, kolektory 30%zap.	NIE NIE	TAK	NIE	NIE	BD	BD	NIE	Ogród dla mieszkańców, opiekun uczy podstaw sadzenia roślin	
 Gasgasse Wohnheim Martin Kohlbauer	Gasgasse 2, Wiedeń Austria	2011	4 682 m ² 10p 194	modułowy 16-18m ² studio 18-21m ²	1.  2.  3. 	Budynek pasywny			A/V= 0.29	Żelbet	A+	A++	LED	Ogniwa fotowoltaiczne 25% zap. na prąd	NIE NIE	TAK	NIE	NIE	NIE	TAK	NIE	NIE	
 Green House Aap. architekten	Sonnenallee 41 Wiedeń Austria	2015	14 600 m ² 6p 300	modułowy 11m ² (40m ²) studio 30 m ² 24 m ²	1.  2.  3. 	Budynek pasywny			A/V= 0.29	Żelbet	A+	A++	LED	Ogniwa fotowoltaiczne 100kWp	TAK TAK, systemy magazynowania energii, czujniki ruchu, czujniki temperatury	TAK	NIE	NIE	NIE	TAK	NIE	NIE	
 Kandlgasse Wohnheim Manfer Hirschler	Kandlgasse 30, Wiedeń Austria	2009	2 740 m ² 6p 105	modułowy 12-16m ² studio 29 m ²	1.  2.  3. 	NIE			A/V= 0.38	Żelbet	A	A	LED	Ogniwa fotowoltaiczne 15% zap. na prąd	NIE NIE	NIE	NIE	NIE	TAK	NIE	NIE	NIE	
 Matador Heinrich Trimmel	Markt 136, Kuchl, Austria	2007	3 340 m ² 3p 102	studio 23 m ²	1. 	Budynek pasywny			A/V= 0.37	Drewno klejone Konstrukcja modułowa, prefabrykowana	A+	A++	CFL	NIE	TAK NIE	NIE	TAK splukiwanie toalet, pralki	BD	BD	NIE	NIE	NIE	
 Molkerei Strasse Baumschlagler & Eberle	Molkereistr. 1, Wiedeń Austria	2005	7 171 m ² 7p 133	modułowy 12-14m ² studio 20-25m ²	1.  2.  3. 	Budynek pasywny			A/V= 0.2	Żelbet	A+	A++	LED	NIE	NIE TAK	TAK	NIE	NIE	NIE	TAK	NIE	NIE	
 Mosserhofgasse Wohnheim E. Kaltenegger, Passail	Mosserhofgasse 41b Graz Austria	2010	2 250 m ² 6p-7p 81	modułowy 12-14m ² studio 20-25 m ²	1.  2.  3. 	Budynek pasywny			A/V= 0.26	Żelbet	A+	A++	LED	Ogniwa fotowoltaiczne 10% zap. Pompa ciepła	NIE NIE	TAK	NIE	NIE	NIE	TAK	NIE	NIE	
 PopUP Dorms F2 Architekten	Sonnenallee 28, Wiedeń Austria	2015	1005 m ² 2p 40	modułowy 12,5m ²	1.  2.  3. 	Budynek pasywny			A/V= 0.43	Drewno Konstrukcja modułowa, prefabrykowana	A+	A++	LED	NIE	NIE Czujniki monitorujące warunki zewnętrzne, sterują ogrzewaniem i oświetleniem	TAK	NIE	NIE	TAK	TAK	NIE	NIE	
 Vaartstraat 94 modernizacja Jaspers-Eyers Architects	Vaartstraat 94, Leuven Belgia	1970 2014	9 000 m ² 4-5p 256	korytarzowy 16-24m ² studio 40 m ²	1.  2.  3.  2x 	Budynek pasywny			A/V= 0.35	Żelbet	A+	A++	LED	Ogniwa fot. pokrywają ok.20% zapotrzebowania na energię elektryczną, kolektory słoneczne	TAK NIE	TAK	TAK	TAK splukiwanie toalet	TAK	BD	NIE	NIE	

I. INFORMACJE OGÓLNE













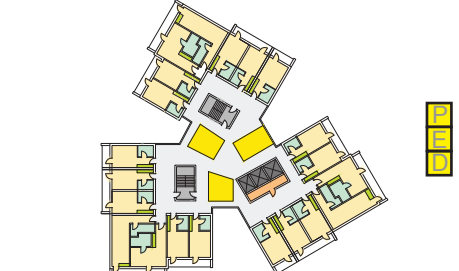







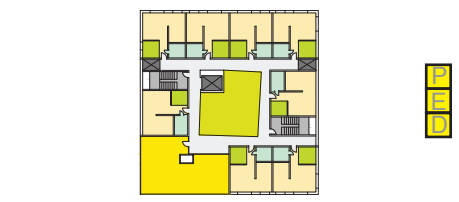







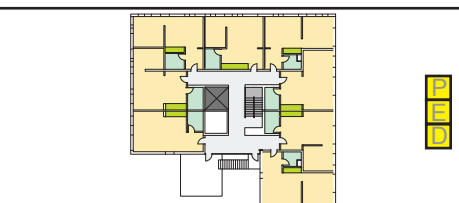







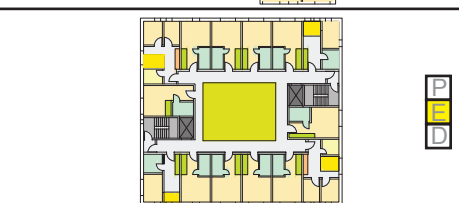




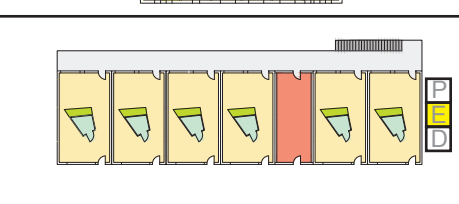




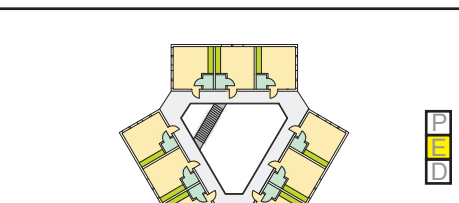




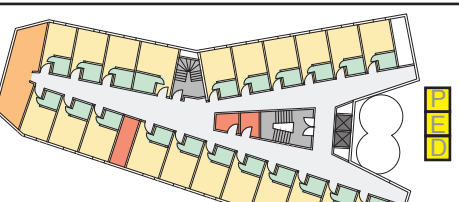
II. ARCHITEKTURA

III. ENERGIA

IV. WODA

V. ODPADY

VI. UŻYTKOWNICY

Nazwa & Architekt	Adres	Rok powstania i/lub modern.	Powierzchnia użytkowa		Typ zamieszkania	Dostępność węzłów kuchennych, sanitarnych, cz. wspólnych	Certyfikacja budynku	Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej	1. Przesłony zew. 2. Jasna kolorystyka elewacji 3. Jasna kolorystyka dachu	Orientacja budynku A/V	Wiodące materiały konstrukcyjne	Klasa energetyczna budynku	Klasa sprzętów	Typ oświetlenia	Aktywne pozyskiwanie energii	Podliczniki, Zaawansowane technologie	Woda oszczędna armatura	Woda szara	Woda deszczowa	Miejsce na recycling w modułach	Informacje wizualne recycling	Interwencje behawioralne	Edukacja rówieśnicza
			Liczba kondygnacji	Liczba mieszkańców																			
 Atrium huset SKALA Arkitekter	Bispehavevej 1, Århus Dania	2013	6 740 m2 4p	studio 20 m2	1.    NIE	NIE			A/V= 0.5	Żelbet	B	BW	CFL	Instalacja solarna kolektory słoneczne 50 kWp	TAK Monitorowanie jakości powietrza, sensory ruchu, sterowanie oświetleniem	NIE	NIE	NIE	TAK	TAK	NIE	NIE	
 Campus Hall C.F.Moller	Campusvej 1, Odense Dania	2015	15 900 m2 11p 250	studio 20-25 m2	1.    2.    NIE	NIE			A/V= 0.25	Żelbet	A	A	LED	NIE	NIE TAK	TAK	TAK	NIE	BD	BD	BD	BD	
 Det Lille Havnehus Terroir and Cubo Arkitekter	Dagmar Petersens Gade 78 Aarhus Dania	2013	2 500 m2 7p 50	studio z wydzieloną sypialnią 50 m2	1.    2.    NIE	NIE			A/V= 0.27	Żelbet	A+	A++	LED	Ogniwa fotowoltaiczne 28 kWp	NIE TAK	TAK	TAK	odzyskiwanie ciepła z wody szarej	BD	NIE	NIE	BD	NIE
 Det Store Havnehus Arkitema	Grete Lochtes Gade 1 Aarhus Dania	2012	5 000 m2 12p 99	studio 40 m2 studio z wydzieloną sypialnią 50 m2	1.    2.    NIE	NIE			A/V= 0.29	Żelbet	A+	A++	LED	Ogniwa fotowoltaiczne 56 kWp	NIE TAK	TAK	TAK	odzyskiwanie ciepła z wody szarej	BD	NIE	NIE	BD	NIE
 Grundfos kollegiet Cebra Architects	8000 Aarhus Dania	2012	6 000 m2 12p 200	modułowy 8-10m2 studio 18-20m2	1.    2.    NIE	NIE			A/V= 0.27	Żelbet	A	A	LED	Pompa ciepła	senstory monitorują zużycie, ale studenci nie placą rachunków. Budynek laboratorium	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE
 H2 College Aarhus Arkitekterne	Birk Centerpark 5, Herning Dania	2009	1 320 m2 2p 66	studio 32 m2	1.    NIE	NIE			A/V= 0.48	Drewno klejone Konstrukcja modułowa, prefabrykowana	A	A	LED	Ogniwa fotowoltaiczne turbiny wiatrowe (poza działką), kogeneracja	TAK Budynek laboratorium, monitoring zużycia en. i wody	TAK	NIE	NIE	BD	TAK	NIE	NIE	NIE
 Urban Rigger BIG	Refshalevej, 1432 Refshaleøen, Kopenhaga Dania	2016	680 m2 2p 15	modułowy 18 m2	1.    NIE	NIE			A/V= 1.2	Stal Kontenery Towarowe Recycling,	A	A	LED	Pompa ciepła, wykorzystująca wodę morską do pozyskiwania energii. Pompa zapewnia 75% energii do ogrzewania i CWU Ogniwa fot.	NIE Monitorowanie temp, czujniki ruchu, ster. oświetleniem	TAK	TAK	TAK	BD	BD	NIE	NIE	
 House of Ile de France Anma	17 Boulevard Jourdan, Paris, Francja	2017	3 114 m2 9p 142	studio 20-28m2	1.    Budynek Pasywny	Budynek Pasywny			A/V= 0.23	Żelbet	A+	A	LED	Ogniwa fotowoltaiczne i kolektory słoneczne na dachu i fasadach. 2 zbiorniki na CWU, 140 000 litrów. 100% zap. na energię pokrywa OZE	NIE Rozbudowana instalacja solarna	TAK	BD	TAK	splukiwanie toalet	BD	BD	NIE	NIE

I. INFORMACJE OGÓLNE



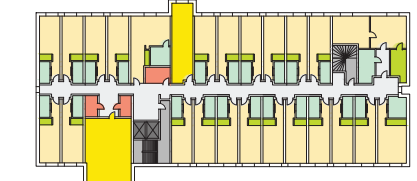


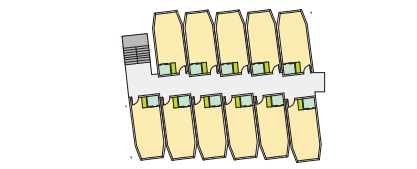

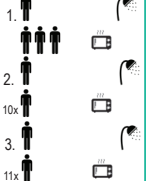


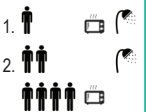
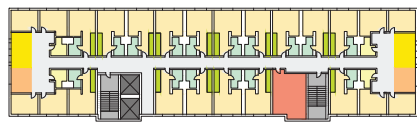

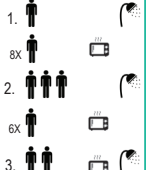
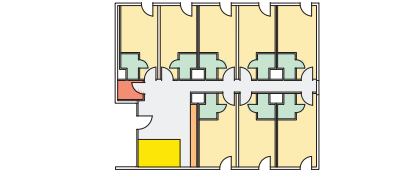

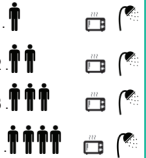
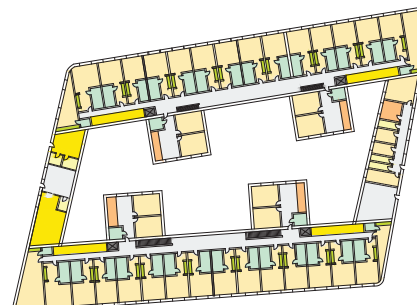

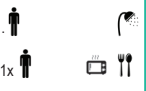
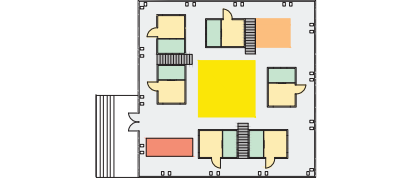

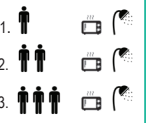
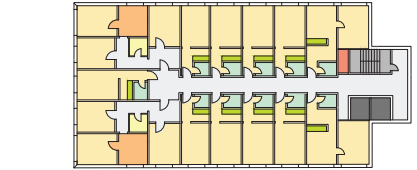

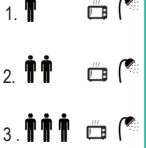
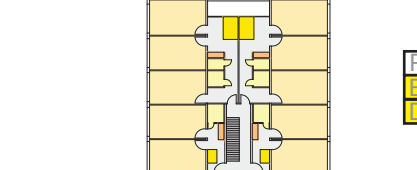
II. ARCHITEKTURA

III. ENERGIA

IV. WODA

V. ODPADY

VI. UŻYTKOWNICY

Nazwa & Architekt	Adres	Rok powstania i/lub modern.	Powierzchnia użytkowa		Typ zamieszkania	Dostępność węzłów kuchennych, sanitarnych, cz. wspólnych	Certyfikacja budynku	Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej	1. Przesłony zew. 2. Jasna kolorystyka elewacji 3. Jasna kolorystyka dachu	Orientacja budynku A/V	Wiodące materiały konstrukcyjne	Klasa energetyczna budynku	Klasa sprzętów	Typ oświetlenia	Aktywne pozyskiwanie energii	Podłiczniki, Zaawansowane technologie	Woda oszczędna armatura	Woda szara	Woda deszczowa	Miejsce na recykling w modułach	Informacje wizualne recykling	Interwencje behawioralne	Edukacja rówieśnicza	
			Liczba kondygnacji	Liczba mieszkańców																				
 2A Design	1 Avenue Winston Churchill, Rennes Francja	2010	5 900 m2	10p	studio 20 - 49 m2		TAK			A/V=0,3	Żelbet	B	B	CFL	NIE	BD	TAK	BD	BD	NIE	TAK	Informacje dot. użytkowania urządzeń, naklejki przyp. o wyłączeniu światła, kaloryfera itp.	Warsztaty	
 Mart de Jong	Leeghwater straat, Delft Holandia	2004	4014 m2	3p	studio 18 m2		NIE			A/V=0,57	modułowy Stal	D	Brak wymagań	Brak wymagań	NIE	TAK NIE	NIE	NIE	NIE	TAK	NIE	NIE	NIE	
 Kavanagh Tuite Architects	Belfield 4, Dublin Irlandia	2010	4 500 m2	6p	modułowy 16-18 m2		TAK Budynek Pasywny			A/V=0,33	Żelbet Prefabrykacja fasad	A+	A++	LED	Instalacja solarna do podgrzewania ciepłej wody, 160 m2 płaskich kolektorów 33% zapotrzeb.	NIE TAK Sensory monitorujące stężenie CO2, temp. 2 letni monitoring	TAK	TAK splukiwanie toalet	NIE	BD	BD	NIE	NIE	
 Acton Ostry Architects Inc.	6088 Walter Gage Rd, Vancouver Kanada	2017	15 115 m2	18p	modułowy 12 m2 studio 20 m2		NIE			A/V=0,16	Drewno stropy i ściany z wyłączeniem parteru. Prefabrykacja	B	BD	LED	NIE	TAK Optymalizacja procesu projektowania i budowy, sterowanie temp.	TAK	NIE	TAK Irygacja	TAK	BD	NIE	NIE	
 Spengler & Wiescholek Architekten	Schröfelhofstr. 16 Monachium Niemcy	2007	760 m2	4p-5p	modułowy 13-14m2		NIE			A/V=0,3	Żelbet	B	E	Brak standardu	kolektory słoneczne, 10% zap.	NIE	TAK	NIE	NIE	TAK	TAK	NIE	NIE	
 Kresings Architekten	Boeselager straÙe 69 - 75 Münster Niemcy	2014	20 577 m2 (4 budynki)	1-3p	modułowy 15 m2 studio 25 m2		TAK Budynek Pasywny			A/V=0,5	Żelbet	A+	D	BD	Gruntowe pompy ciepła 24 odwierty/ 130 m	TAK Jeden z największych obiektów pasywnych w Niemczech - ewaluacja monitoring rzecz. zużycia energii	TAK	NIE	NIE	NIE	TAK	TAK	NIE	NIE
 Wydział Architektury TU Darmstadt	Adolf-Miersch Str. 46 Frankfurt am Main Niemcy	2016	350 m2	2p	pokój z łazienką 7,5 m2		NIE			A/V=0,5*	Drewno	A+	A++	A++	Ogniwa fotowoltaiczne, pompa ciepła	NIE	TAK	TAK	NIE	ND	TAK	NIE	NIE	
 Architonic modernizacja	Hochschulstr. 46, Dresden Niemcy	1980 2007	7 280 m2	17p	studio 18-20 m2 modułowy 14-19 m2		NIE			A/V=0,20	Żelbet	przed modernizacją F po modernizacji B	BW	CFL	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	TAK	TAK	NIE	NIE	
 Architektur Contor Müller Schlüter	Max-Horkheimer-Str. 167/169 Wuppertal Niemcy	1982 2008	1 200 m2	3p	modułowy 12-17m2 studio 25 m2		NIE			A/V=0,4	Żelbet	przed modernizacją BD po modernizacji B	BD	BW	NIE	NIE	TAK	NIE	NIE	TAK	TAK	NIE	NIE	

I. INFORMACJE OGÓLNE



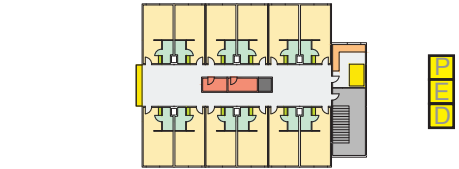
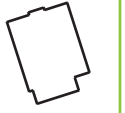


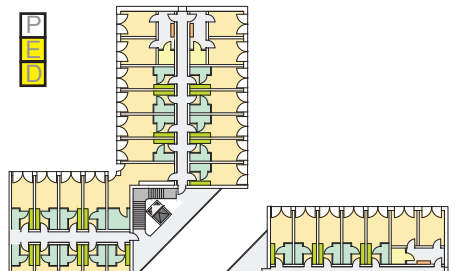



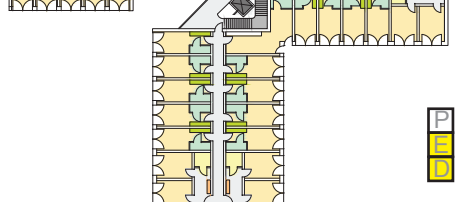



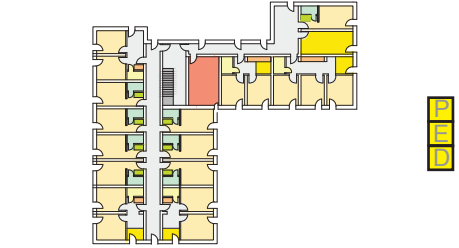
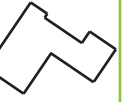


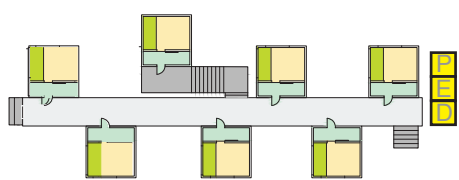



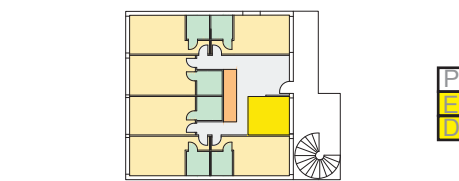
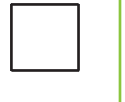


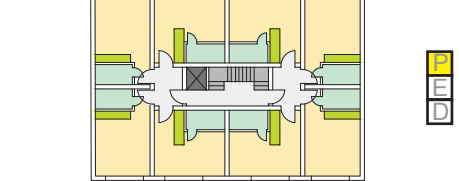
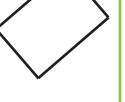


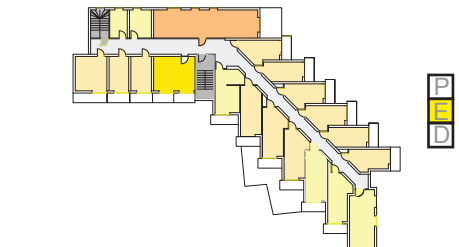

II. ARCHITEKTURA

III. ENERGIA

IV. WODA

V. ODPADY

VI. UŻYTKOWNICY

Nazwa & Architekt	Adres	Rok powstania i/lub modern.	Powierzchnia użytkowa		Typ zamieszkania	Dostępność węzłów kuchennych, sanitarnych, cz. wspólnych	Certyfikacja budynku	Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej	1. Przesłony zew. 2. Jasna kolorystyka elewacji 3. Jasna kolorystyka dachu	Orientacja budynku A/V	Wiodące materiały konstrukcyjne	Klasa energetyczna budynku	Klasa sprzętów	Typ oświetlenia	Aktywne pozyskiwanie energii	Podliczniki, Zaawansowane technologie	Woda oszczędna armatura	Woda szara	Woda deszczowa	Miejsce na recycling w modułach	Informacje wizualne recycling	Interwencje behawioralne	Edukacja rówieśnicza
			Liczba kondygnacji	Liczba mieszkańców																			
 WH Münchfeld modernizacja ARGE Inter	Franz-Werfel-Straße 9, Mainz Niemcy	1963 2010	3 835 m2 9p 104	studio 17 m2		NIE			A/V=0,25	Żelbet	D przed modernizacją A+ po modernizacji	A	LED	Kolektory słoneczne zapewniają 50% zap. na ciepłą wodę (114m2, zintegrowane z fasadą)	Zużycie jest monitorowane, ale studenci nie placą rachunków	TAK	NIE	TAK Woda do splukiwania toalet i irygacji	BD	BD	NIE	NIE	
 Neue Burse 1 Modernizacja Architektur Contor Müller Schlüter	Max-Horkheimer Straße 10-12 Wuppertal Niemcy	1977 2000	8 420m2 6-7p 303	modułowy 12-14m2 studio 20-25 m2		NIE			A/V=0,32	Żelbet	E przed modernizacją A+ po modernizacji	A	Brak wymagań	NIE	NIE	TAK	NIE	BD	TAK	TAK	NIE	NIE	
 Neue Burse 2 Modernizacja Architektur Contor Müller Schlüter	Max-Horkheimer Straße 10-12 Wuppertal Niemcy	1977 2003	8 600 m2 6-7p 326	modułowy 12-14m2 20-25 m2 studio		TAK Budynek Pasywny			A/V=0,4	Żelbet	E przed modernizacją A po modernizacji	A	Brak wymagań	NIE	NIE	TAK	NIE	BD	NIE	TAK	NIE	NIE	
 Neuenheimer Feld LiWooD Management	Im Neuenheimer Feld 660-662, Heidelberg Niemcy	2013	7 160 m2 5p-6p 265	modułowy 12(20) m2 studio 12 m2		NIE			A/V=0,3	Drewno, prefabrykacja	A	BD	H	Ogniwa fotowoltaiczne 60 kWp Pompy ciepła powietrze-woda	NIE Monitoring jakości powietrza wewnątrz (CO2, wilgotność)	BD	BD	BD	NIE	TAK	NIE	NIE	
 O2 Freimann Studentenstadt Horden, Cherry, Lee Architects, Lydia Haack, John Höpfner	Grasmeierstr. 25 Monachium Niemcy	2005	49 m2 7	studio 7m2		NIE			A/V=1	Stal prefabrykacja możliwość przenoszenia	C	A	LED	NIE	TAK Projekt badawczy, monitoring zachowań mieszkańców	NIE	NIE	TAK	NIE	TAK	NIE	NIE	
 Ostersiepen Architektur Contor Müller Schlüter	Ostersiepen 5-11 Wuppertal Niemcy	2012	1 978m2 5p-6p 84	modułowy 18-19 m2 studio 30 m2		NIE			A/V=0,3	Żelbet	A	A	BD	NIE	NIE	TAK	NIE	NIE	BD	TAK	NIE	NIE	
 Projekt 42! Raum fur Architektur	Karl-Frowein Straße 4, Bonn Niemcy	2017	1 215 m2 4p	studio 25-29 m2		Budynek Pasywny			A/V=0,36	Drewno	A+	A	LED	Instalacja fotowoltaiczna, Pompa ciepła - pokrywają 80% zapotrzebowania na energię	NIE magazynowanie energii, czujniki temperatury, nasłoneczniwnia, automatyczne sterowanie systemami w budynku	TAK	NIE	TAK toalety, irygacja	BD	TAK	NIE	NIE	
 Haus 13 Siemunshof Klaus Ernst	Siegmonds Hof 3, Berlin Niemcy	1964 2012	1 473 m2 4p 46	korytarzowy pokoje: 10-13m2		NIE			A/V=0,42	Żelbet	E/F przed modernizacją C po modernizacji	D	Brak wymagań	Instalacja solarna do podgrzewania ciepłej wody (zbiornik 750 l)	NIE	TAK	NIE	TAK irygacja	TAK	TAK	NIE	Wspólny ogród, tutor uczący jak sadzić i dbać o rośliny	

I. INFORMACJE OGÓLNE





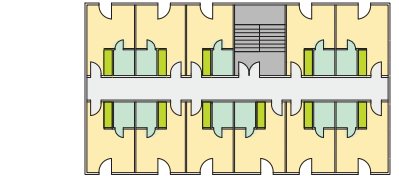







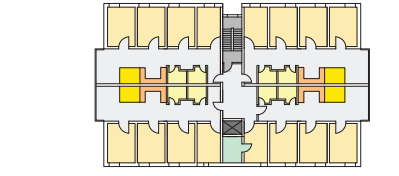













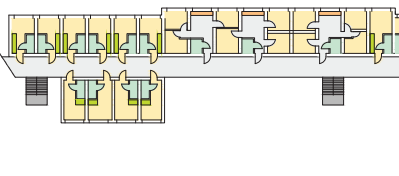







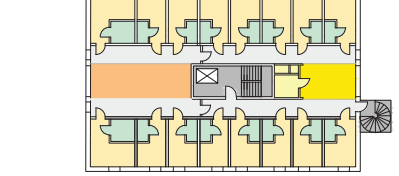







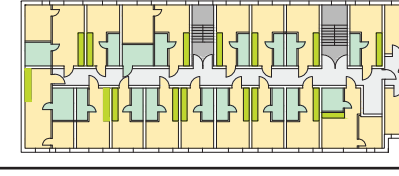







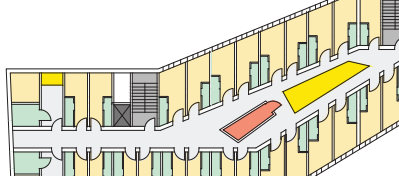










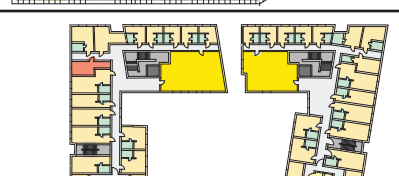







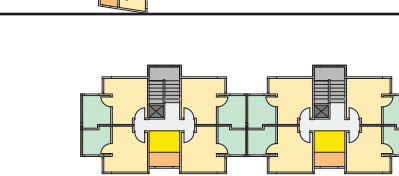






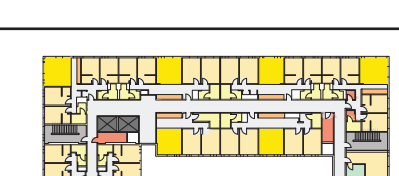
II. ARCHITEKTURA

III. ENERGIA

IV. WODA

V. ODPADY

VI. UŻYTKOWNICY

Nazwa & Architekt	Adres	Rok powstania i/lub modern.	Powierzchnia użytkowa		Dostępność węzłów kuchennych, sanitarnych, cz. wspólnych	Certyfikacja budynku	Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej	1. Przesłony zew. 2. Jasna kolorystyka elewacji 3. Jasna kolorystyka dachu	Orientacja budynku A/V	Wiodące materiały konstrukcyjne	Klasa energetyczna budynku	Klasa sprzętów	Typ oświetlenia	Aktywne pozyskiwanie energii	Podłączniki, Zaawansowane technologie	Woda oszczędna armatura	Woda szara	Woda deszczowa	Miejsce na recycling w modułach	Informacje wizualne recycling	Interwencje behawioralne	Edukacja rówieśnicza
			Liczba kondygnacji	Liczba mieszkańców																		
 Trier Liwood, Grassinger Emrich Architekten	Universitätsring 8 Trier Niemcy	2015	2 751 m ² 2 budynki	4p	1.   	Nie			A/V = 0,38	Drewno Prefabrykacja ścian	A+	BD	BD	Ogniwa fotowoltaiczne 46.000 kWh/a Pompy ciepła powietrze-woda	TAK NIE	BD BD	NIE	NIE	NIE	TAK	NIE	NIE
 Veledastraße modernizacja BDA	Veledastraße 5 Essen Niemcy	1977 2011	12 000 m ²	11p	1.    2.   	Nie			A/V = 0,32	Żelbet	E przed modernizacją B po modernizacji	BW	LED	Ogniwa fotowoltaiczne zapewniają 20% zapotrzebowania na prąd	NIE	TAK	NIE	TAK toalety	TAK	TAK	NIE	NIE
 Grønneviksøren 3RW Arkitekter	Møllendalsveien 52 - 54, Bergen Norwegia	2013	21 750 m ² 16 budynków	8p	1.    2.    3.    4.   	Nie			A/V = 0,52	Drewno, Stal. Prefabrykowane kontenery	B	B	H	NIE	TAK sterowanie ogrzewaniem	TAK	NIE	NIE	TAK	TAK	NIE	NIE
 Palisaden As Bas Arkitekter	Pentagonveien 18-28, As Norwegia	2014	12 600 m ²	7p	1.    16x   	Nie			A/V = 0,31	Drewno Prefabrykacja ścian	A+	BD	H	NIE	TAK NIE	BD BD	BD BD	TAK	TAK	NIE	NIE	
 Sørhauggata Helen&Hard	Sørhauggata 100, Haugesund Norwegia	2015	2 000 m ²	5p	1.    2.   	Budynek Pasywny			A/V = 0,3	Drewno Prefabrykacja ścian	A+	A	CFL	NIE	NIE Czujniki ruchu, sterowanie oświetleniem	BD BD	BD BD	NIE	TAK	NIE	NIE	
 Tekno byen MEK Architects	Klæbuveien 52, Trondheim, Norwegia	2012	3 241 m ²	5p	1.    116x   	Budynek Pasywny			A/V = 0,35	Żelbet	A+	A+	LED	NIE	TAK Czujniki ruchu, sterowanie oświetleniem, sterowanie ogrzewaniem	TAK	NIE	NIE	NIE	TAK	NIE	NIE
 Akron Street Kyu Sung Woo	10 Akron street Cambridge Massachusetts USA	2008	10 683 m ²	7p	1.    2.    3.   	LEED Gold			A/V = 0,42	Żelbet	C	BD	CFL	NIE	TAK sterowanie ogrzewaniem	TAK	NIE	NIE	BD	BD	TAK, wizualizacja zużycia energii i wody, ekran w lobby	organizacja „representatives” składająca się z mieszkańców. Organizacja warsztatów, kampanii informacyjnych, konkursów
 Bastyr University Student Village BD	14500 Juanita Dr Kenmore, Waszyngton USA	2010	4 700 m ² (cały kompleks) Jednostka -250	3p	1.    4x   	LEED Platinum			A/V = 0,52	Żelbet	C	A	CFL	NIE	NIE	TAK	NIE	Przepuszczalne podłoże, zbiorniki retencyjne Słukiwanie toalet	NIE	TAK	NIE	Ogród dla mieszkańców, Tutorzy
 Cedar Hall Mahlum	1315 Northeast Campus Seattle Washington USA	2012	19 000 m ²	7p	1.4x    2x   2.	LEED Silver			A/V = 0,3	Drewno	C	B	CFL	NIE	TAK NIE	TAK	NIE	NIE	TAK	TAK	Dobrowolne zobowiązania do prośrodowiskowych zachowań, konkursy	Warsztaty

I. INFORMACJE OGÓLNE








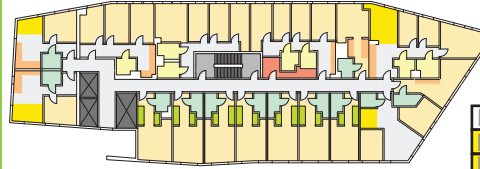






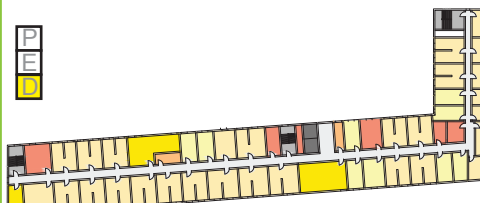










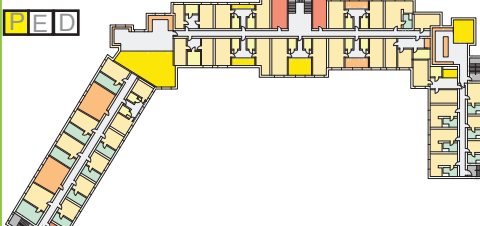


































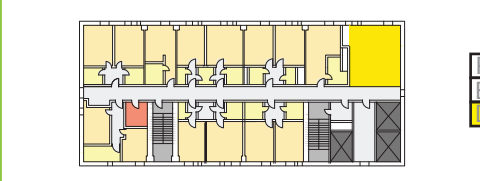





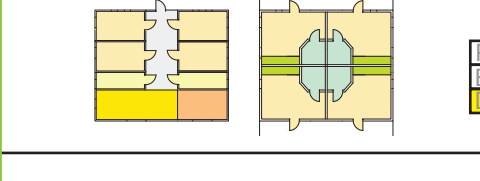









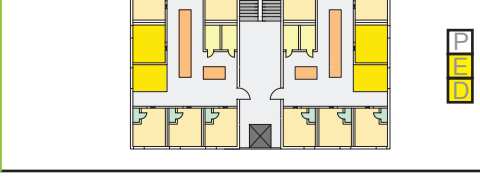
II. ARCHITEKTURA

III. ENERGIA

IV. WODA

V. ODPADY

VI. UŻYTKOWNICY

Nazwa & Architekt	Adres	Rok powstania i/lub modern.	Powierzchnia użytkowa		Dostępność węzłów kuchennych, sanitarnych, cz. wspólnych	Certyfikacja budynku	Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej	1. Przesłony zew. 2. Jasna kolorystyka elewacji 3. Jasna kolorystyka dachu	Orientacja budynku A/V	Wiodące materiały konstrukcyjne	Klasa energetyczna budynku	Klasa sprzętów	Typ oświetlenia	Aktywne pozyskiwanie energii	Podliczniki, Zaawansowane technologie	Woda oszczędna armatura	Woda szara	Woda deszczowa	Miejsce na recykling w modułach	Informacje wizualne recykling	Interwencje behawioralne	Edukacja rówieśnicza	
			Liczba kondygnacji	Liczba mieszkańców																			Typ zamieszkania Wielkość pokoi /studio
 Cornell Tech Handel Architects	1 East Loop Road, New York, 10044 USA	2012	25 300 m2	26p 352	1.    2.   	Budynek Pasywny LEED Platinum			A/V=0,3	Żelbet	A++	A	LED	Energia geotermalna	TAK Sensory monitorujące obecność w pokojach i sterujące oświetleniem/energiją itp.	TAK	BD	TAK Zbiorniki retencyjne, irygacja	TAK	NIE	NIE	NIE	
 Ernie Davis Hall 2A Design	619 Comstock Ave, Syracuse, Nowy Jork USA	2010	13 475 m2	6-10p 250	1.    24x  	LEED Gold			A/V=0,47	Żelbet	C	BD	CFL	NIE	NIE	TAK	NIE	TAK irygacja	NIE	NIE	NIE	tutor na każdym piętrze-pomagający m.in. przy wdrażaniu prośrodowiskowych	
 McLean Environmental Living and Learning Center LHB Engineers & Architects	Ashland, WI 54806, USA USA	2000	3 715 m2	2p 114	1.    2.    3.   	NIE Spełnia standard Leed Bronze			A/V=0,42	Żelbet Izolacja z celulozy, część materiałów konstr., wykończeniowych, mebli z recyklingu	C	A	CFL	Ogniwa fotowoltaiczne (2,5% zap.), turbina wiatrowa (6% zap.) Kolektory słoneczne (29% zap. na CWU),	NIE Czujniki monitorujące ruch i nat. oświetlenia, monitoring ogólnego zużycia energii	TAK	NIE	TAK irygacja	TAK	TAK	Studenci zostali zaangażowani w proces projektowy i budowlany oraz ewaluację budynku podczas użytkowania. Konkursy, festiwale, monitoring	Warsztaty dot. oszczędzania zasobów, szerszego spojrzenia na proekologię, uprawy roślin (ogród społeczny), zdrowego trybu życia, itp.	
 Sophia Gordon Hall William Rawn Associates	15 Talbot Ave, Somerville, Massachusetts USA	2006	5 600 m2	4p 123	1. 4x    2. 6x   	Tak LEED Gold			A/V=0,32	Żelbet	C	A	LED CFL	Instalacja solarna, kolektory 133 kWh/a zap. na CWU, ogniwa, 142 000kwh/a	TAK	TAK	NIE	Przepuszczalne podłoże, zbiorniki retencyjne	TAK	TAK	Wizualizacja zużycia energii w cz. rzeczywistym, ekran w hallu wejściowym	Program Green Ambassadors	
 Stone Hall Kieran Timberlake renowacja	58 Plympton Street Cambridge Massachusetts USA	1930 2013	5 490 m2	4-5p 173	1.    2. 7x    16x  	Tak LEED Platinum			A/V=0,45	Żelbet	przed modernizacją G po modernizacji C	BD	CFL	NIE	NIE	TAK	NIE	TAK, do splukiwania wody w toalecie/ irygacji	TAK	TAK	Festiwale, konkursy	NIE	
 Poplar Hall Mahlum	1302 Northeast Campus Parkway, Seattle, Washington USA	2011	8 850 m2	8p 270	1.   2.  	Tak LEED Gold			A/V=0,45	Drewno prefabrykacja	C	B	CFL	NIE	TAK	TAK	NIE	NIE	TAK	TAK	Wizualizacja zużycia energii, indywidualne, dobrowolne zobowiązania	Organizacja sustainable living community, organizowanie konkursów, nauka oszczędzania energii, wody, prawidłowego recyklingu	
 The Tree House ADD Inc	578 Huntington Avenue, Boston USA	2012	13 526 m2	20p 493	1.    2.    3.   	Tak LEED Gold			A/V=0,31	Żelbet	C	BD	CFL	NIE	NIE	TAK	NIE	NIE	NIE	TAK	TAK	Konkursy	NIE
 Bokompakt Openstudio, Pontus Åqvist	Kåmnärstråten, Lund Szwecja	2014	250 m2	4 budynki 2p 25	1.   2.  	Nie			A/V=0,75	Drewno modułowa, prefabrykowana	B	BD	LED	Ogniwa fotowoltaiczne 11,000 kWh/a Odzysk ciepła z CWU	TAK NIE	TAK	NIE	NIE	NIE	TAK	NIE	NIE	
 HSB Living Lab Tengbom	Elektrovägen 4, Göteborg Szwecja	2016	450 m2	4p 29	1.    2.   WC 5x   	Nie			A/V=0,36	Stal modułowa, prefabrykowana	B	A	LED	Ogniwa fotowoltaiczne	TAK Sensory: CO2, temperatury na zew. i wew. Monitoring zużycia energii ciepł. i elektr. wody.	TAK	NIE	TAK irygacja	TAK	TAK	NIE	NIE	

I. INFORMACJE OGÓLNE




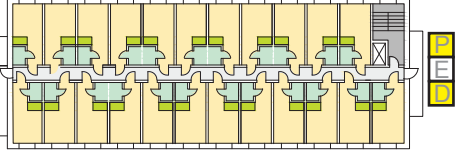









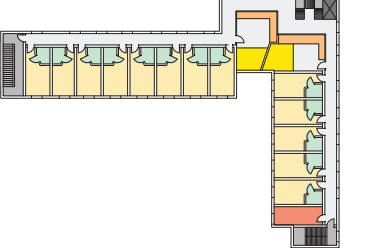

















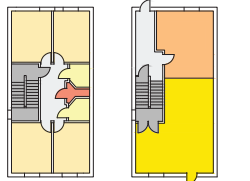





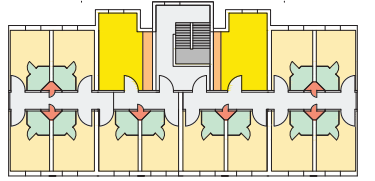











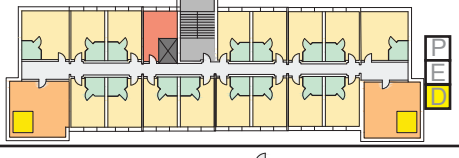





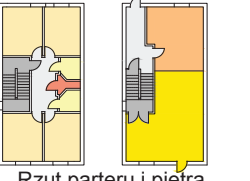
II. ARCHITEKTURA

III. ENERGIA

IV. WODA

V. ODPADY

VI. UŻYTKOWNICY

Nazwa & Architekt	Adres	Rok powstania i/lub modern.	Powierzchnia użytkowa		Typ zamieszkania	Dostępność węzłów kuchennych, sanitarnych, cz. wspólnych	Certyfikacja budynku	Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej	1. Przesłony zew. 2. Jasna kolorystyka elewacji 3. Jasna kolorystyka dachu	Orientacja budynku A/V	Wiodące materiały konstrukcyjne	Klasa energetyczna budynku	Klasa sprzętów	Typ oświetlenia	Aktywne pozyskiwanie energii	Podłiczniki, Zaawansowane technologie	Woda oszczędna armatura	Woda szara	Woda deszczowa	Miejsce na recycling w modułach	Informacje wizualne recycling	Interwencje behawioralne	Edukacja rówieśnicza		
			Liczba kondygnacji	Liczba mieszkańców																				Wielkość pokoiów/studio	
 White Architects	Dr Forselius Backe 6, Göteborg Szwecja	2015	4 500 m ²	5p	studio 24-35 m ²	1.  	Złoty Certyfikat Szwedzkiego Green Building Council			A/V=0,29	Żelbet	A	A	H	Instalacja solarna do CWU 400m ² 60 kWp	TAK Sterowanie ogrzewaniem, oświetleniem,	NIE	NIE	NIE	BD	BD	NIE	NIE		
 Brak danych	Upper Redlands Rd, Reading Anglia, WB	2012	8 700 m ²	5-6p	modułowy 14 m ²	1.   7x   2.   8x  	BREEAM Excellent			A/V=0,39	Żelbet	B	A	CFL	NIE	NIE	TAK	NIE	TAK	BD	BD	NIE	TAK		
 GWP	102 Bluebell Rd, Norwich Anglia, WB	2014	14 000 m ²	7p	modułowy 18 m ²	1.   13x   2.   15x   3.  	BREEAM Excellent			A/V=0,3	Drewno Prefabrykacja	A	A	LED	Ogniwa fotowoltaiczne 160 kWp	NIE	TAK	TAK wykorzystywana w toaletach	NIE	BD	BD	BD	BD	Konkursy, zużycie energii, wizualizacja zużycia	TAK
 GWP	Bailrigg, Lancaster LA1 Anglia, WB	2008	6 640 m ²	4p	modułowy 15 m ²	1.   12x  	BREEAM Excellent	 Rzut parteru i piętra		A/V=0,35	Drewno, prefabrykacja Żelbet	B	D/E	CFL	NIE	NIE	TAK	NIE	NIE	TAK	NIE	TAK	TAK + recycling officer uczący w jaki sposób minimalizować odpady	TAK	
 GWP	Bailrigg, Lancaster LA1 4YD Anglia, WB	2008	2 600 m ²	4p	modułowy 15 m ²	1.   6x  	BREEAM Excellent			A/V=0,3	Drewno, prefabrykacja Żelbet	B	D/E	CFL	Instalacja solarna, kolektory 16,5 m ²	NIE	TAK	NIE	NIE	TAK	NIE	TAK	TAK + recycling officer uczący w jaki sposób minimalizować odpady	TAK	
 Hawkins\ Brown	75 Hawkshead Ln, Brookmans Park, Hatfield Anglia, WB	2011	6 480 m ²	3p	modułowy 18 m ²	1.   6x  	BREEAM Excellent			A/V=0,4	Żelbet	C	A	CFL	Instalacja solarna, kolektory słoneczne	NIE	TAK	NIE	NIE	TAK	BD	NIE	NIE		
 GWP Architecture	West Yorkshire BD7 Bradford Anglia, WB	2011	16 800 m ²	7p	Korytarzowy modułowy 12 m ²	1.   6x  	BREEAM Outstanding			A/V=0,34	Drewno, Żelbet	A	A+	LED	Ogniwa fotowoltaiczne	NIE	TAK	NIE	TAK	TAK	TAK	TAK	Wizualizacja zużycia wody i energii, konkursy związane z oszczędzaniem energii, wody, recyclingiem	Ambasadorzy prowadzą warsztaty, organizują zajęcia dla mieszkańców. Studenci mają do dyspozycji ogród warzywny	
 GWP Architecture	West Yorkshire BD7 Bradford Anglia, WB	2011	8 000 m ²	4p	Korytarzowy 11 m ²	1.   12x  	BREEAM Outstanding	 Rzut parteru i piętra		A/V=0,35	Drewno, Żelbet	A	A+	LED	Ogniwa fotowoltaiczne	NIE	TAK	NIE	TAK	TAK	TAK	TAK			

3.3. Klasyfikacja na podstawie cech proekologicznych

Na podstawie analizy rozwiązań proekologicznych w sześćdziesięciu domach studenckich wyróżniono cztery grupy typologiczne:

1. Technologiczne zrównoważenie budynku
2. Optymalizacja kształtowania bryły
3. Holizm proekologiczny
4. Re-użycie istniejących budynków

1. Technologiczne zrównoważenie budynku

Domy studenckie charakteryzują się cechami wyodrębnionymi przez Williamsa i Dair (2007)¹⁴⁵. Redukuje się w nich zużycie wody i energii bez konieczności angażowania w ten proces mieszkańców budynku. Stosuje się technologie i systemy, które sterują oświetleniem, ogrzewaniem, wilgotnością powietrza. Ogranicza się w ten sposób czynnik ludzki w gospodarowaniu zasobami. Mieszkaniec budynku nie ma możliwości zostawienia włączonego światła w pomieszczeniu, w którym nie przebywa, lub włączenia ogrzewania i jednoczesnego otworzenia okna. Często systemy ogrzewania i chłodzenia są sterowane na podstawie analizy warunków zewnętrznych. Czujniki temperatury, siły wiatru, nasłonecznienia zbierają informacje i przekazują je do systemu, który na tej podstawie zwiększa lub zmniejsza moc grzewczą, uruchamia klimatyzację itp.

Zużycie energii w budynkach zrównoważonych technologicznie może być rozpatrywane w cyklu życia obiektu. To oznacza, że do sumy energii zużytej w fazie użytkowania dodaje się energię wbudowaną materiałów oraz energię potrzebną do procesu budowy i rozbiórki obiektu. Z tego względu do konstrukcji około 50% domów studenckich w grupie wykorzystano drewno (które jest materiałem odnawialnym i mniej energochłonnym niż żelbet). Konstrukcja jednego budynku powstała w 100% z materiałów z recyklingu. W 65% budynków wykorzystano prefabrykację, aby skrócić czas budowy. 25% akademików to konstrukcje modułowe, przenośne.

Istotną cechą wspólną budynków sklasyfikowanych jako zrównoważone technologicznie jest częściowe zdjęcie z mieszkańców odpowiedzialności za zużycie zasobów i przeniesienie jej na projektantów, inżynierów i systemy działające w budynku. Użytkownik obiektu często nie posiada pełnej kontroli nad środowiskiem wewnętrznym (zdalnie sterowane ogrzewanie, przesłony zewnętrzne, natężenie oświetlenia itp.)

¹⁴⁵ Williams K., Dair C. (2007) „A framework of sustainable behaviours that can be enabled through the design of neighbourhood-scale developments”. *Sustainable Development*. 15 (3), 160-173.

Obiekty w grupie „technologiczne zrównoważenie budynku” wyróżniają się przynajmniej trzema z poniższych cech:

- Stosowanie przyjaznych środowisku materiałów konstrukcyjnych.¹⁴⁶
- Stosowanie prefabrykowanej konstrukcji modułowej lub prefabrykacja większości elementów konstrukcyjnych.
- Stosowanie technologii: monitorujących zużycie energii i wody w budynku, monitorujących jakość powietrza wewnętrznego (temperaturę, wilgotność, stężenie CO₂) i dostosowujących warunki w budynku na podstawie analizy tych wartości.
- Stosowanie technologii związanych z kontrolą oświetlenia: sensory ruchu, czujniki natężenia światła, systemy dostosowania natężenia oświetlenia do tych wartości. Stosowanie podliczników umożliwiających kontrolę zużycia energii i/lub wody na poziomie modułów, pokoiów.
- Stosowanie systemów monitorujących zużycie zasobów w celu poszerzenia wiedzy i ulepszania technologii.

Z sześćdziesięciu akademików poddanych analizie, dwadzieścia trzy posiadają cechy charakterystyczne dla tej grupy, co stanowi 38% budynków. Konstrukcja 50% obiektów została wykonana głównie lub w całości z drewna. W obiektach drewnianych stosowano pełną lub częściową prefabrykację. Osiem budynków w grupie to obiekty kontenerowe (wykonane z drewna lub stali). 39% budynków posiada podliczniki umożliwiające kontrolę nad zużyciem energii i/lub wody na poziomie pokoiów lub modułów – w zależności od typu zamieszkania. W części obiektów studenci płacą rachunki za media. Czujniki temperatury, ruchu oraz systemy sterujące ogrzewaniem i oświetleniem posiada 39% budynków. Czujniki związane z jakością powietrza wewnątrz (głównie monitorujące stężenie CO₂) znajdują się w dwóch budynkach. Cztery budynki funkcjonują jako projekty badawcze – tzw. budynki laboratoria mające na celu ewaluację zastosowanych rozwiązań i/lub monitoring zużycia zasobów.

2. Optymalizacja kształtowania bryły

W domach studenckich wykorzystuje się światło i energię cieplną słońca, aby ograniczyć zapotrzebowanie na energię. Bryłę budynku projektuje się z myślą o minimalizowaniu strat ciepła przez przegrody. Jest ona zwarta (zwartość określa się za pomocą parametru

¹⁴⁶ Przez materiał przyjazny środowisku rozumie się taki, który posiada niską wartość energii wbudowanej (ang. embodied energy -EE). Wartość ta określa ilość energii wymaganej do wyprodukowania, transportu i wbudowania materiału. Przykładowe wartości: beton=12,5 MJ/kg, stal=10,5 MJ, Drewno = 2 MJ.

A/V), charakteryzuje się optymalnymi dla danej strefy klimatycznej proporcjami, kształtem rzutu i orientacją. Fasady i dach umożliwiają integrację z urządzeniami do pozyskiwania energii. Okna są zabezpieczone zewnętrznymi przesłonami w celu kontroli ilości promieniowania słonecznego, które dostaje się do budynku. Układ funkcjonalno-przestrzenny projektuje się z myślą o orientacji i lokalizacji.

Optymalizacja zużycia energii w akademikach rozpoczyna się w czasie opracowania projektu koncepcyjnego. Zgodnie z klasyfikacją Lechnera (2009)¹⁴⁷, który dzieli rozwiązania energooszczędne w budynkach na trzy poziomy (podstawowe decyzje projektowe, systemy pasywne, wyposażenie mechaniczne), budynki znajdujące się w tej grupie charakteryzują się rozwiązaniami, znajdującymi się na pierwszych dwóch poziomach. Cechą charakterystyczną tego podejścia jest wykorzystanie potencjału elementów budynku i jego otoczenia. Pozwala to ograniczyć skalę trzeciego poziomu optymalizacji – wyposażenia mechanicznego (klimatyzacja, sztuczne oświetlenie, systemy sterowania ogrzewaniem itp.). Domy studenckie tej grupy posiadają rozwiązania, które odnoszą się do fazy operacyjnej (użytkowej) obiektu. W przeciwieństwie do budynków w poprzedniej grupie, w bilansie zużycia energii nie jest brana pod uwagę faza konstrukcji i rozbiórki budynku. Podobnie jak w poprzedniej grupie, częściowo zdejmuje się odpowiedzialności za zużycie zasobów z mieszkańców budynku. Redukcja zużycia energii odbywa się w fazie projektowej. Mieszkańcy wprowadzają się do akademika, w którym zadbano o właściwą jakość powietrza (nacisk kładzie się na naturalną wentylację, ochronę przed letnim przegrzaniem, komfort termiczny zimą), odpowiednio projektując jego strukturę. Liczba systemów mechanicznych jest ograniczona, podobnie jak konieczność ich użycia. Mniejsza ilość systemów i urządzeń skutkuje redukcją zapotrzebowania na energię w budynku. Przykładem może być brak konieczności używania klimatyzacji – budynek zaprojektowano tak, aby możliwa była efektywna wentylacja naturalna, a zewnętrzne przesłony chronią przed nagrzewaniem się pomieszczeń. Dzięki temu nie ma potrzeby stosowania klimatyzatorów, które w znaczny sposób wpływają na bilans energetyczny.

Jedenaście analizowanych obiektów posiada cechy charakterystyczne dla tej grupy, co stanowi ok. 18% próby. Są to budynki o zwartej bryle ($A/V < 0,3$). 80% obiektów posiada najkorzystniejsze (pod względem zapotrzebowania na energię cieplną) kształty rzutów (kwadrat lub prostokąt o proporcji 1:3). Kształt rzutu jednego obiektu stanowi połączenie trzech kwadratów, jeden budynek posiada nieregularny rzut, wynikający ze szczegółowych analiz nasłonecznienia działki oraz integracji kolektorów słonecznych

¹⁴⁷ Lechner N. „Heating, cooling, lighting : sustainable design methods for architects”, John Wiley & Sons, Hoboken, N.J. 2009.

oraz zbiorników na CWU w bryle budynku. Trzy budynki zostały dobudowane do istniejącej tkanki miejskiej, siedem to obiekty wolnostojące. Wszystkie budynki posiadają przesłony chroniące przed słońcem oraz jasną, odbijającą światło kolorystykę dachu. Większość (82%) posiada również jasną kolorystykę elewacji, co jest istotniejsze w przypadku budynków o mniejszej izolacyjności przegród zewnętrznych. W pięciu budynkach wykorzystano kształt dachu lub właściwości południowej fasady do zintegrowania w ich bryle paneli słonecznych. W jednym budynku panele na elewacji południowej służą jednocześnie jako stałe przesłony słoneczne (Det Store Havnehus). W dwóch budynkach zabudowane galerię stanowią bufor cieplny od strony północnej. W zdecydowanej większości przypadków fasady budynków są symetryczne, co oznacza, że ilość przeszkleń na elewacjach jest stała niezależnie od stron świata. Jest to cecha zaobserwowana na poziomie całej analizowanej grupy 60 obiektów. Wiąże się to z układem funkcjonalnym – przeważnie korytarzowym lub centralnym, z pokojami znajdującymi się po dwóch stronach wydłużonego korytarza lub po obwodzie budynku. Takie kształtowanie bryły utrudnia maksymalizowanie zysków solarnych przez kształtowanie przeszkleń na elewacjach.

3. Holizm proekologiczny

W domach studenckich stosuje się w rozwiązania redukujące zużycie energii, wody i odpadów. Są to rozwiązania technologiczne oraz behawioralne (zgodnie z klasyfikacją Williamsa i Dair, którzy dzielą budynki proekologiczne na zrównoważone technologicznie i zrównoważone behawioralnie). Większość domów studenckich w tej grupie jest certyfikowana (certyfikaty LEED lub BREEAM). Ubieganie się o wielokryterialny certyfikat wymusza konieczność zaplanowania i realizacji strategii działań w zakresie redukcji zużycia energii, wody i odpadów. Są to działania w obszarze technologicznym, które mogą obejmować zarówno fazę budowy (punkty przyznaje się za zarządzanie procesem budowy, stosowanie lokalnych materiałów, redukcje odpadów budowlanych), jak i fazę użytkowania budynku. Oprócz rozwiązań technologicznych domy studenckie tej grupy posiadają również rozwiązania behawioralne – jest w nich prowadzona edukacja rówieśnicza i interwencje. Edukacja i interwencje uczą studentów, jak ograniczać zużycie energii i wody oraz w jaki sposób efektywnie segregować odpady. Wiedza jest przekazywana przez rówieśników – grupy studenckie działające na kampusie. Grupy uczą, ale też zachęcają do podejmowania działań organizując konkursy, festyny i warsztaty.

Szesnaście domów studenckich – 27% analizowanych obiektów – posiada cechy charakterystyczne dla tej grupy. 15 z nich to budynki certyfikowane – siedem

certyfikatem BREEAM i siedem LEED. Rodzaj systemu certyfikacji zależy od miejsca występowania budynków – na terenie Wielkiej Brytanii lub Stanów Zjednoczonych. Domy studenckie znajdujące się w Stanach Zjednoczonych charakteryzują się niższą klasą energetyczną (wszystkie są klasy C) niż budynki w Wielkiej Brytanii (w większości klasa A lub B). Wszystkie posiadają energooszczędne oświetlenie (CFL). W ok. 70% budynków klasa energetyczna sprzętów to min. A lub B. 37,5% posiada urządzenia do pozyskiwania OZE, głównie ze słońca. We wszystkich zamontowano wodoszczędną armaturę. W 56% budynków znajdują się systemy do recyklingu wody. Również w 56% (9 obiektach) studenci mają zapewnione miejsce do recyklingu w modułach lub wspólnych kuchniach. W dwunastu funkcjonują w różnej formie programy edukacji rówieśniczej, w dziewięciu jest to zarówno edukacja, jak i interwencje behawioralne. Same interwencje behawioralne odbywają się w jednym obiekcie.

4. Re-użycie istniejących budynków

Domy studenckie znajdujące się w tej grupie powstały pomiędzy 1960 i 1980 rokiem. Po roku 2000 poddano je modernizacji. Modernizacja w każdym przypadku miała na celu podniesienie standardu zamieszkania oraz redukcję zapotrzebowania na energię cieplną. W części budynków wprowadzono również rozwiązania związane z energią elektryczną i wodą.

Badania przeprowadzone przez amerykańską organizację pozarządową National Trust for Historic Preservation (2011)¹⁴⁸ wykazały, że w kontekście Life Cycle Assessment¹⁴⁹ wyburzenie istniejącego budynku i budowa nowego jest bardziej energochłonna niż jego modernizacja. Re-użycie analizowanych domów studenckich wpływa więc pozytywnie zarówno na ilość zużytych przez nie zasobów w trakcie użytkowania, jak i na ich ogólny bilans energetyczny. W akademikach redukuje się zużycie zasobów (energii i wody) przez podejmowanie działań naprawczych. Działania obejmują: kopertę budynku wymianę materiałów elewacyjnych, zwiększanie izolacji, wymianę okien, wymianę pokrycia dachowego oraz instalacje wewnątrz. W dwóch przypadkach modernizacja objęła także działania behawioralne – rozpoczęto programy edukacji rówieśniczej.

17% analizowanych obiektów (10 domów studenckich) posiada cechy charakterystyczne dla tej grupy. Pięć powstało w latach siedemdziesiątych, dwa w latach sześćdziesiątych, dwa w osiemdziesiątych i jeden w trzydziestych. W jednym budynku podniesiono

¹⁴⁸ National Trust for Historic Preservation (2011) „The greenest building: quantifying the environmental value of building reuse”.

¹⁴⁹ Analizy zużycia energii w cyklu życia budynku – uwzględniając energię wbudowaną, proces budowy i rozbiórkę

standard energetyczny do klasy zeroenergetycznej (dzięki odnawialnym źródłom energii obiekt produkuje tyle samo energii, ile zużywa). W dwóch budynkach osiągnięto standard pasywny. W jednym obiekcie konieczna była zmiana istniejącej funkcji – przekształcono budynek biurowy w dom studencki. W pięciu akademikach zainstalowano systemy pozyskujące energię ze słońca – kolektory słoneczne lub ogniwa fotowoltaiczne. W siedmiu zastosowano wodoszczędną armaturę, w pięciu recycling wody. Zdecydowana większość budynków znajduje się w Niemczech.

W znajdującej się poniżej Tab. 4 przedstawiono podział domów studenckich na cztery scharakteryzowane powyżej grupy.

Zagadnienia proekologiczne w domach studenckich. Aspekt architektoniczno-behawioralny

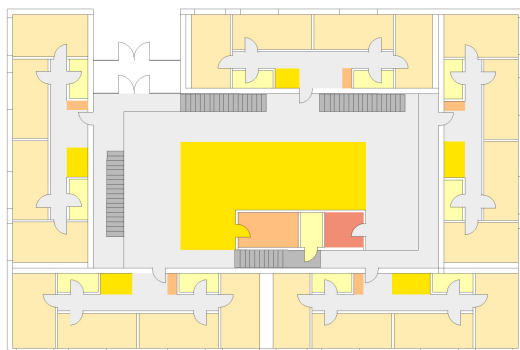
	Technologiczne zrównoważenie budynku	Optymalizacja kształtowania bryły	Holizm proekologiczny	Re-użycie budynków
1. Friedrich Schiller				
2. Gasgasse WH				
3. Green House				
4. Kandlgasse WH				
5. Matador				
6. Molkerei Str.				
7. Mosserhofgasse				
8. Popup dorms				
9. Vaartstraat 94				
10. Atrium Huset				
11. Campus Hall				
12. Det Lile Havn.				
13. Det Store Havn.				
14. Grundfos Kollegiet				
15. H2 College				
16. Urban Rigger				
17. House Ile de France				
18. Languedoc				
19. Space Box				
20. Roebuck Castle				
21. Brock Commons				
22. Am Stiefsbogen				
23. Boeselburg WH				
24. Cubity				
25. Hochschulstr.				
26. Kunterbunt Villa				
27. Munchfeld WH				
28. Neue Burse 1				
29. Neue Burse 2				
30. Neuenheimer Feld				
31. O2, Freimann				
32. Ostersiepen				
33. Projekt 42!				
34. Siegmundshof 13				
35. Trier				
36. Velea str.				
37. Gronneviskoren				
38. Palisaden				
39. Sorhauggata				
40. Teknobyen				
41. Akron Street				
42. Bastyr SV				
43. Cedar Hall				
44. Cornell Tech				
45. Ernie Davis Hall				
46. Mc Lean Envir.				
47. Sophia Gordon				
48. Stone Hall				
49. Poplar Hall				
50. The Tree House				
51. Bokompakt				
52. HSB Living Lab				
53. Nalskaran				
54. Childshall				
55. Crome Court				
56. Eco Residence TH				
57. Eco Residence CF				
58. Student Village				
59. The Green Ap.				
60. The Green RH				

Tab. 4 Podział domów studenckich na cztery grupy typologiczne. Opracowanie: Mokrzecka M.

3.4. Ogólna charakterystyka wybranych reprezentantów grup

1. Technologiczne zrównoważenie budynku

PopUp dorms (8) to dom studencki znajdujący się w Wiedniu, w Austrii. Jest to budynek modułowy – składa się z dziesięciu drewnianych, prefabrykowanych kontenerów. Każdy z nich może funkcjonować niezależnie – posiada pełną izolację termiczną i stanowi całość w sensie układu funkcjonalnego. Ideą powstania zespołu PopUp było opracowanie technologii budowy obiektów tymczasowych, które jednocześnie spełniają normy prawne (m.in. dotyczące zapotrzebowania na energię) budynków standardowych. Firma OEAD – inwestor, posiadający kilkanaście domów studenckich w Wiedniu otrzymała działkę budowlaną w nowobudowanej dzielnicy miasta Seestadt Aspern. Ze względów finansowych zdecydowała się na budowę mniejszego obiektu, nie wykluczając budowy większego w przyszłości¹⁵⁰. W związku z proekologicznym profilem firmy oraz nowo budowanej dzielnicy opracowano rozwiązanie, które umożliwi energooszczędne użytkowanie obiektu (budynek pasywny) oraz w przypadku zmiany planów dot. działki pozwala na demontaż kontenerów i ich ponowny montaż w innym miejscu. Zastosowanie drewna w konstrukcji kontenerów dodatkowo zmniejsza ich ślad ekologiczny.



Rys. 12 Dom studencki PopUp. Fot. Mokrzecka.M



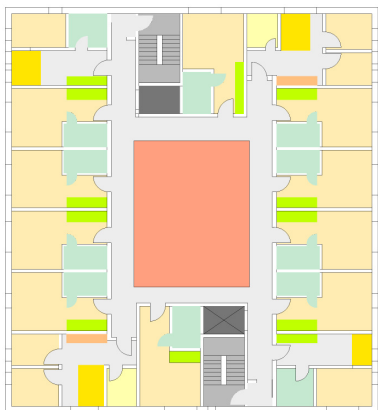
Rys. 13 Schemat rzutu parteru domu studenckiego PopUP. Opracowanie: Mokrzecka M.

W akademiku znajdują się 32 pokoje jednoosobowe, zgrupowane w czteroosobowe moduły. Każdy moduł jest wyposażony w dwie łazienki oraz kuchnię z małą jadalnią. Kontenery ustawiono po obwodzie budynku (Rys. 12), zostawiając między nimi wolne miejsce – zadaszone atrium stanowiące strefę wspólną. Doświetlono je za pomocą dachowych świetlików. Na środku przestrzeni wspólnej umieszczono kontener transportowy, w którym zaprojektowano małą kuchnię, łazienkę oraz pralnię. Kontener służy jako zaplecze wydarzeń organizowanych w atrium. Budynek został zbudowany

¹⁵⁰ Informacje dzięki uprzejmości OEAD Vienna

w standardzie pasywnym, co oznacza, że potrzebuje minimalną ilość energii do ogrzewania, podgrzewania wody i wentylacji. Zastosowano w nim system, który na podstawie danych takich jak: temperatura zewnętrzna, nasłonecznienie, siła wiatru steruje temperaturą wewnątrz. System steruje np. otwieraniem okien w budynku czy ustawianiem zewnętrznych przesłon okiennych.

Grundfos Kollegiet (14) to dom studencki znajdujący się w nowo powstałej, po portowej dzielnicy duńskiego miasta Aarhus. Budynek powstał w efekcie partnerstwa między prywatnym inwestorem i firmą Grundfos, która produkuje systemy pompowe. Celem budowy domu studenckiego w formie „żywego laboratorium” była chęć testowania i ewaluacji sprzętu firmy Grundfos. Firma otrzymała unikatową możliwość pełnej kontroli zachowań systemów i sprzętów swojej produkcji w trakcie użytkowania. Ponadto, dzięki współpracy z Uniwersytetem w Aarhus i instytutem technologicznym Alexandra w budynku wprowadzono pięcioletni program ewaluacji wybranych aspektów energooszczędności obiektu. 1800 sensorów (12 w każdym pokoju akademika) w czasie rzeczywistym mierzy: temperaturę, stężenie dwutlenku węgla i wilgotność powietrza, zużycie energii elektrycznej, parametry ciepłej wody użytkowej.



Rys. 14 Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej domu studenckiego Grundfos. Opracowanie: Mokrzecka M.



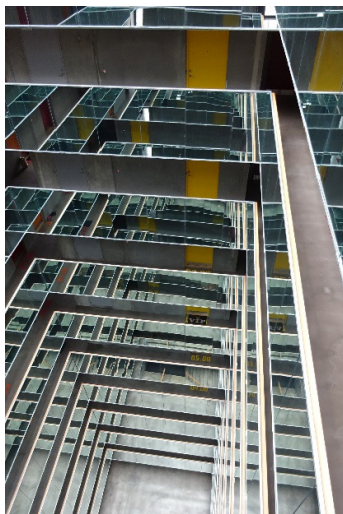
Rys. 15 Widok z zewnątrz na Grundfos Kollegiet. Fot. Mokrzecka M.

Zbieranie i analiza danych ma na celu optymalizację działania systemów w budynku. Ponadto, badania umożliwią wskazanie powodów różnic między projektowym a faktycznym zużyciem energii w domu studenckim. Odpowiedzą również na pytanie o wpływ mieszkańców na zużycie energii i wody w domu studenckim. Mieszkańcy Grundfos Kollegiet są informowani o obecności sensorów w pokojach, płacą również rachunki za zużycie energii i wody. Dom studencki posiada zaawansowane systemy sterujące i monitorujące zużycie energii, ale nie posiada żadnych systemów redukujących zużycie wody – z wyjątkiem zużycia ciepłej wody użytkowej. Recycling w obiekcie jest utrudniony ze względu na obecność zsypów (bez podziału na rodzaj

odpadów). Grundfos Kollegiet jest budynkiem punktowym, z wewnętrznym atrium doświetlonym przez szklany dach. Balustrady każdego z pięter wykonano w formie lustrzanych paneli. Odbicie światła dziennego w lustrach zapewnia doświetlenie niższych kondygnacji atrium. Mimo tych zabiegów, ze względu na wysokość budynku (12 pięter) strefa wejściowa na parterze oraz niższe piętra wymagają stałego, sztucznego oświetlenia. Pokoje są jednoosobowe – w formie studio z aneksem kuchennym i łazienką lub zgrupowane w dwu- lub trzy-osobowe moduły mieszkalne. Na ostatniej kondygnacji znajduje się pomieszczenie wspólne wyposażone w stoły, kanapy, aneks kuchenny i toalety. Na parterze znajduje się niewielki pokój do nauki.



Rys. 16 Pokój w akademiku Grundfos. Fot. Mokrzecka M.

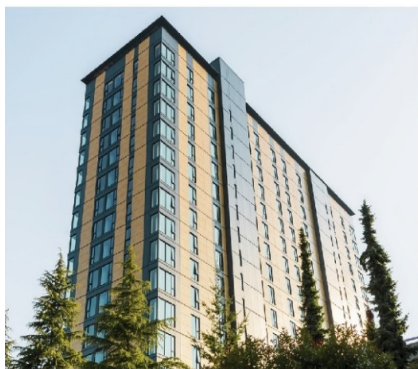


Rys. 17 Atrium w Grundfos Kollegiet. Fot. Mokrzecka M.

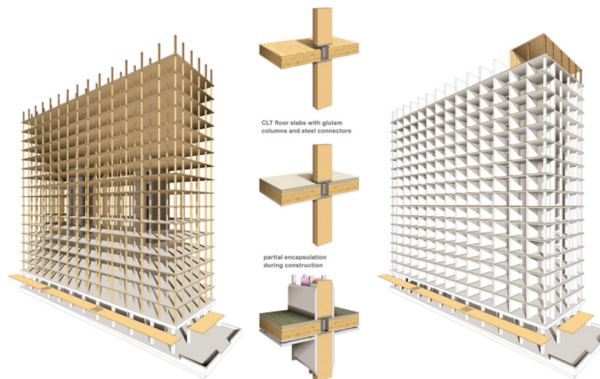


Rys. 18 Szacht instalacyjny w akademiku. Fot. Mokrzecka M.

Brock Commons (21) to osiemnastopiętrowy akademik i najwyższa (54 m) współczesna masywna drewnianą konstrukcją na świecie. Powstał na zlecenie Uniwersytetu Kolumbii Brytyjskiej (University of British Columbia) w Vancouver. Konstrukcja budynku to hybryda, w której fundament, parter wraz ze stropem i pionowe komunikacyjne powstały w konstrukcji żelbetowej. Kolejne piętra składają się ze stropów z płyt CLT, opartych na słupach z klejonego drewna laminowanego. Między nimi zastosowano stalowe połączenia. Dach wykonano w konstrukcji stalowej. Fasadę stanowią prefabrykowane panele ze stalową ramą i drewnianym wykończeniem. – Wszystkie elementy budynku powstały w hali produkcyjnej. Dom studencki powstał dzięki wsparciu finansowemu organizacji Natural Resources Canada (Naturalne zasoby Kanady) i Tall Wood Building Demonstration Initiative (Inicjatywa na rzecz demonstracji wysokich budynków drewnianych), mających na celu popularyzację drewna jako materiału budowlanego w średnio wysokich i wysokich budynkach. W procesie projektowania i budowy duży nacisk położono na wirtualne modelowanie konstrukcji

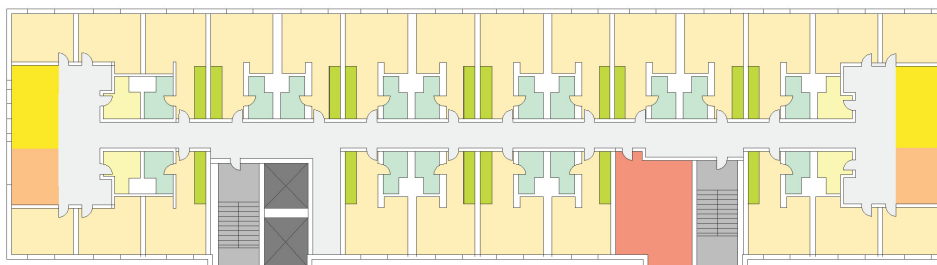


Rys. 19 Brock commons. Widok z zewnątrz. Źródło internetowe: <http://vancouver.housing.ubc.ca/wp-content/uploads/2017/02/Brock-Commons.pdf>, dostęp: 31.08.2018



Rys. 20: Schemat konstrukcyjny i rodzaje połączeń konstrukcyjnych w akademiku Brock Commons. Źródło internetowe: <http://vancouver.housing.ubc.ca/wp-content/uploads/2017/02/Brock-Commons.pdf>, dostęp: 31.08.2018

budynku (ang. VDC – virtual design and construction). VDC umożliwiło bardzo wysoką precyzję wykonania elementów prefabrykowanych oraz ułatwiło koordynację prac.



Rys. 21 Schemat kondygnacji powtarzalnej domu studenckiego Brock Commons. Opracowanie: Mokrzecka M.

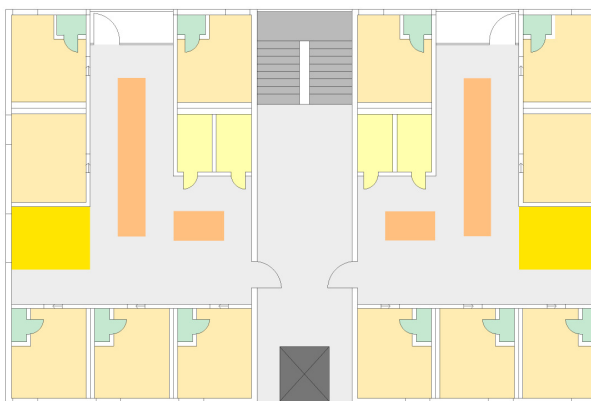
Wszystkie podmioty biorące udział w projekcie zostały w niego zaangażowane na etapie wczesnej koncepcji (architekci, projektanci konstrukcji, wykonawca, producent elementów drewnianych, producent elementów żelbetowych itp.), co usprawniło proces i pozwoliło na zastosowanie szytych na miarę rozwiązań. W trakcie procesu projektowego oprócz modelowania 3d tworzono mock-upy fragmentów budynku. Konstrukcja budynku trwała 18 miesięcy. Pierwsza faza, w której wykonano żelbetowe części budynku, zajęła 7 miesięcy. W tym czasie produkowano również elementy drewniane. Średnia prędkość wykonania jednego piętra wraz z montażem paneli fasadowych wyniosła 2 tygodnie, montaż całości konstrukcji drewnianej wraz z fasadą zajął ok. 8,5 miesiąca. Budynek ukończono w 2017 roku. Zgodnie z wymogami uniwersytetu Kolumbii brytyjskiej spełnia wymogi certyfikatu LEED na poziomie Silver/Gold (oficjalny proces certyfikacji nie został jeszcze ukończony). W budynku zastosowano energooszczędne rozwiązania, m.in. sterowanie temperaturą w zależności od warunków zewnętrznych. W akademiku znajduje się 400 pokoiów

jednoosobowych. Zdecydowana większość to studia – pokoje z prywatnym aneksem kuchennym i łazienką. Część pokoi jest zgrupowanych w modułach, gdzie na kuchni przypadają cztery osoby, a na łazienkę dwie. Na piętrach brakuje przestrzeni wspólnych. Ogólnodostępne przestrzenie wspólne znajdują się wyłącznie na parterze.

HSB Living Lab (52) jest efektem projektu badawczego prowadzonego przez Chalmers University, of Technology, park nauki Johanneberg, HSB (Swedish Housing association), Climate KIC Suslab i biuro architektoniczne Tengbom. Ideą powstania akademika była chęć testowania w rzeczywistych warunkach innowacyjnych rozwiązań mieszkaniowych i proekologicznych. W czasie wczesnej fazy koncepcyjnej interdyscyplinarna grupa badawcza wyłoniła cechy, właściwości, które akademik miał spełniać. Były one związane z budynkiem i systemami wewnątrz, np. „zasilany energią słoneczną”, „niski ślad ekologiczny”, „niewielka powierzchnia zabudowy”, ale też z atmosferą czy jakością przestrzeni, jaką budynek ma oferować – „społeczny”, „otwarty”, „elastyczny”.



Rys. 22 HSB Living Lab. Widok z zewnątrz. Źródło internetowe: <https://etablera.johannebergsciencepark.com/nyheter/har-kan-vi-vara-en-del-av-ett-hogre-syfte/>, dostęp: 31.08.2018



Rys. 23 Schemat kondygnacji powtarzalnej. Opracowanie: Mokrzecka M.

W trakcie procesu projektowego analizowano wcześniejsze „żywe laboratoria”, m.in. międzynarodową stację kosmiczną (ISS). Wiele zagadnień związanych z elastycznością i modułowością konstrukcji pojawiło się również przy projektowaniu akademika HSB (Elfstrand, Morrison et al. 2017)¹⁵¹. Budynek powstał w 2016 roku. Jest złożony z 44 prefabrykowanych jednostek, jego całkowita powierzchnia wynosi 1720 m². Znajduje się w nim 29 pokoi o zbliżonej (niewielkiej) powierzchni. Każde piętro ma inny układ, który może być dowolnie konfigurowany i zmieniany w razie pojawiania się nowych potrzeb. Jedną z idei kształtowania planów budynku było minimalizowanie przestrzeni prywatnych i maksymalizowanie wspólnych, dziennych. Jest to związane z chęcią

¹⁵¹ Elfstrand P., Morrison G.M., et al. „The Storyline for the Design Process that Shaped the HSB Living Lab”, Springer International Publishing, Cham 2017, 113-129.

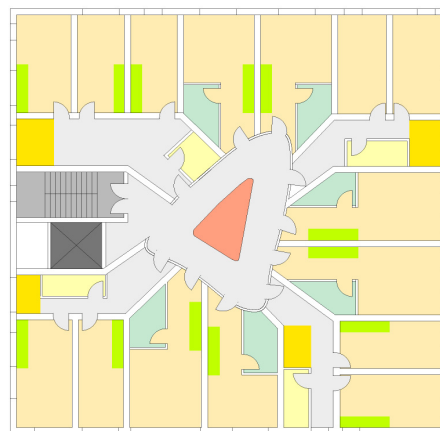
obserwacji zachowań studentów jako społeczności, ale ma również przesłanki ekologiczne i ekonomiczne – jedna wspólna kuchnia zamiast kilku prywatnych oznacza mniejszą liczbę wyposażenia, a także mniejszą ilość zużywanych zasobów (wody i energii). „Żywe laboratorium” działające w budynku oznacza obecność kilkuset sensorów i czujników mierzących zużycie energii i wody, temperaturę czy wilgotność powietrza. Sensory dostarczają również informacji o zachowaniach studentów – np. ile czasu jest otwarta lodówka, czy światło jest zapalone w kuchni tylko wtedy, kiedy ktoś się w niej znajduje, przy jakiej temperaturze studenci włączają ogrzewanie lub czy je wyłączają otwierając okna. Oprócz sensorów w budynku zastosowano różne rodzaje materiałów – ściany zewnętrzne częściowo składają się z paneli, które można wymieniać. Umożliwia to np. testowanie w naturalnych warunkach i określonym czasie nowoczesnych materiałów izolacyjnych.

2. Optymalizacja kształtowania bryły

Moserhofgasse (7) to akademik znajdujący się w austriackim mieście Graz. Charakteryzuje się zwartą bryłą ($A/V= 0,26 \text{ 1/m}$) i prostym kształtem. Rzut akademika jest w kształcie kwadratu odchylnego o 45° od osi Północ-Południe. Na południowej elewacji zamontowano zewnętrzne przesłony okienne. Są one regulowane indywidualnie, przez studentów (brak systemów sterujących). Fasada budynku jest biała, dach pokryty ogniwami fotowoltaicznymi i zielenią. Orientacja budynku zapewnia optymalny bilans zysków i strat solarnych. Przegrody zewnętrzne posiadają bardzo niski współczynnik przenikalności cieplnej – akademik powstał w standardzie budynku pasywnego¹⁵².



Rys. 24 Moserhofgasse. Widok z zewnątrz. Źródło: fotografia dzięki uprzejmości OEAD Vienna



Rys. 25 Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej. Opracowanie: Mokrzecka M.

niwa foto

wspomagające podgrzewanie ciepłej wody użytkowej. Elewacja wschodnia i zachodnia

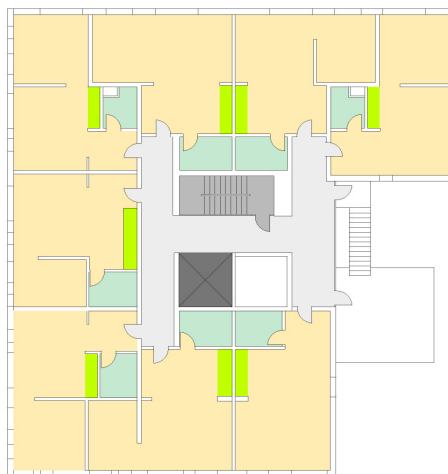
¹⁵² Przykładowe wartości – ściany, $U=0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$, dach $U=0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$.

są identyczne pod względem ilości przeszkleń. Elewacja południowa posiada ich nieznacznie więcej, a północna nieznacznie mniej. Od strony północnej budynku zlokalizowano wejście, klatkę schodową oraz windę. Mosserhofgasse jest budynkiem punktowym z centralnym atrium zwieńczonym niewielkim świetlikiem dachowym. Większość pokoi w akademiku jest zgrupowanych w dwu- lub trzyosobowe moduły mieszkalne. Mieszkańcy modułów dzielą łazienkę i jadalnię, aneks kuchenny jest do ich prywatnego użytku.

Det Store Havnehus (13) to akademik sąsiadujący z opisywanym wcześniej Grundfos Kollegiet. Powstał w podobnym czasie jak Grundfos, jednak nie posiada zaawansowanych technologii monitorujących zużycie energii i wody. W akademiku nacisk położono na wykorzystanie energii odnawialnej oraz ograniczanie strat ciepła. Budynek charakteryzuje się zwartą bryłą, rzut jest w kształcie kwadratu odchylnego o 45° od osi Północ-Południe. Przeszklenia są rozmieszczone symetrycznie na wszystkich elewacjach. Elewacja południowa jest najsilniej wyeksponowana, znajduje się od strony morza. Wykorzystano ją do zamontowania instalacji solarnej – ogniwo fotowoltaicznych.



Rys. 26 Det Store Havnehus. Widok z zewnątrz. Fot. Mokrzecka M.



Rys. 27 Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej. Opracowanie: Mokrzecka M.

Oprócz produkcji prądu stanowią również stałe przesłony chroniące przed słońcem. Na dachu znajdują się kolektory słoneczne. W budynku nie zamontowano systemów do magazynowania energii, co oznacza, że jest ona zużywana na bieżąco lub sprzedawana do sieci energetycznej. Energia produkowana przez ogniwa jest przeznaczana głównie do oświetlenia części wspólnych. Kolektory słoneczne pokrywają około 70% zapotrzebowania energii potrzebnej na podgrzanie ciepłej wody użytkowej. W budynku znajdują się wyłącznie pokoje typu studio – z prywatną łazienką i aneksem kuchennym. Większość jest jednoosobowa, jednak na każdym piętrze dwa studia są większe,

dwuosobowe – przeznaczone dla par. Det store Havnehus jest budynkiem punktowym z centralnie położonym pionem komunikacyjnym i pokojami usytuowanymi po całym obwodzie budynku. Przestrzeń wspólna – duża sala spotkań wyposażona w kanapy, stoły i aneks kuchenny oraz pokój do nauki znajduje się na parterze budynku. Dodatkowo studenci mogą korzystać z dużych wspólnych balkonów, wyposażonych w ławki do siedzenia oraz grille.

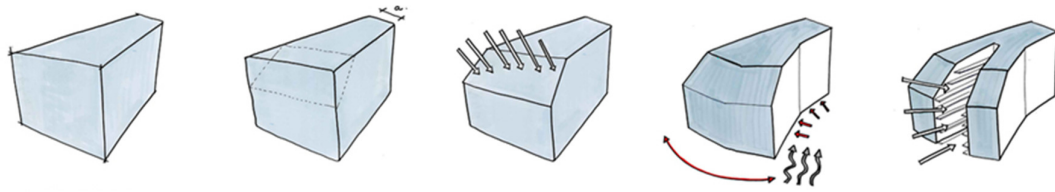


Rys. 28 Det Store Havnehus. Widok z zewnątrz. Fot. Mokrzecka M.



Rys. 29 Det Store Havnehus. Kosze do recyklingu i kolektory na dachu. Fot. Mokrzecka M.

House de Ile de France (17) zaprojektowano wykorzystując pasywne strategie projektowe. Punktem wyjścia w projekcie była kompaktowa, prosta bryła, którą architekci ukształtowali tak, aby zwiększyć powierzchnię południowej fasady. Następnie bryła została rozcięta, aby do wnętrza budynku wprowadzić światło dzienne oraz stworzyć miejsce dla zbiorników na wodę, znajdujących się na zewnątrz budynku. Proces projektowy przedstawiono na rysunku poniżej. Budynek ma jasne fasady. Wyjątkiem jest elewacja południowa, która w całości jest zabudowana kolektorami słonecznymi. Podgrzewają one wodę w dwóch 70 000-litrowych zbiornikach, które znajdują się bezpośrednio za kolektorami. Zbiorniki pokrywają 80% zapotrzebowania na ciepłą wodę użytkową w budynku oraz stanowią rezerwuuar ciepła. Na fasadzie i dachu akademika zamontowano około 560 m² ogniw fotowoltaicznych i 260 m² próżniowych paneli słonecznych. Proporcja A/V wynosi 0,38 1/m. Średnia wartość współczynnika przenikania ciepła U dla przegród wynosi 0,34 W/m²K. Forma zamieszkania w House de Ile de France to studio z prywatnym aneksem kuchennym i łazienką.



Rys. 30 Konceptyjny schemat powstawania bryły budynku Hause de Il de France. Źródło internetowe: <https://www.bloglovin.com/blogs/arch-daily-375859/house-ile-de-france-anma-6149799417>, dostęp: 31.08.2018



Rys. 31 Hause de Ile de France. Widok z zewnątrz. Źródło internetowe: <https://stormranger.net/00/28/maison-universitaire-internationale-strasbourg/maison-de-lile-de-france-anma/>, dostęp: 31.09.2018



Rys. 32 Hause de Ile de France. Widok z zewnątrz. Źródło internetowe: <https://www.construction21.org/case-studies/fr/house-of-ile-de-france.html>, dostęp: 31.09.2018



Rys. 33 Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej. Opracowanie: Mokrzecka M.

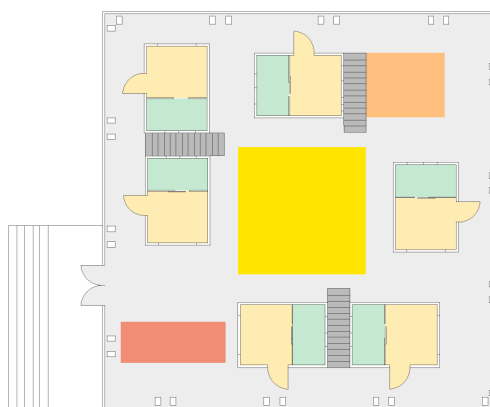
Pokoje są umiejscowione wzdłuż dłuższych fasad budynku (północny wschód i północny zachód). Od strony północnej znajduje się wspólna kuchnia, dostępna dla wszystkich mieszkańców piętra. Od strony południowej zbiorniki na wodę wraz ze ścianą z ogniw stanowią bufor akustyczny oddzielający budynek od ruchliwej ulicy. Dodatkowe przestrzenie wspólne znajdują się na parterze – pokój wspólny z aneksem kuchennym oraz pokój do nauki.

Cubity (24) to niemiecki dom studencki, który powstał na bazie projektu zaprojektowanego i zbudowanego przez studentów podczas konkursu Solar Decathlon. Jest to konkurs organizowany przez rząd amerykański. Dziesięć wybranych wcześniej

(na podstawie zgłoszonych projektów) drużyn ma za zadanie zbudować w skali 1:1 dom zasilany wyłącznie energią słoneczną. W 2014 studenci z uniwersytetu w Darmstadt zgłosili się do konkursu z projektem Cubity. Akademię już w formie stałego mieszkania dla studentów powstał w 2017 roku i wszedł w skład zasobów Studentenwerk Frankfurt (Main). Nazwa Cubity pochodzi od słów Cube, City i Community (z ang. kostka, miasto i społeczność). Autorzy – studenci pod opieką dwóch profesorów z Uniwersytetu w Darmstadt – nazwali projekt „współczesną cebulą”. Wewnętrzne warstwy owej „cebuli” to wykonane z drewna i izolowane termicznie prostopadłości o wielkości 7,2 m². W nich znajdują się pokoje studentów oraz prywatne łazienki.

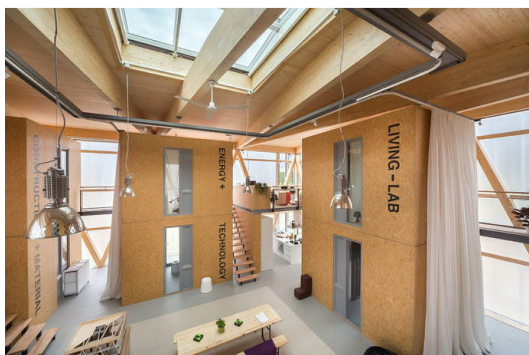


Rys. 34 Cubity. Widok z zewnątrz. Źródło internetowe: <https://inspiration.detail.de/journal-student-residence-in-frankfurt-113723.html?lang=en>, dostęp: 30.08.2018



Rys. 35 Schemat rzutu. Opracowanie: Mokrzecka M.

W budynku znajduje się 12 prostopadłościanów ustawionych w jednopiętrowe struktury. Zasilana przez ogniwa fotowoltaiczne pompa ciepła ogrzewa je w zimie oraz chłodzi w lecie. Jednostki mieszkalne zaprojektowano tak, by otaczały wspólny dziedziniec – miejsce spotkań. Pod dziedzińcem znajduje się ogrzewanie/chłodzenie podłogowe, również zasilane przez pompę ciepła. Jest to strefa „pośrednia” wydzielona termicznie przez ogrzewane kostki i specjalne zasłony, które studenci mogą indywidualnie regulować. Zasłony są potrzebne zarówno w lecie, jak i w zimie – oddzielają strefę „pośrednią” od zewnętrznej przylegającej do osłony budynku. Osłona budynku – „cebuli” została wykonana z poliwęglanu pokrywającego drewnianą, szkieletową konstrukcję. Budynek znajduje się na podwyższonej platformie o wymiarach 16x16 m. Pod platformą znajdują się zbiorniki na ciepłą wodę użytkową. Poliwęglan zapewnia ochronę przed deszczem, wiatrem i słońcem, ale jednocześnie pozwala na doświetlenie wnętrza akademika. Zasłony wokół części wspólnych ograniczają straty ciepła w zimie (przy działającym ogrzewaniu podłogowym), a w lecie ograniczają napływanie ciepła przy działającym chłodzeniu.



Rys. 36 Cubity. Wnętrze – widok na wspólną jadalnię. Źródło internetowe: <https://inspiration.detail.de/journal-student-residence-in-frankfurt-113723.html?lang=en>, dostęp: 30.08.2018



Rys. 37 Cubity. Wnętrze – widok na wspólną kuchnię. Źródło internetowe: <http://tileisle.net/kchen-darmstadt.html>, dostęp: 30.08.2018

Projekt wykorzystuje strategie pasywne np. przy naturalnej wentylacji. Otwieralny świetlik dachowy i okna w górnych częściach elewacji usprawniają wymianę powietrza w obiekcie. Ponadto, montaż wiatraka pod świetlikiem dodatkowo nasila ruch powietrza co sprzyja efektywnemu przewietrzaniu. Budynek posiada kompaktową, prostą formę zaprojektowaną na rzucie kwadratu. Dzięki termicznemu strefowaniu, zastosowaniu bufora cieplnego w postaci przestrzeni pomiędzy zewnętrzną częścią budynku, a izolowanymi modułami mieszkalnymi próbowano ograniczyć zużycie energii na ogrzewanie. W Cubity, podobnie jak w HSB living Lab przestrzeń zaprojektowano tak, aby zachęcała do wspólnego spędzania czasu. Małe przestrzenie prywatne w założeniu architektów mają służyć wyłącznie jako sypialnie. W ciągu dnia studenci spędzają czas we wspólnych kuchniach, jadalniach, pralniach i pomieszczeniach do nauki.

3. Holizm proekologiczny

McLean Environmental Living and learning center (46) to dom studencki Northland College w amerykańskim Stanie Wisconsin. Projekt akademika powstał pod koniec lat dziewięćdziesiątych. W prace projektowe zaangażowano interdyscyplinarny zespół złożony z architektów, branżystów, naukowców i studentów. Władze uczelni zdecydowały, że dom studencki – oprócz podstawowej funkcji będzie pełnił także rolę szkoły kształtującej prośrodowiskowe zachowania. W procesie projektowym, zespół studentów wytyczył cele, które miał spełnić budynek. Wyszczególniono ich czterdzieści – związanych z energią, wodą, terenem wokół, jakością powietrza wewnątrz, materiałami i odpadami. W procesie projektowania i budowy zadaniem grupy studenckiej było lobbowanie rozwiązań, które zostały przez nich zaproponowane przed władzami uczelni, sponsorami oraz innymi członkami projektu. W budynku zastosowano urządzenia do pozyskiwania energii – kolektory i ogniwa fotowoltaiczne różnego typu

oraz turbinę wiatrową. Studenci w ramach zajęć na wydziale nauk o środowisku badają efektywność, zalety i wady tych rozwiązań



Rys. 39 Mc Lean Environmental Living and learning center. Widok z zewnątrz. Źródło internetowe: <http://www.develop.csbr.umn.edu/msdg/MSDG/case/northland/northland.html>, dostęp: 31.08.2018



Rys. 38 Mc Lean Environmental Living and learning center. Widok z zewnątrz. Źródło internetowe: <http://greatlakesecho.org/wp-content/uploads/2010/08/>, dostęp: 31.08.2018

Dzięki systemowi monitoringu mają możliwość analizowania ich pracy w trybie ciągłym. Akademię jest energooszczędny – posiada podwyższoną izolacyjność przegród zewnętrznych, oświetlenie typu CFL, sprzęt elektryczny klasy A. Spełnia wymogi certyfikatu LEED Bronze, ale nie został formalnie certyfikowany. Część materiałów budowlanych oraz elementów wyposażenia wzięto z odzysku. W łazienkach i kuchniach



Rys. 40 Mc Lean Environmental Living and learning center. Schemat rzutu wybranej kondygnacji. Opracowanie: Mokrzecka M.

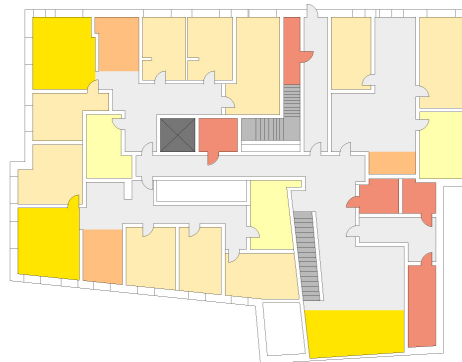
które nie wymagają używania wody. Znaczną część mieszkańców akademika stanowią studenci wydziału nauk o środowisku. Mają możliwość uczestniczenia w kursie (który jest wybieralnym przedmiotem w cyklu ich studiów), podczas którego otrzymują zadania do wykonania i wdrożenia w codziennym życiu. Poruszane są aspekty związane z redukcją użycia energii i wody, prawidłową segregacją śmieci itp. Studenci uczą się,

w jaki sposób monitorować zużycie energii w budynku, jak uprawiać warzywa i owoce (korzystając z przylegającego do budynku ogrodu), a także jak zachęcać innych studentów do prośrodowiskowego trybu życia. W akademiku znajdują się moduły mieszkalne oraz studia. Moduły są dwuosobowe lub trzyosobowe wyposażone w jedną łazienkę. Kuchnie są w większości ogólnodostępne i połączone z dużymi jadalniami.

Sophia Gordon Hall (47) to dom studencki znajdujący się na kampusie uczelni Tufts w Stanach Zjednoczonych.



Rys. 41 Sophia Gordon Hall. Widok z zewnątrz. Źródło internetowe: <https://sustainability.tufts.edu/sustainability-at-tufts/institutional-environmental-initiatives/leed-certified-buildings/green-buildings-leed/sophia-gordon-hall/>, dostęp: 31.08.2018



Rys. 42 Sophia Gordon Hall. Schemat rzutu wybranej kondygnacji. Opracowanie: Mokrzecka M.

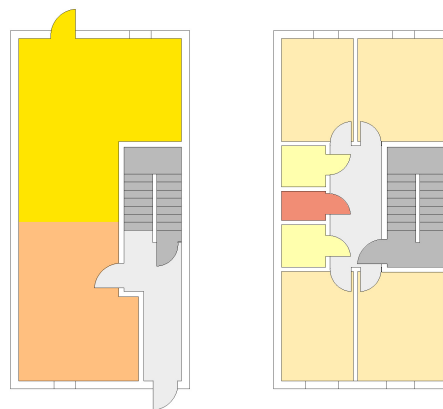
Budynek powstał w 2007 roku. Spełnia wymagania certyfikatu LEED Gold, co oznacza, że zdobył określoną liczbę punktów w kategoriach: zrównoważona lokalizacja inwestycji, efektywność gospodarki wodnej, wykorzystanie energii i atmosfery, wykorzystanie materiałów i zasobów, jakość środowiska wewnętrznego. W budynku zastosowano technologie redukujące zużycie zasobów. 40% ciepłej wody użytkowej zapewniają kolektory słoneczne. 30% zapotrzebowania na prąd generują ogniwa fotowoltaiczne zamontowane na dachu budynku. W akademiku zastosowano czujniki ruchu i sterowanie oświetleniem, co ogranicza zużycie energii elektrycznej. Spohia Gordon Hall posiada również systemy redukujące zużycie wody. Wewnątrz obiektu zastosowano wodoszczędną armaturę, na zewnątrz podziemne cysterny zbierające wodę deszczową, która jest wykorzystywana w nawadnianiu roślin. Zużycie wody jest o 30% niższe niż w standardowym budynku o tej samej funkcji, liczbie mieszkańców i powierzchni (budynek referencyjnym). 15% materiałów użytych w akademiku (konstrukcyjnych i wykończeniowych) to materiały pozyskane z recyklingu. 85% odpadów powstałych w trakcie budowy zostało przekazanych do ponownego użycia w trakcie innych budów. Uniwersytet w Tufts posiada długą tradycję związaną z ochroną środowiska i edukacją proekologiczną. Jako jeden z pierwszych w kraju

wprowadził do domów studenckich Zielonych Ambasadorów (*ang. Green Ambassadors*). Jest to organizacja studencka, która prowadzi edukację rówieśniczą na kampusie oraz organizuje wydarzenia przybliżające studentom tematykę pro-ekologii. Zieloni ambasadorzy regularnie się spotykają, ustalają harmonogram działań, uczą się o zmianach klimatu i o możliwościach przeciwdziałania im w codziennym życiu. Następnie tę wiedzę przekazują mieszkańcom podczas warsztatów, spotkań czy dyskusji. Ambasadorzy organizują również konkursy. W akademiku działa monitoring zużycia wody i energii. Dane dla całego obiektu są wyświetlane w czasie rzeczywistym na ekranach w hallu wejściowym. Takie ekrany znajdują się również w innych domach studenckich na kampusie, co umożliwi organizowanie konkursów, w których akademiki rywalizują o to, który zużyje najmniej energii i wody. Pokoje w akademiku są zgrupowane w czteroosobowe i sześćosobowe moduły. W module znajduje się jedna łazienka, kuchnia i część wspólna – salon z jadalnią. Cały parter budynku zajmują części wspólne – sala wielofunkcyjna, która może służyć jako kinowa i teatralna (na terenie kampusu działa koło teatralne), sala do nauki, siłownia i kawiarnia.

Eco residence (56,57) to zespół domów studenckich znajdujący się w Lancaster w Anglii. Jest to pierwowzór osiedla The Green, zaprojektowany przez to samo biuro architektoniczne - GWP. Zespół składa się z 9 budynków – siedmiu „szeregowych” i dwóch „apartamentowych”. Budynki szeregowe mają układ modułowy, parter stanowią części wspólne, na piętrze znajdują się pokoje. W budynkach apartamentowych również zastosowano układ modułowy.



Rys. 43 Eco Residence Town Houses. Widok z zewnątrz. Fot. dzięki uprzejmości Lancaster University



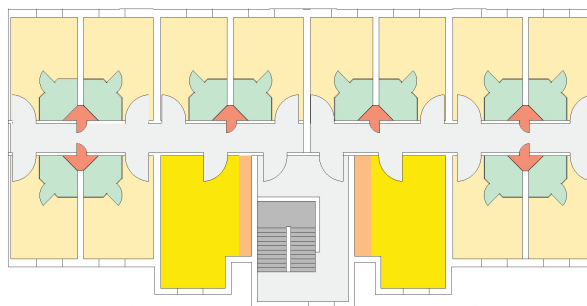
Rys. 44 Eco Residence Town Houses. Schemat rzutu parteru i kondygnacji powtarzalnej. Opracowanie Mokrzecka M.

Piętra dzielą się na dwa sześćosobowe moduły. Pokoje są wyposażone w prywatne łazienki, kuchnie i jadalnie są ogólnodostępne. Osiedle spełnia wymagania certyfikatu BREEAM na poziomie excellent. Budynki charakteryzują się: wysoką izolacyjnością przegród, wykonaniem części elementów konstrukcyjnych i wykończeniowych z drewna,

energooszczędnymi sprzętami oraz oświetleniem. Na dachach zamontowano niewielką ilość kolektorów słonecznych. W łazienkach i kuchniach zastosowano wodoszczędną armaturę. W budynku funkcjonuje system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła. Zużycie wody oraz energii jest monitorowane. Studenci mają możliwość sprawdzania zużycia na bieżąco dzięki internetowej platformie.



Rys. 45 Eco Residence Cluster Houses. Widok z zewnątrz. Fot. dzięki uprzejmości Lancaster University



Rys. 46 Eco Residence Cluster Houses. Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej. Opracowanie Mokrzecka M

Na terenie osiedla działa organizacja Green Ambassadors. Jest ona odpowiedzialna za promowanie prośrodowiskowych zachowań. Prowadzi warsztaty z uprawy roślin, organizuje konkursy – np. zero waste challenge, w którym studenci mają za zadanie ograniczyć używanie materiałów, których nie można poddać recyklingowi. Akademik bierze także udział w międzynarodowych konkursach, w których rywalizuje z innymi domami studenckimi próbując ograniczyć zużycie energii w budynku.

The Green (59, 60) to zespół domów studenckich znajdujący się w Bradford, w Anglii. Osiedle składa się z dziesięciu budynków o dwóch typach układów funkcjonalnych. Apartamenty mają układ korytarzowy. Studenci mieszkają w pokojach z prywatnymi łazienkami, kuchnie są ogólnodostępne – na jedną kuchnię przypada od sześciu do dziesięciu studentów. Budynki szeregowe są jednopiętrowe i mają układ modułowy. Na parterze znajdują się pomieszczenia dostępne dla mieszkańców modułu – kuchnia i część jadalna i wypoczynkowa. W 2012 osiedle studenckie otrzymało certyfikat BREEAM outstanding¹⁵³. Budynki otrzymały klasę energetyczną „A”, ze względu na niewielkie straty ciepła, a także wykorzystanie kogeneracji. Akademiki są wyposażone w energooszczędne urządzenia (w kuchniach i częściach wspólnych) oraz energooszczędne oświetlenie. Zużycie energii w przeliczeniu na jednego studenta jest około 45% niższe niż w standardowych domach studenckich na tym samym kampusie.

¹⁵³ BREEAM to brytyjski system certyfikacji, w którym punkty są przyznawane w kategoriach: energia, woda, odpady, zdrowie i samopoczucie, innowacje, gospodarowanie działką, zanieczyszczenie, transport, zarządzanie. Budynek otrzymał najwyższy stopień certyfikacji, uzyskując 95% możliwych do otrzymania punktów. Była to najwyższa ocena w historii certyfikacji BREEAM.

Osiedle wykorzystuje energię solarną do podgrzewania wody oraz oświetlenia, jednak nie udostępnia informacji na temat wielkości instalacji. Zieleń, która otacza budynki jest częściowo nawadniana za pomocą wody deszczowej gromadzonej w zbiornikach na terenie osiedla. W łazienkach i kuchniach zainstalowano wodoszczędną armaturę. Zużycie wody jest około 20% niższe niż w budynku referencyjnym (budynku o tej samej

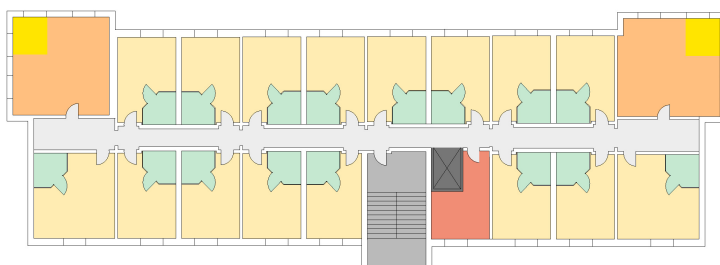


Rys. 47 The Green Residences. Widok z zewnątrz - budynki oraz dziedzińec. Źródło internetowe: <https://www.brad.ac.uk/estates/customer-services-and-helpdesk/you-said-we-did/yswd-thegreen/>, dostęp: 30.08.2018

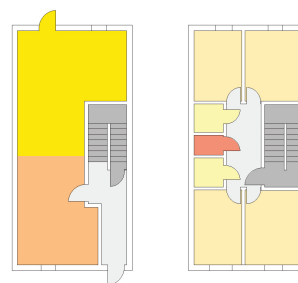


Rys. 48 The Green Town Houses. Widok z zewnątrz. Źródło internetowe: <http://gwp-ps.com/projects/ssv-bradford/>, dostęp: 30.08.2018

funkcji i wielkości, w którym nie zastosowano nowoczesnych technologii – są to dane symulacyjne, a nie rzeczywista różnica). Tereny zielone wokół budynków zostały zaprojektowane przez architektów krajobrazu. Na każdego mieszkańca osiedla przypada około 2 m² zieleni. Jednym z założeń projektu była rekultywacja terenu i przywrócenie natywnej flory i fauny. Osiedle jest zamieszkane przez ponad tysiąc studentów. Na jego terenie działa wiele organizacji studenckich. Jedną z nich jest Green Association, która składa się z siedmiu podgrup. Każda podgrupa ma swój teren działania i lidera – ambasadora. Działanie grupy polega na organizowaniu wydarzeń



Rys. 49 The Green Residences. Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej. Opracowanie: Mokrzecka M.



Rys. 50 The Green Town Houses. Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej. Opracowanie: Mokrzecka M.

integrujących społeczność osiedla. Są to przede wszystkim wydarzenia o tematyce środowiskowej. Członkowie Green Association spotykają się raz w miesiącu, żeby ustalić plan i harmonogram działań. Są to działania z zakresu edukacji rówieśniczej –

wykłady, warsztaty o tematyce prośrodowiskowej oraz działania interwencyjne – konkursy, festiwale. W każdej wspólnej kuchni w budynku znajduje się ekran pokazujący zużycie wody i energii na danym piętrze oraz w budynku, co umożliwia rywalizację pomiędzy piętrami i budynkami. Ambasadorzy opiekują się również ogrodami społecznymi, prowadzą zajęcia z zakresu uprawy roślin.

4. Re-użycie istniejących budynków

Vaarstraat (9) to dom studencki, który powstał w 1970 roku jako budynek biurowy znajdujący się w przemysłowej części belgijskiego Leuven. W 2014 roku budynek zmodernizowano. Zmieniono jego funkcję, a parametry związane z energią dostosowano do współczesnych wymagań prawnych. Z oryginalnego obiektu zachowano jedynie szkielet konstrukcyjny. Wnętrza zmieniono, stworzono nową, ceglaną elewację, wzmocniono konstrukcję dachu. Powstały akademik jest budynkiem zero-energetycznym (zgodnie z prawem belgijskim), co oznacza, że produkcja energii w budynku jest równa jego zapotrzebowaniu na nią. Jest to możliwe dzięki: systemom do pozyskiwania energii z odnawialnych źródeł, niskim stratom ciepła (które zapewnia m.in. wysoka izolacyjność przegród zewnętrznych i odpowiednia ilość przeszkleń), technologią (wysokiej klasy wentylacji mechanicznej z rekuperacją). Na dachu budynku znajdują się kolektory słoneczne, podgrzewające wodę znajdującą się w zbiornikach w piwnicach budynku. Ogniwa fotowoltaiczne pokrywają całość zapotrzebowania na prąd. Jest to możliwe dzięki wielkości instalacji oraz systemom do magazynowania energii. Zużycie wody jest ograniczone dzięki wykorzystaniu wody deszczowej do spłukiwania toalet oraz instalacją recyklingu wody szarej. W akademiku znajdują się pokoje typu komfort, standard oraz studio. Pokoje typu studio mają około 40 m², prywatną łazienkę i niewielki aneks kuchenny. Ten typ pokoiów znajduje się wyłącznie na jednym (czwartym) piętrze. Pokoje typu komfort mają około 20 m² i prywatną łazienkę. Pokoje typu standard mają powierzchnię około 12-14 m². Ich mieszkańcy korzystają z ogólnodostępnych łazienek znajdujących się na korytarzu akademika. Na jedną ogólnodostępną łazienkę przypadają dwie-trzy osoby. Na jedną kuchnię przypada od 10 do 12 osób. W budynku znajdują się również strefy wspólne – pokój wspólny wyposażony w sofy, aneks kuchenny, stół bilardowy itp. Na terenie akademika znajduje się garaż rowerowy.



Rys. 51 Vaarstraat. Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej. Opracowanie: Mokrzecka M.

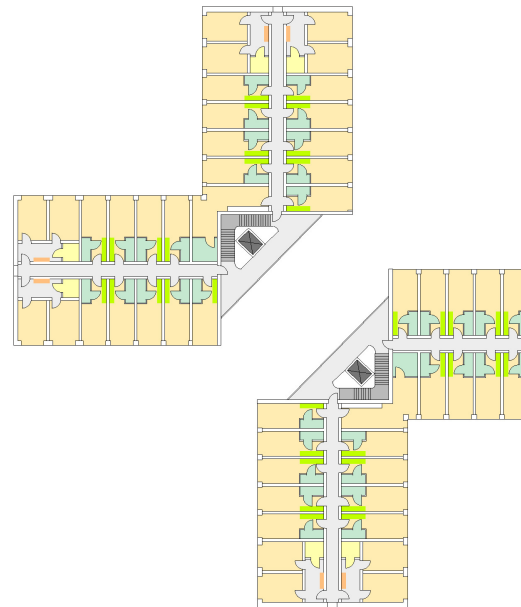


Rys. 52 Vaarstraat.. Widoki z zewnątrz. Źródło internetowe: <https://www.vkgroup.be/en/project/vaarstraat-94/>, dostęp:31.08.2018

Neue Burse (28,29) to zespół akademików, który powstał w 1977 roku w Wuppertalu, w Niemczech. Przez dwadzieścia pięć lat funkcjonował jako jeden budynek – z centralnym pionem komunikacyjnym, w którym znajdowały się również sanitariaty i kuchnie oraz czterema skrzydłami mieszkalnymi. W roku 2000 wykonano kompleksową inwentaryzację domu studenckiego.



Rys. 54 Neue Burse. Widoki z zewnątrz. Źródło internetowe: <https://www.hochschul-sozialwerk-wuppertal.de/ueber-uns/fotogalerie/wohnen/max-horkheimer-strasse-10-16-neue-burse.html>, dostęp:31.08.2018



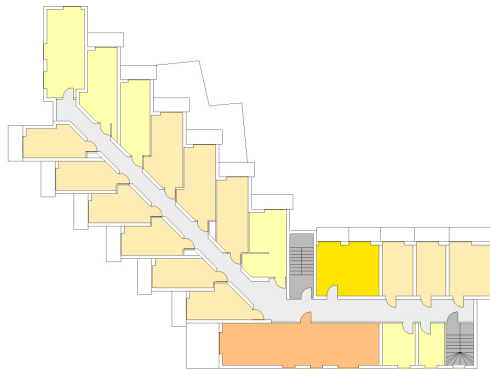
Rys. 53. Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej. Opracowanie: Mokrzecka M.

Zarządca planował rozebranie akademika i budowę na jego miejscu nowego obiektu, spełniającego współczesne normy budowlane i odpowiadającego na potrzeby studentów. Ze względu na bardzo dobry stan konstrukcji żelbetowej zdecydowano się na inne rozwiązanie. We współpracy z Passive Haus Institute Darmstadt opracowano nowatorski projekt modernizacji. Zdecydowano się na częściową likwidację centralnego trzonu budynku. W wyniku wyburzenia powstały dwa budynki o zbliżonej kubaturze. Aby poszerzyć wiedzę o technikach energooszczędnej modernizacji, opracowano osobne scenariusze prac budowlanych. Jeden z akademików miał spełnić wymagania stawiane budynkom pasywnym, drugi budynkom niskoenergetycznym. Dla studentów ta różnica miała być nieodczuwalna – domy studenckie z wyjątkiem klasy energetycznej niczym się nie różnią. W obu przebudowano wnętrza, wprowadzając aneksy kuchenne i łazienki w pokojach. W pozostałych częściach trzonu komunikacyjnego stworzono nowe klatki schodowe, które wyłączono z ogrzewanej kubatury obiektu. Całkowicie wymieniono fasady, wykorzystując szkielet żelbetowy do montażu prefabrykowanych elewacji wykonanych z paneli. Wymieniono również okna i stropodach w obydwu akademikach. Po zakończeniu modernizacji w budynku wprowadzono stały monitoring zużycia energii. Dane służą naukowcom z Darmstadt do poszerzenia wiedzy i usprawnienia procesów energooszczędnej modernizacji budynków żelbetowych.

Siegmunds Hof (34) to zespół domów studenckich, położonych w zachodniej części Berlina. Powstał w latach sześćdziesiątych. W trzynastu budynkach różnej wielkości zamieszkało ponad sześćset studentów. W 2011 roku rozpoczęto prace modernizacyjne. Zarządca obiektu stworzył grupę projektową złożoną ze studentów, architektów, branżystów i reprezentantów zarządcy (Studentenwerk Berlin). Celem modernizacji było: podniesienie standardu zamieszkania, stworzenie atrakcyjnej przestrzeni dla studentów, redukcja zużycia energii w budynkach oraz wprowadzenie prośrodowiskowych rozwiązań.



Rys. 55 Siegmundshof, Widok z zewnątrz.
Fot. Mokrzecka M.



Rys. 56 Siegmundshof, Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej. Opracowanie: Mokrzecka M.

Wykorzystano liczne tereny zielone do stworzenia przyjaznych przestrzeni wokół obiektów. Wprowadzono zróżnicowane meble urbanistyczne: drewniane siedziska, oświetlenie zasilane za pomocą ogniw fotowoltaicznych. Stworzono ogród społeczny, gdzie studenci mogą uprawiać warzywa. W pierwszym etapie prac (2011-2012) poddano modernizacji pierwszy dom studencki – dom nr 13. Nie ingerowano w układ funkcjonalny obiektu. Jednoosobowe pokoje w budynku zostały zaprojektowane w układzie grzebieniowym po dwóch stronach korytarza. Łazienki są ogólnodostępne. Na każdym piętrze znajduje się kuchnia oraz pokój wspólny. Kuchnie są połączone otwartymi schodami z kuchniami znajdującymi się ponad nimi. W ten sposób próbowano uniknąć alienacji studentów na poszczególnych piętrach. Akademik posiada status zabytku, z tego względu podczas termomodernizacji zachowano istniejącą, blaszaną okładzinę fasady. Została zdemontowana, aby móc położyć pod nią izolację termiczną i ponownie zamontowana. Nie w każdym miejscu jej stan na to pozwalał. Wymieniono okna oraz podwyższono izolacyjność stropodachu. Na dachu zamontowano instalację solarną pokrywającą część zapotrzebowania na ciepłą wodę użytkową. Z powodu wielu ograniczeń związanych z koniecznością zachowania oryginalnych rozwiązań w budynku oraz ograniczonym budżetem nie osiągnięto planowanej redukcji zapotrzebowania na energię cieplną. Klasa energetyczna budynku zmieniła się po modernizacji z E/F na klasę C. Na terenie kampusu trwają ciągłe prace modernizacyjne. Do końca roku 2017 podwyższono standard zamieszkania i klasę energetyczną trzech kolejnych domów studenckich. W planach jest budowa ściany wspinaczkowej oraz mariny kajakowej.

3.5. Ewaluacja budynków na podstawie przyjętych kryteriów

Wstępna selekcja i analiza sześćdziesięciu domów studenckich wykazała zróżnicowanie rozwiązań proekologicznych w akademikach. Budynki charakteryzowały się parametrami dotyczącymi wielu aspektów proekologii – redukcją zapotrzebowania na energię, stosowaniem odpowiednich materiałów konstrukcyjnych, wykończeniowych, redukcją zapotrzebowania na wodę i in. Do wykonania właściwej analizy, przedstawionej w tabeli x, konieczne było usystematyzowanie tych aspektów ze względu na obszar środowiskowy, którego dotyczą. Tak powstały grupy w tabeli nr 5 – architektura, energia, woda, odpady i użytkownicy. Dane pozyskano, uzupełniono tabelę i rozpoczęto ich syntezę. Szukano zestawów powtarzalnych cech, niekoniecznie z tych samych grup, które opisywały szerszy kontekst prośrodowiskowości w domach studenckich. Tak powstały grupy typologiczne: technologiczne zrównoważenie budynku, optymalizacja w kształtowaniu bryły, holizm, re-użycie budynków. Kolejnym krokiem jest ewaluacja analizowanych przykładów. Kategoriom opisanym w tabeli 5 nadano wartości nominalne. Są to wartości w poszczególnych grupach – energia, woda, odpady,

użytkownicy. Jeżeli budynek posiada rozwiązanie w danej kategorii, jest mu przyznawany punkt. Punkty są sumowane i przedstawione w formie graficznej skali. Umożliwia to porównanie domów studenckich między sobą oraz wybranie tych, które posiadają najwięcej proekologicznych rozwiązań lub – w przypadku energii rozwiązań – które mają największy wpływ na jej zużycie.

Wartościowanie kategorii

Tabele ewaluacyjną podzielono na sześć kategorii: materiały, energia cieplna, energia elektryczna, woda, odpady, użytkownicy.

1. Materiały

1 punkt przyznaje się za stosowanie drewna w konstrukcji budynku lub stosowanie wyłącznie materiałów z recydingu.

1 punkt przyznaje się za stosowanie prefabrykowanych elementów w konstrukcji.

2. Energia cieplna

4 punkty przyznaje się, jeżeli budynek jest zero-energetyczny lub pasywny.

3 punkty przyznaje się, jeżeli budynek ma klasę energetyczną A lub w trakcie modernizacji jego klasa poprawiła się o min. 3 poziomy (np. z E na B).

2 punkty przyznaje się za klasę B lub C.

1 punkt przyznaje się za systemy pozyskiwania energii odnawialnej do ogrzewania (kolektory, pompy ciepła itp.).

0,5 punktu przyznaje się za optymalny kształt rzutu.

0,5 punktu przyjmuje się za optymalną orientację rzutu względem stron świata

0,5 punktu przyznaje się za proporcję $A/V < 0,3$.

0,5 punktu przyznaje się, jeżeli w budynku jest jasna kolorystyka dachu i przesłony zewnętrzne na elewacji południowej.

1 punkt przyznaje się za technologie sterujące systemami ogrzewania.

3. Energia elektryczna

2 punkty przyznaje się za oświetlenie LED.

1 punkt przyznaje się za oświetlenie CFL.

2 punkty przyznaje się za klasę sprzętów A lub wyższą .

1 punkt przyznaje się za klasę sprzętów B lub C.

1 punkt przyznaje się za systemy do pozyskiwania energii odnawialnej (ogniwa fotowoltaiczne, turbiny wiatrowe itp.).

0,5 punktu przyznaje się za technologię, w tym podliczniki i systemy sterujące oświetleniem.

4. Woda

0,5 punktu przyznaje się za podliczniki.

2 punkty przyznaje się za wodooszczędną armaturę w budynku.

1 punkt przyznaje się za systemy do recyklingu wody deszczowej.

1 punkt przyznaje się za systemy do recyklingu wody szarej.

5. Odpady

1 punkt przyznaje się za zapewnienie koszy do segregacji odpadów w pokojach lub modułach.

1 punkt przyznaje się za informacje wizualne pokazujące, w jaki sposób segregować odpady.











6. Użytkownicy

2 punkty przyznaje się za obecność grup prowadzących edukację rówieśniczą w budynku.











1 punkt przyznaje się za organizację interwencji behawioralnych w akademiku.

Ewaluacja











Tab. 5 przedstawia ewaluacje domów studenckich. Budynek zostały przedstawione w kolejności z uwzględnieniem podziału na grupy.











Nazwa	Zdjęcie	Materiały	Energia ciepła	Energia elektryczna	Woda	Odpady	Aspekty behavioralne	Suma
Atrium huset		drewno prefabrykacja	klasa en. OZE kształt, orient. AV, PEB technologie	klasa sprzętów oświetlenie OZE liczniki en. liczniki woda woda osz. armatura deszczowa szara	szara deszczowa armatura woda osz.	miejsce inf. wizualne	edukacja rów. edukacja rów. int. behavior.	
Boeselburg WH								
Bo-kompakt								
Brock Commons								
Cornell Tech								
Green House								
Grønne-vilksøren								
Grundfos kollegiet								
HSB Living Lab								
H2 College								

Tab. 5 Ewaluacja domów studenckich na podstawie przyjętych kryteriów. Opracowanie: Mokrzecka M.

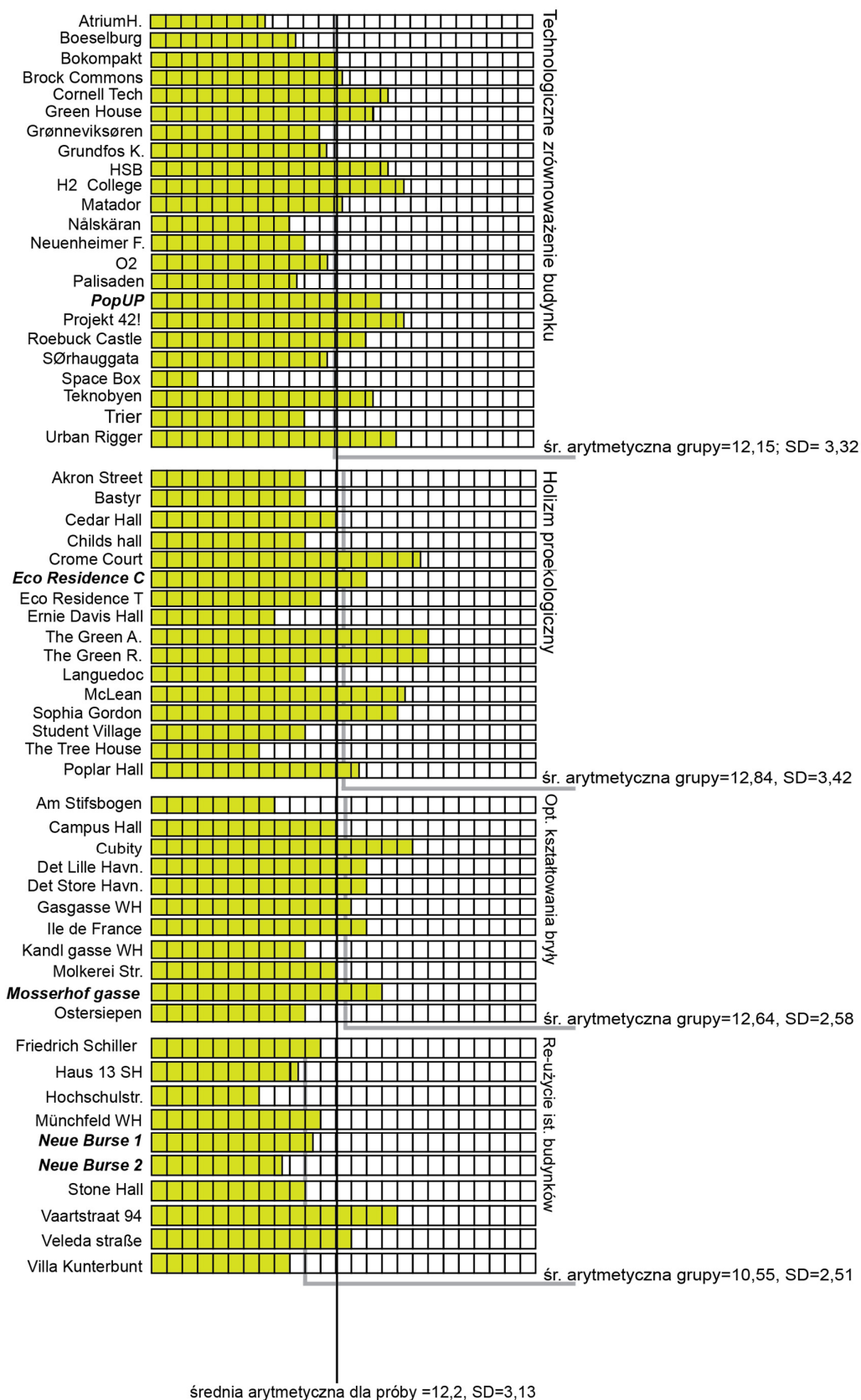
Nazwa	Zdjęcie	Materiały	Energia ciepła	Energia elektryczna	Woda	Odpady	Aspekty behavioralne	Suma
Matador		drewno prefabrykacja	Klasa en. OZE kształt. orient. AV, PCB technologie	Klasa sprzętów oświetlenie OZE liczniki en. liczniki woda	woda osz. armatura deszczowa szara	miejsce inf. wizualne	edukacja rów. edukacja rów. inf. behavior.	
Nálskáran								
Neuenheimer Feld								
O2								
Pallisaden As								
PopUP Dorms								
Projekt 42								
Roebuck Castle								
SØrhauggata								
Space Box								

Nazwa	Zdjęcie	Materiały	Energia ciepła	Energia elektryczna	Woda	Odpady	Aspekty behavioralne	Suma
Teknobyen		drewno prefabrykacja	klasa en. OZE kształt. orient. A/V, PEB technologie	klasa sprzętów oświetlenie OZE liczniki en.	liczniki woda woda osz. armatura deszczowa szara	miejsce inf. wizualne	edukacja rów. edukacja rów. inf. behavior.	
Trier								
Urban Rigger								
Am Stifsbogen								
Campus Hall								
Cubity								
Det Lille Havnehus								
Det Store Havnehus								
Gasgasse Wohnheim								
House of Ile de France								

Nazwa	Zdjęcie	Materiały	Energia ciepła	Energia elektryczna	Woda	Odpady	Aspekty behawioralne	Suma
Kandl gasse Wohnheim		drewno prefabrykacja	klasa en. OZE kształt, orient. A/V, PEB technologie	klasa sprzętów oświetlenie OZE liczniki en. liczniki woda wodo osz. armatura deszczowa szara	szara deszczowa armatura wodo osz. liczniki woda liczniki en.	miejsce inf. wizualne	edukacja rów. edukacja rów. int. behavior.	
Molkerei Strasse								
Mosserhof gasse Wohnheim								
Oster siepen								
Akron Street								
Bastyr University Student Village								
Cedar Hall								
Childs hall								
Crome Court								
Eco Residence Clusterflats								

Nazwa	Zdjęcie	Materiały	Energia ciepła	Energia elektryczna	Woda	Odpady	Aspekty behavioralne	Suma
Friedrich Schiller		drewno prefabrykacja	klasa en. OZE kształt, orient. A/V, PCB technologie	klasa sprężów oświetlenie OZE liczniki en. liczniki woda armatura wodo osz. armatura deszczowa szara	mejsce inf. wizualne	edukacja rów. edukacja rów. int. behavior.		
Haus 13 Siemenshof								
Hochschulstrasse WH								
WH Münchfeld								
Neue Bourse 1								
Neue Bourse 2								
Stone Hall								
Vaartstraat 94								
Veledastraße								
Villa Kunterbunt								

Zagadnienia proekologiczne w domach studenckich. Aspekt architektoniczno-behavioralny



Tab. 6 Podsumowanie ewaluacji domów studenckich. Opracowanie: Mokrzecka M.

3.6. Podsumowanie

Tabela 6 przedstawia podsumowanie ewaluacji sześćdziesięciu domów studenckich. Znajdują się w niej sumy punktów przyznanych w kategoriach: materiały, energia elektryczna, energia cieplna, woda, odpady, interwencje behawioralne. Średnia arytmetyczna dla sześćdziesięciu domów studenckich wynosi 12,23 punktu – 49% punktów możliwych do zdobycia. Najwyższą średnią wszystkich możliwych do zdobycia punktów uzyskały grupy: holizm proekologiczny (12,84 punktu) i optymalizacja w kształtowaniu bryły – 12,64 punktu. Najniższą średnią uzyskała grupa re-użycie budynków – 10,55 punktów. Najwięcej punktów (18) zdobyły budynki domu studenckiego The Green. Najmniej – 3 punkty – otrzymał dom studencki Space Box. The Green posiada rozwiązania proekologiczne we wszystkich kategoriach, przyjętych do analizy. Akademik Space Box wybrano we wstępnej selekcji domów studenckich, ponieważ jest jednym z pierwszych domów studenckich, w których zastosowano niewielkie, przenośne moduły jako podstawową jednostkę mieszkalną. Ponadto, rozwiązanie powielono i wykorzystano w kilku holenderskich miastach. Po wykonaniu pogłębionej analizy (opartej m.in. na rozmowie z projektantem, użytkownikami akademika i analizie danych technicznych) ustalono, że ze względu na problemy wykonawcze i finansowe nie było możliwości wykorzystania kontenerów z recyklingu – zbudowano nowe. Nie zadbano o odpowiednią izolacyjność modułów, co prowadzi do strat ciepła w okresie zimowym i przegrzewania się modułów w okresie letnim. Nie wykorzystano systemów do recyklingu wody ani pozyskiwania energii z odnawialnych źródeł. Space Box jest akademikiem, który obrazuje złożoność problemu proekologii w budynkach. W tym przypadku główna idea – przyjaznej środowisku i taniej konstrukcji opartej na wykorzystaniu obiektów z recyklingu, nie została zrealizowana w związku z limitacją finansową i technologiczną. Pomysł, który został zapoczątkowany w akademikach Space Box, wykorzystano 14 lat później przy budowie założenia Urban Rigger. Użyto kontenery służące wcześniej do przewożenia towarów, wykonano izolację przy pomocy nowoczesnego materiału – aerożelu. Zastosowano systemy do recyklingu wody i systemy pozyskujące energię cieplną oraz elektryczną. Kontenery umieszczono na wodzie, aby pokazać nowe możliwości wykorzystania atrakcyjnych terenów w centrach miast. W przypadku Urban Rigger idea została skutecznie przekształcona w realizację. Urban Rigger otrzymał 14 punktów w ewaluacji i znalazł się w 30% domów studenckich, które otrzymały największą liczbę punktów (14 i więcej). Zaproponowany schemat ewaluacji umożliwił prezentację rozwiązań, których celem jest redukcja zużycia zasobów w domach studenckich. Rozwiązania podzielono ze względu na zasoby, których dotyczą (energia, woda itp.) oraz ze względu na sposób, w jaki oddziałują na zużycie (pasywnie – przez technologie, które redukują zużycie zasobów, lub aktywnie –

wpływając na mieszkańców budynku, którzy z kolei wpływają na zużycie zasobów). Znaczna część wybranych do ewaluacji aspektów proekologii dotyczy energii zużywanej w trakcie użytkowania akademików (13,5/25 punktów). 4,5 punktów jest związanych z wodą, 2 z odpadami, 2 z materiałami, 3 z aspektami behawioralnymi (aktywnymi sposobami komunikacji proekologicznej). Schemat ewaluacji pokazuje liczbę punktów w każdej kategorii oraz ich sumę. 26 akademików znajduje się powyżej średniej (12,2 punktu).

Ponadto, rozpatrując poszczególne kategorie można stwierdzić, że:

1. 35% analizowanych domów studenckich powstało w konstrukcji drewnianej. 12% budynków to obiekty kontenerowe powstałe z drewna lub stali. Połowa obiektów kontenerowych została zaprojektowana i zbudowana tak, aby móc je przenieść w inne miejsce.

2. Średnia liczba punktów w kategorii „energia cieplna” wynosi 4,4 SD dla próby =1,6. Na 8 możliwych do zdobycia punktów w kategorii „energia cieplna” 3 budynki (5%) otrzymały 7 punktów. 32% budynków otrzymało więcej niż 5 punktów, 15% mniej niż 3 punkty. 42% domów studenckich posiada urządzenia lub systemy do pozyskiwania energii cieplnej z odnawialnych źródeł (kolektory słoneczne, pompy ciepła lub kogeneracja). W 27% akademików zainstalowano systemy sterujące ogrzewaniem lub monitorujące jakość powietrza. 27% powstało w standardzie zeroenergetycznym lub pasywnym. Dwa domy studenckie poddano modernizacji do standardu pasywnego, jeden do zeroenergetycznego.

3. Średnia liczba punktów w kategorii „energia elektryczna” to 3,1 (na 4,5), SD=1,75. Trzy budynki otrzymały maksymalną liczbę punktów, trzy otrzymały zero punktów. Wymagania dotyczące energooszczędnych sprzętów posiada 50% obiektów. W 43% akademików stosuje się LED-owe oświetlenie. 38% pozyskuje OZE (ogniwa fotowoltaiczne, w jednym przypadku turbina wiatrowa).

4. Średnia liczba punktów w kategorii „woda” to 2,2 (na 4). SD=1,07. W 80% budynków zainstalowano wodooszczędną armaturę, w 28% podliczniki, w 42% stosuje się recykling wody. W 5 budynkach nie zastosowano żadnej technologii redukującej zużycie wody.

5. W kategorii „odpady” średnia wynosi 1,01 (na 2 punkty). W 62% budynków stosuje się informacje wizualne dot. sposobów recyklingu, w 47% zadbano o miejsce na recykling odpadów w pokojach lub modułach mieszkalnych. W 15 budynkach (25%) nie zastosowano żadnej techniki usprawniającej recykling.

6. W kategorii „użytkownicy” średnia punktów wynosi 0,8 (na 3). W 68% akademików nie stosuje się interwencji behawioralnych, ani nie wprowadza edukacji rówieśniczej. W czterech stosuje się wyłącznie doraźne interwencje behawioralne. Pełen program edukacyjny prowadzi się w 12 obiektach.

Do szczegółowej analizy wybrano następujące domy studenckie:

- 1. Technologiczne zrównoważenie budynku**
 - Roebuck castle, Dublin, Irlandia
- 2. Optymalizacja kształtowania bryły**
 - Mosserhofgasse, Graz, Austria
- 3. Holizm proekologiczny**
 - Eco Residence, Lancaster, Anglia, Wielka Brytania
- 4. Modernizacja i re-użycie istniejących budynków**
 - Neue Burse, Wuppertal, Niemcy

4. Szczegółowa analiza wyselekcjonowanych obiektów – parametry energetyczne

Na podstawie wyselekcjonowanych pięciu domów studenckich wykonano analizę parametrów energetycznych. W rozdziale przeprowadzono analizę parametrów energetycznych pięciu domów studenckich. Opisane budynki reprezentują cztery grupy typologiczne opisane w rozdziale trzecim. Akademiki: Mosserhofgasse, Roebcuk Castle, Eco Residence i Neue Burse (Budynek pasywny i niskoenergetyczny) wybrano ze względu na dostępność do szczegółowych danych. Każdy z budynków został opisany zgodnie z następującymi założeniami metodycznymi:

1. parametry budynku,¹⁵⁴
 - systemy HVAC, czyli ogrzewanie, wentylację, klimatyzację,¹⁵⁵.
 - dane licznikowe dot.: zużycia energii do ogrzewania, podgrzewania ciepłej wody użytkowej, energii elektrycznej (zużywanej przez mieszkańców) oraz wody,¹⁵⁶.
 - koszt inwestycji
2. strategię energooszczędne:
 - schemat rzutu,¹⁵⁷.
 - schemat przekroju,¹⁵⁸.
 - analiza ilości światła dziennego w budynku,¹⁵⁹
 - graficzna analiza zacielenia budynku,
 - analiza dotychczasowych badań wykonanych w obiektach i opisanych w literaturze,¹⁶⁰
 - analiza danych dotyczących projektowego i rzeczywistego zużycia energii,
3. materiały ilustracyjne - bryła i wnętrza budynku¹⁶¹

¹⁵⁴ Przegrody zewnętrzne (materiały oraz współczynniki przenikania ciepła U, procent powierzchni szybowych na poszczególnych elewacjach, zawartość budynku)

¹⁵⁵ Obciążenie grzewcze, zapotrzebowania energii do ogrzewania. Inf. nt. odnawialnych źródeł energii

¹⁵⁶ Procentowy udział odnawialnych źródeł energii w bilansie energetycznym domu studenckiego.

¹⁵⁷ Zaznaczono nawiewy i wywiewy wentylacji mechanicznej (lub oznaczono wentylację naturalną), schemat ogrzewania oraz położenie przesłon zewnętrznych

¹⁵⁸ Zaznaczono nawiewy i wywiewy wentylacyjne, centralę wentylacyjną, schemat ogrzewania, węzły sanitarne.

¹⁵⁹ Wykonana przy użyciu programu Sefaira.

¹⁶⁰ Badania związane ze zużyciem energii i wody w budynkach oraz badania typu POE

¹⁶¹ Materiały ilustracyjne zawierają: ujęcia przedstawiające budynek z zewnątrz w czasie budowy i po jej ukończeniu, detal konstrukcyjny, wnętrza obiektu.

Po wykonaniu analiz parametry czterech domów studenckich zestawiono oraz porównano ze sobą. Wskazano podobieństwa i różnice.

4.1. Moserhofgasse (7) – dom studencki w standardzie pasywnym

Zestawienie informacji dotyczących istotnych parametrów mających wpływ na zapotrzebowanie na energię cieplną i elektryczną w budynku

Przegrody zewnętrzne:	
Ściany	Tynk, 16 cm maty z wełny mineralnej, warstwa trocin, 10 cm EPS, beton konstrukcyjny, tynk $U=0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$
Stropodach	Membrana, podłoże, 15cm+25 cm EPS, paraizolacja, dystans, żelbet; $u=0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$,
Strop nad piwnicą	Chudy beton, żelbet, izolacja przeciwwilgociowa, chudy beton, 20 cm EPS, jastrzych, płytki, $u=0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
Okna	$U_g=0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_w= 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$
Procent powierzchni szklanych na elewacjach	Północno-wschodnia: 20% Południowo-wschodnia:18% Południowo-zachodnia: 20% Północno-zachodnia: 15%
A/V	$0,3 \text{ m}^2/\text{m}^3$
Systemy HVAC	
Wentylacja	Mechaniczna, centralna, nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła
Ogrzewanie	Ciepło miejskie
Źródło ciepła	Ciepło miejskie
Ciepła woda	Ciepło miejskie
Obciążenie grzewcze	8 W/m^2
Zapotrzebowanie na energię do ogrzewania	$12 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$
Odnawialne źródła energii	Ogniwa fotowoltaiczne, kolektory słoneczne, 10% zapotrzebowania

Tab. 7 Zestawienie przegród zewnętrznych oraz systemów HVAC w domu studenckim Moserhofgasse

Zużycie licznikowe roczne, rok 2013

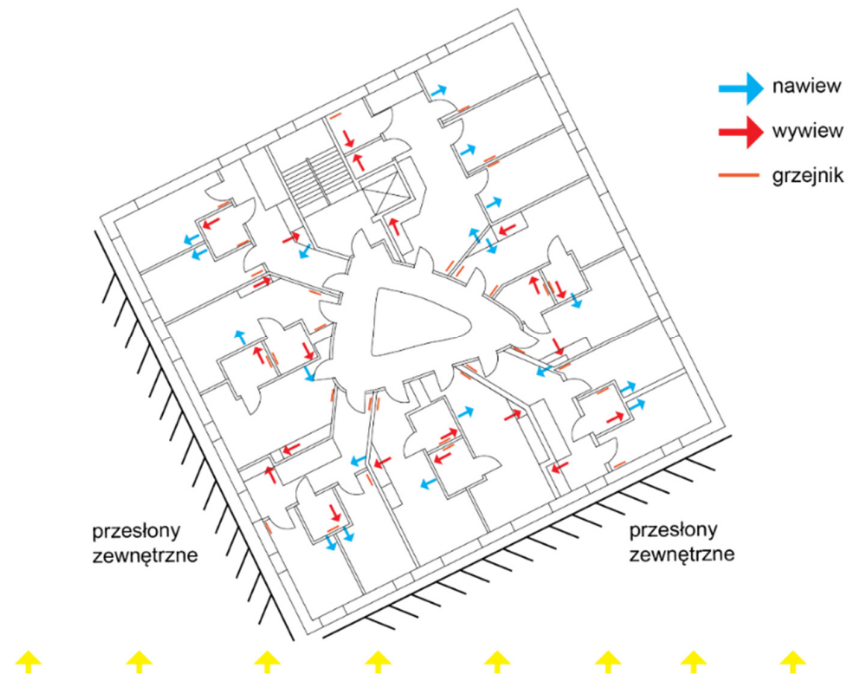
Ogrzewanie	$22,4 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$
Podgrzewanie CWU	$33,6 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$
Zużycie energii elektrycznej (mieszkańcy)	$24,34 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$
Ogniwa fot.	2149 kWh (4% zużycia)
Energia użytkowa	$56 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$
Woda (ciepła i zimna)	Brak danych

Tab. 8 Zużycie zasobów w domu studenckim Moserhofgasse. Dane licznikowe za rok 2013¹⁶²

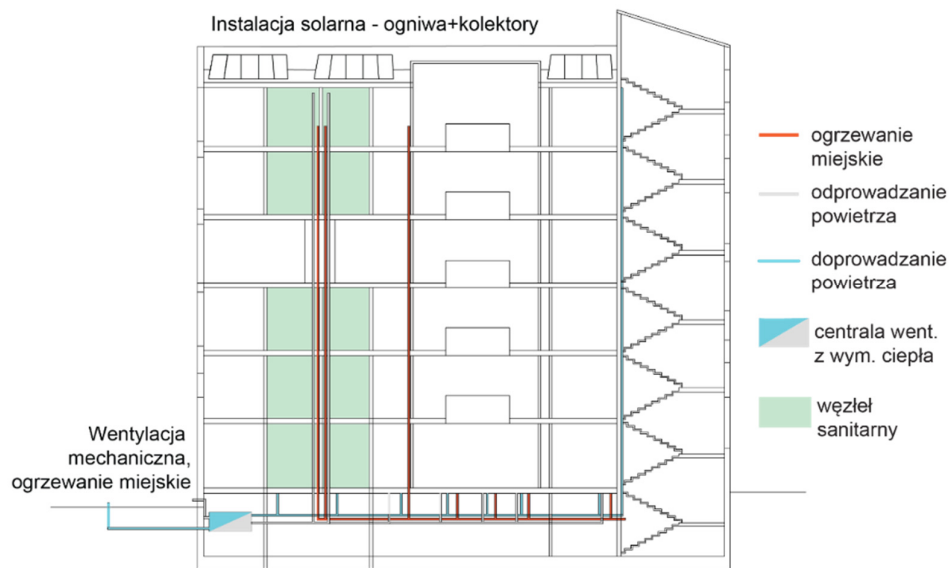
Koszt inwestycji: 3 500 000 euro

¹⁶² Dane dzięki uprzejmości OEAD Vienna (zarządcy domu studenckiego).

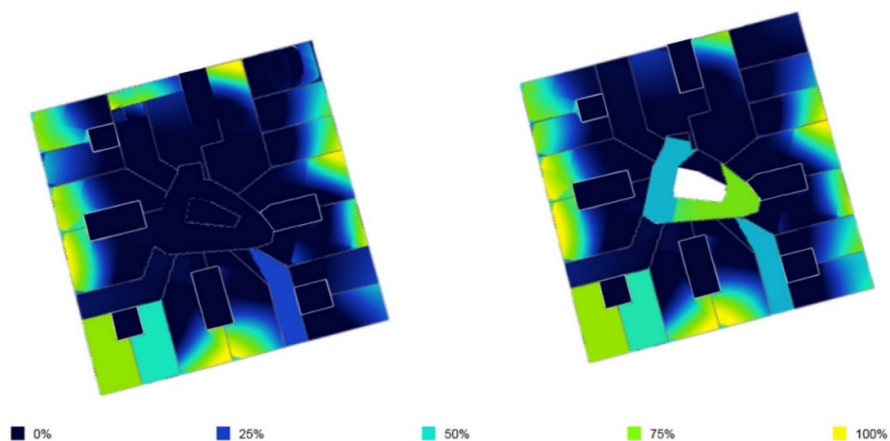
Moserhofgasse – strategie energooszczędne:



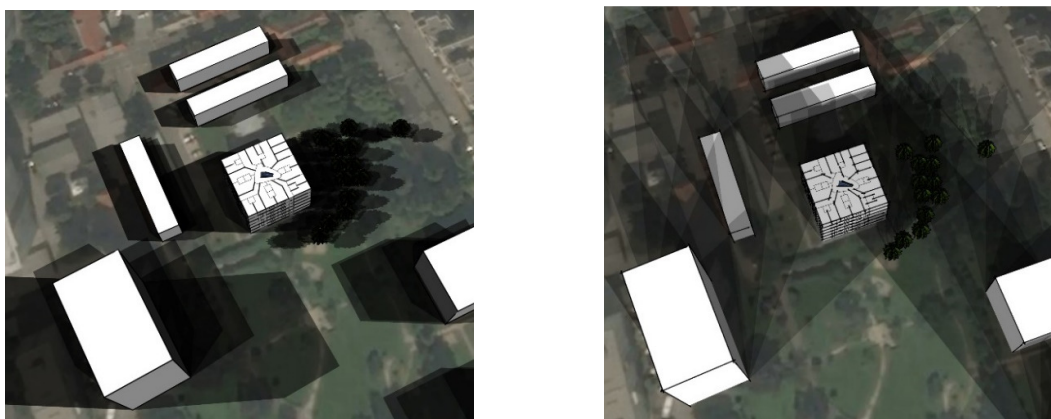
Rys. 57 Schemat rzutu akademika Moserhofgasse. Zaznaczono miejsca nawiewu i wywiewu wentylacji mechanicznej, miejsca montażu grzejników, przesłony zewnętrznych i ekspozycję południową elewacji. Opracowanie: Mokrzecka M.



Rys. 58 Schemat przekroju akademika Moserhofgasse. Zaznaczono przyłącza ogrzewania, kanały wentylacyjne, centralę wentylacyjną oraz miejsce instalacji słonecznej. Opracowanie: Mokrzecka M.



Rys. 59 Analiza ilości światła dziennego w budynku. Po lewej stronie przedstawiono schemat najniższej kondygnacji, po prawej najwyższej. Kolory na rzutach oznaczają procent czasu w ciągu dnia (rocznie), kiedy dana powierzchnia na wysokości 0,85m jest oświetlona naturalnym światłem o natężeniu min 300 luxów. Opracowanie: Mokrzecka M.



Rys. 60 Analiza zacienienia budynku. Po lewej wykonana w dniu 21.06; po prawej w dniu 21.12. Opracowanie: Mokrzecka M.

Dom studencki znajduje się na terenie o niewielkiej gęstości zabudowy. Analiza zacienienia wykazała ekspozycję południowej i zachodniej elewacji w okresie letnim. Okna na wspomnianych elewacjach są wyposażone w zewnętrzne przesłony umożliwiające kontrolę ilości światła w pokojach. Od strony wschodniej, w niewielkiej odległości znajdują się drzewa, jednak obecnie nie są na tyle wysokie, by wpływać na nasłonecznienie fasady. Również dach nie jest zacieniony, co powinno zapewniać optymalną sprawność instalacji solarnej. W okresie zimowym ekspozycja południowej elewacji przekłada się na zyski słoneczne wewnątrz budynku.

Analiza ilości dziennego światła pozwala stwierdzić optymalną jego ilość w południowo-zachodnim narożniku budynku i niedostateczną w północno-wschodnim. Naturalne światło zapewnione przez świetliki dachowe doświetla dwie najwyższe kondygnacje. Kondygnacje poniżej są doświetlone światłem sztucznym.

Osiągnięcie wysokiej efektywności energetycznej domu studenckiego było istotnym celem dla: inwestora, projektanta i wykonawcy domu studenckiego Moserhofgasse. Zdecydowano, że budynek będzie spełniał kryteria domu pasywnego – zminimalizowano zapotrzebowanie na energię użytkową m.in. przez uszczelnienie konstrukcji oraz projekt bryły o zwartej formie i jasnej kolorystyce elewacji.

Projektowane zużycie energii grzewczej wyniosło 12 kWh/m²/a. Zużycie licznikowe zmierzone po trzech latach użytkowania wynosi ok. 22 kWh/m²/a. Jest to zużycie wyższe od projektowego, jednak w dalszym ciągu zdecydowanie poniżej standardowego. Nie osiągnięto założonych wartości – rzeczywiste zużycie energii do ogrzewania wynosi 187% projektowych założeń. Na podstawie danych uzyskanych od OEAD Vienna¹⁶³ nie stwierdzono zmian lub odstępstw od pierwotnego projektu. OEAD to organizacja posiadająca doświadczenie w budowie i zarządzaniu domami pasywnymi. Przed budową Moserhofgasse na ich zlecenie powstały dwa inne domy studenckie w standardzie pasywnym. Wykorzystano doświadczenia i opinie mieszkańców obiektów Gassgasse i Molkerei Strasse w Wiedniu. W obu tych budynkach zastosowano jedynie mini grzejniki w pokojach (brak grzejnika w łazience). Mieszkańcy zwracali uwagę na dyskomfort spowodowany niską temperaturą w pokojach. W Moserhofgasse zdecydowano się na większe grzejniki i możliwość samodzielnej regulacji temperatury. Większe zużycie może być więc związane z zachowaniem użytkowników i potrzebą zaspokojenia ich komfortu termicznego. Podczas wywiadu¹⁶⁴ zwrócono również uwagę na problem prawidłowej obsługi urządzeń grzewczych przez studentów. OEAD w trakcie meldowania studentów w domach studenckich dostarcza informacji na temat prawidłowego użytkowania urządzeń w pokojach. Studenci jednak często w sposób nieprawidłowy obsługują urządzenia grzewcze i wentylacyjne.

¹⁶³ Właściciel i zarządca domów studenckich w Wiedniu i Graz.

¹⁶⁴ Wywiad przeprowadzono z kierownikiem działu technicznego OEAD. Wywiad odbył się podczas wizyty studyjnej, która miała miejsce w marcu 2016 roku.

Ujęcia bryły i wnętrz:



Rys. 61 Zdjęcia z budowy Moserhofgasse, źródło internetowe: <http://docplayer.org/32201000-Studentengaestehaus-moserhofgasse.html>, dostęp: 20.03.2018



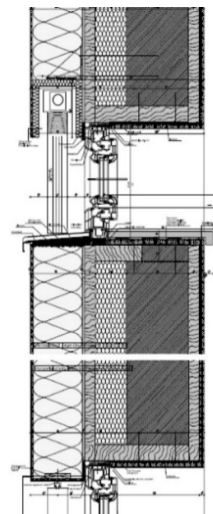
Ogniwa fotowoltaiczne



Kolektory słoneczne



Rys. 62 Dach Moserhofgasse, instalacja solarna. Kolorem czarnym zaznaczono kolektory, jasnoszarym ogniwa fotowoltaiczne, źródło internetowe: <http://docplayer.org/32201000-Studentengaestehaus-moserhofgasse.html>, dostęp: 20.03.2018



Rys. 63 Dom studencki Moserhofgasse, źródło internetowe: <https://hda-graz.at/programm/haeuser-schaun-30-06-2012-studentenwohnheim-moserhofgasse-kaltenegger-und-partner-architekten>, dostęp: 20.03.2018

Rys. 64 Przekrój przez ścianę zewnętrzną, źródło internetowe: <http://docplayer.org/32201000-Studentengaestehaus-moserhofgasse.html>, dostęp: 20.03.2018



Rys. 65 Części wspólne w domu studenckim, zdjęcia dzięki uprzejmości OEAD Vienna.



Rys. 66 Pokój z aneksem kuchennym, zdjęcia dzięki uprzejmości OEAD Vienna.



Rys. 67 Atrium w budynku, zdjęcia dzięki uprzejmości OEAD Vienna

4.2. Dom studencki Roebuck Castle (20)

Zestawienie informacji dotyczących istotnych parametrów mających wpływ na zapotrzebowanie na energię cieplną i elektryczną w budynku

Przegrody zewnętrzne:	
Ściany	Panel elewacyjny HPL TRESPA METEON®, płyta prefabrykowana (aluminium, 13,5cm piany PIR z folią aluminiową), 21,5 cm żelbet, 4,5 cm płyty PIR z folią, 5 cm pustki powietrznej, płyta G-K, tynk $U=0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$
Stropodach	Papa, jastrych, 16cm płyta PIR z folią, 20cm żelbet, 5cm pustki powietrznej, płyta G-K $u=0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$,
Strop nad piwnicą	Chudy beton, żelbet, izolacja przeciwwilgociowa, chudy beton, 14 cm EPS, jastrych, płytki, $u=0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
Okna	$U_w= 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ Ściana kurtynowa, $U=1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$
Procent powierzchni szklanych na elewacjach	Północno-wschodnia: 17% Południowo-wschodnia: 7% Południowo-zachodnia: 17% Północno-zachodnia: 7%
A/V	$0,33 \text{ m}^2/\text{m}^3$
Systemy HVAC	
Wentylacja	Mechaniczna, centralna, nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła (efektywność=76,5%)
Ogrzewanie	Grzejniki w pokojach, ogrzewanie powietrzne
Źródło ciepła	Piec gazowy kondensacyjny, sprawność: 95%. Budynek korzysta z pieca sąsiedniego domu studenckiego, wyłącznie do zasilania grzejników.
Ciepła woda	Piec gazowy + instalacja solarna
Obciążenie grzewcze	12 W/m^2
Zapotrzebowanie na energię do ogrzewania	$12 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$
Odnawialne źródła energii	Kolektory słoneczne (30% zapotrzebowania)

Tab. 9 Zestawienie przegród zewnętrznych oraz systemów HVAC w domu studenckim Roebuck Castle

Zużycie licznikowe roczne, rok 2013

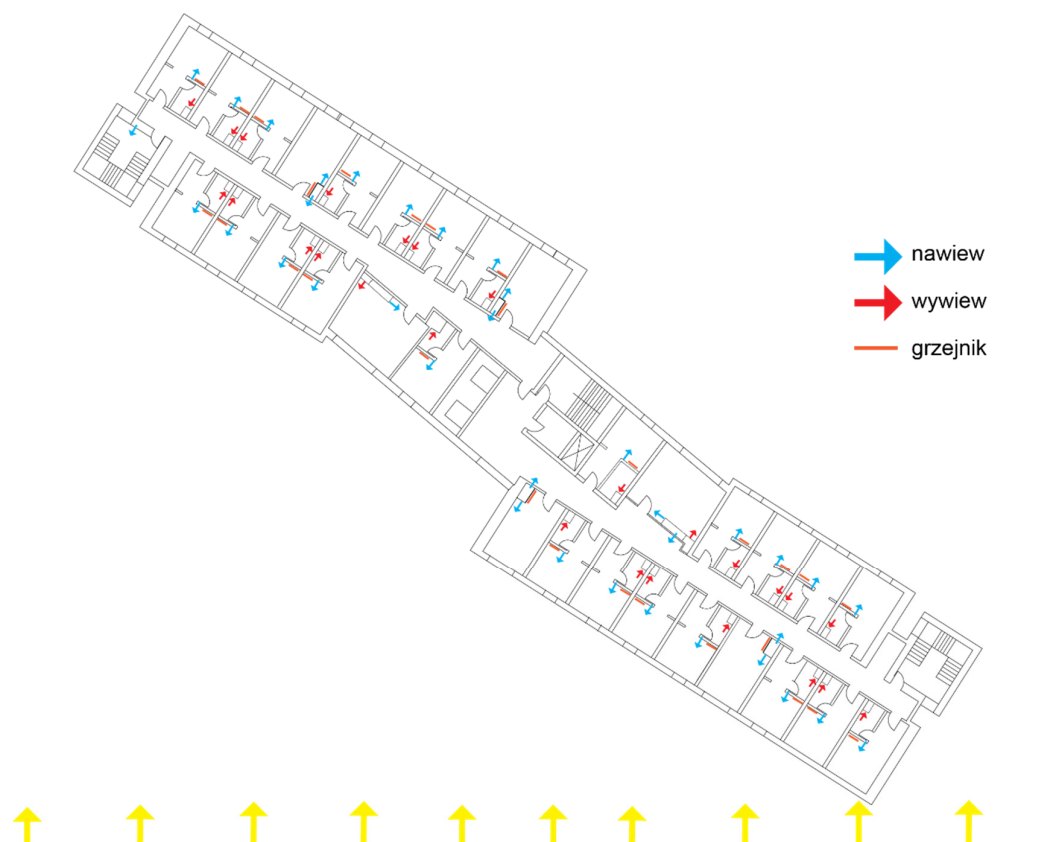
Ogrzewanie	$25 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$
Podgrzewanie CWU	$28 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$
Zużycie energii elektrycznej (mieszkańcy)	$36 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$
Energia użytkowa	$53 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$
Woda (ciepła i zimna)	Brak danych

Tab. 10 Zużycie zasobów w domu studenckim Roebuck Castle. Dane licznikowe za rok 2013 (Hernandez, Lennon et al. 2014)¹⁶⁵.

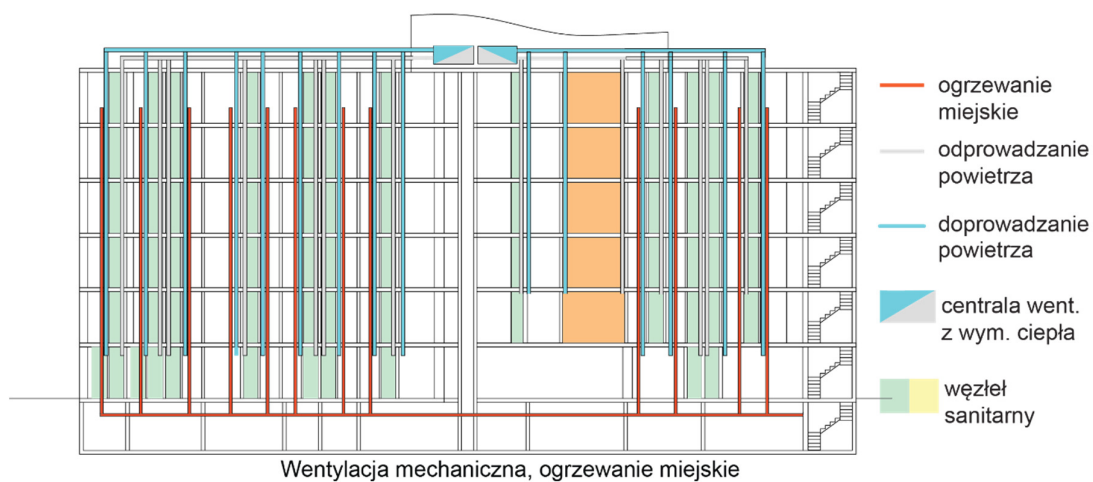
Koszt inwestycji: 7 300 000

¹⁶⁵ Hernandez P., Lennon D., et al. „Energy & Indoor Environmental evaluation of a student residence in Ireland - Results and lessons learnt after two years monitoring”(2014). 5: 22-28.

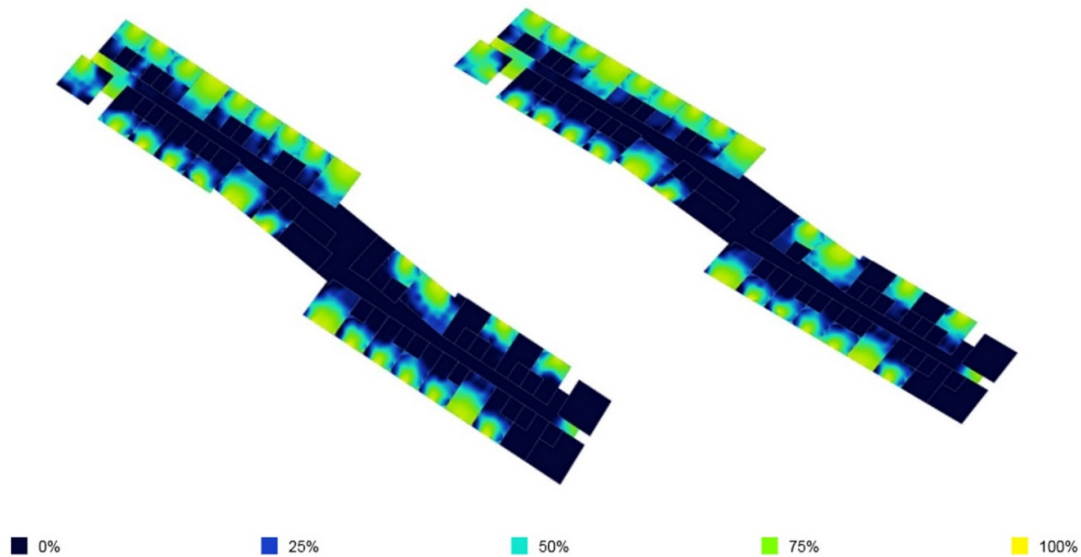
Roebuck Castle – strategie energooszczędne:



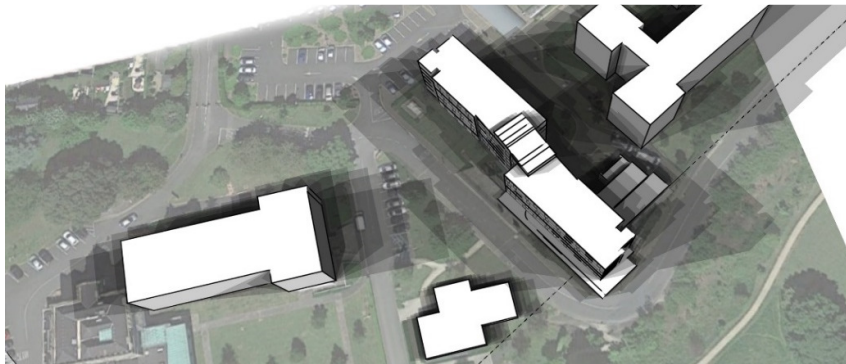
Rys. 68 Schemat rzutu akademika Roebuck Castle. Zaznaczono miejsca nawiewu i wywiewu wentylacji mechanicznej, miejsca montażu grzejników, przesłony zewnętrznych i ekspozycje południową elewacji. Opracowanie: Mokrzecka M.



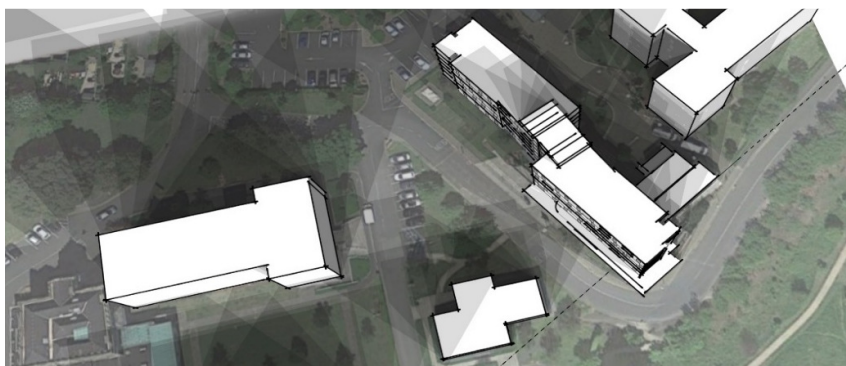
Rys. 69 Schemat przekroju akademika Roebuck Castle. Zaznaczono przyłącza ogrzewania, kanały wentylacyjne, centralę wentylacyjną oraz miejsce instalacji słonecznej. Opracowanie: Mokrzecka M.



Rys. 70 Analiza ilości światła dziennego w budynku. Na rys powyżej przedstawiono schemat najniższej kondygnacji, nad nim najwyższej. Kolory na rzutach oznaczają procent czasu w ciągu dnia (rocznie), kiedy dana powierzchnia na wysokości 0,85m jest oświetlona naturalnym światłem o natężeniu min 300 luxów. Opracowanie: Mokrzecka M.



Rys. 71 Analiza zacienienia budynku wykonana w dniu 21.06. Opracowanie: Mokrzecka M.



Rys. 72 Analiza zacienienia budynku wykonana w dniu 21.12. Opracowanie: Mokrzecka M.

Analizy ilości światła dziennego w budynku wykazały, że większość pokoi jest dobrze doświetlonych światłem dziennym. Niedoświetlony jest natomiast trakt komunikacyjny. Istnieje konieczność ciągłego doświetlania go światłem sztucznym. Ze względu na stosowanie energooszczędnych świetlówek w budynku nie ma to znaczącego wpływu na bilans zużycia energii elektrycznej. Dom studencki Roebuck Castle został zbudowany

w standardzie pasywnym. Projektowe zapotrzebowanie na energię wynosi 12 kWh/m²/a. Niską wartość zapotrzebowania osiągnięto stosując: materiały o wysokiej izolacyjności, szczelne fasady, trzyszybowe okna, wentylację mechaniczną z rekuperacją oraz odnawialne źródła energii. Dom studencki ukończono w 2010 roku. W czasie budowy w wybranych szesnastu pokojach zainstalowano sensory mierzące temperaturę, wilgotność powietrza oraz stężenie dwutlenku węgla. Zainstalowano również podliczniki umożliwiające pomiary zużycia ciepłej wody oraz energii cieplnej i elektrycznej. W 2013 roku Hernandez et al. (2014)¹⁶⁶ przedstawili wyniki dwuletniego monitoringu zużycia zasobów oraz jakości powietrza w pokojach. Wyniki podzielono na okres letni i zimowy. Średnia temperatura powietrza w wybranym pokoju w najchłodniejszym tygodniu zimowym wyniosła 19-21°C, w okresie letnim 21-23°C. W okresie letnim temperatury powyżej 28°C wyniosły mniej niż 1% pomiarów. Roczny monitoring zużycia energii pokazał, że najwięcej energii zużywają sprzęty (średnio 450 kWh/a), CWU (około 420 kWh/a), ogrzewanie (380kWh/a). Najmniej energii zużywane jest na oświetlenie – ok.90 kWh/a. Na podstawie danych z szesnastu pokojów ustalono znaczne różnice w zużyciu między poszczególnymi mieszkańcami – przede wszystkim w ilości energii zużywanej na ogrzewanie i ciepłą wodę.

Monitoring zużycia energii i warunków termicznych w pokojach wykazał, że rzeczywiste zużycie energii jest dwa razy wyższe niż zakładane 12 kWh/m²/a i wynosi 25 kWh/m²/a. Osiągnięta wartość klasyfikuje budynek jako energooszczędny, nie spełnia jednak założeń budynku pasywnego. Hernandez jako przyczynę wskazuje indywidualne preferencje użytkowników budynku – zwłaszcza związane z ogrzewaniem i ciepłą wodą. Cechy fizyczne obiektu oraz zastosowane instalacje są zgodne z projektem, co również wskazuje na inne niż zakładane zachowania użytkowników. Przykładowym „nieprogramowym” zachowaniem mieszkańców jest np. otwieranie okien i jednoczesne niewyłączenie ogrzewania w pomieszczeniu. Na takie zachowanie wskazują temperatury w pokojach w okresie zimowym. Są one prawidłowe (nie występuje zjawisko przegrzewania) nawet przy długotrwałe włączonym ogrzewaniu. Szczelność budynku i izolacyjność przegród uniemożliwiają szybkie oddawanie ciepła przez budynek, jednak transfer następuje. Wy tłumaczeniem tego zjawiska jest otwieranie okien przy włączonym ogrzewaniu.

Roebuck Castle jest przykładem domu studenckiego, który pod względem technologicznym spełnia kryteria założone w fazie projektowej. Zachowania użytkowników sprawiają jednak, że zużycie energii jest wyższe niż zakładano. Hernandez zwraca uwagę, że w kwestiach technologicznych w budynku nie ma wielu możliwości

¹⁶⁶ Hernandez P., Lennon D., et al. „Energy & Indoor environmental evaluation of a student residence in Ireland - Results and lessons learnt after two years monitoring”(2014). 5: 22-28.

dalszych usprawnień. Jako możliwość redukcji zużycia energii wskazuje edukację użytkowników oraz wprowadzanie interwencji behawioralnych – m.in. konkursów, wizualizacji zużycia i warsztatów

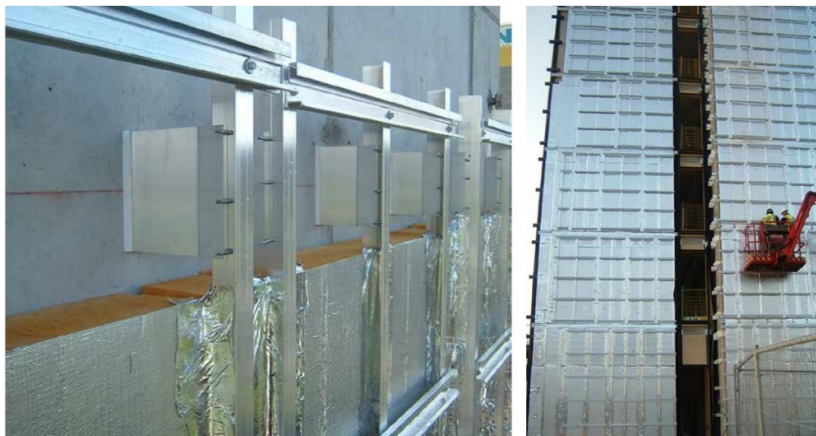
Ujęcia bryły i wnętrza:



Rys. 73 Bryła
Roebuck Castle,
źródło internetowe:
http://www.nypassivehouse.org/wp-content/uploads/2017/12/Kavanagh_Live-PH-Student-Housing_NY14PH.pdf html, dostęp:
20.03.2018



Rys. 74 Elementy
fasady w czasie
konstrukcji i po jej
wykonaniu, źródło
internetowe:
http://www.nypassivehouse.org/wp-content/uploads/2017/12/Kavanagh_Live-PH-Student-Housing_NY14PH.pdf,
dostęp:31.03.2018



Rys. 75 Detale
montażu płyt
elewacyjnych, źródło
internetowe:
http://www.nypassivehouse.org/wp-content/uploads/2017/12/Kavanagh_Live-PH-Student-Housing_NY14PH.pdf,
dostęp:
31.03.2018



Rys. 76 Korytarze wyłożono materiałami odnawialnymi (korek na ścianach), źródło internetowe: <https://passivehouseplus.ie/articles/passive-housing/passive-reaches-new-heights-at-ucd-student-halls>, dostęp: 31.03.2018



Rys. 77 Wspólne kuchnie z jadalnią, źródło internetowe: <http://www.ucd.ie/residences/virtualtour/embed/roebuck-castle/>, dostęp: 31.03.2018



Rys. 78 Stolówka na parterze budynku, źródło internetowe: <http://www.ucd.ie/residences/virtualtour/embed/roebuck-castle/>, dostęp: 31.03.2018

4.3. Neue Burse (28-29), modernizacja zespołu domów studenckich

Neue Burse (28). Budynek energooszczędny

Zestawienie informacji dotyczących najważniejszych parametrów mających wpływ na zapotrzebowanie na energię cieplną i elektryczną w budynku

Przegrody zewnętrzne:	Przed modernizacją	Po modernizacji
Ściany	Żelbet $U=0,56 \text{ W/m}^2\text{K}$	Płyty drewniane, izolacja, płyty drewniane, płyty G-K, tynk, $U=0,37 \text{ W/m}^2\text{K}$
Stropodach	$U=0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$	$0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$
Strop nad piwnicą	$U=1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$	$0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
Okna	$U_w=2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_g=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_f= 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_w= 1,56 \text{ W/m}^2\text{K}$
Procent powierzchni szklanych na elewacjach	Suma powierzchni szklanych:78% elewacji	Północno-wschodnia: 22% Południowo-wschodnia:22% Południowo-zachodnia: 22% Północno-zachodnia 22%
A/V	$0,40 \text{ m}^2/\text{m}^3$	$0,40 \text{ m}^2/\text{m}^3$
Systemy HVAC	Przed modernizacją	Po modernizacji
Wentylacja	Wentylacja naturalna, wymiana powietrza przez okna	Wentylacja naturalna, wymiana powietrza przez okna, nawietrzaki okienne, kratki wentylacyjne w łazience
Ogrzewanie	Grzejnik w pokoju	Grzejniki w łazience oraz pokoju
Źródło ciepła	Ciepło miejskie	Ciepło miejskie
Ciepła woda	Ciepło miejskie	Ciepło miejskie
Obciążenie grzewcze	-	45 W/m^2
Zapotrzebowanie na energię do ogrzewania	$161 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$	$68 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$
Odnawialne źródła energii	brak	brak

Tab. 11 Zestawienie danych dot. przegród zewnętrznych oraz systemów HVAC w energooszczędnym akademiku Neue Burse

Zużycie licznikowe po modernizacji, dane roczne 2007

Ogrzewanie	$47,1 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$
Podgrzewanie CWU	$48,4 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$
Zużycie energii elektrycznej (mieszkańcy)	$38,7 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$
Energia użytkowa	$95,5 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$
Woda (ciepła i zimna)	$50,2 \text{ m}^3/\text{jed. mieszkalną}/\text{rok}$

Tab. 12 Zużycie zasobów w energooszczędnym akademiku Neue Burse (Engelmann 2011)¹⁶⁷

Koszt modernizacji: 9 900 000 euro

¹⁶⁷ Engelmann P. „Studentisches Wohnen im Passivhaus; Evaluierung energieeffizienter Studierendenwohnheime", doktorat Uniwersytet w Wuppertal, 2011197.197

Neue Burse (29). Budynek pasywny

Zestawienie informacji dotyczących najważniejszych parametrów mających wpływ na zapotrzebowanie na energię cieplną i elektryczną w budynku

Przegrody zewnętrzne:	Przed modernizacją	Po modernizacji
Ściany	Żelbet $U=0,56 \text{ W/m}^2\text{K}$	Płyty drewniane, izolacja, $U=0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
Stropodach	$U=0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$	$0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$
Strop nad piwnicą	$U=1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$	$0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$
Okna	$U_w=2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_g=0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_f=0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$ Holz, Standardrahmen $U_w=0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$
Procent przeszkleń na elewacjach	Suma przeszkleń: 78% elewacji	Północno-wschodnia: 22% Południowo-wschodnia: 22% Południowo-zachodnia: 22% Północno-zachodnia: 22%
A/V	$0,40 \text{ m}^2/\text{m}^3$	$0,32 \text{ m}^2/\text{m}^3$
Systemy HVAC	Przed modernizacją	Po modernizacji
Wentylacja	Wentylacja naturalna, wymiana powietrza przez okna	Wentylacja mechaniczna, nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła, współczynnik infiltracji = 06 1/h
Ogrzewanie	Grzejnik w pokoju	Grzejnik w łazience, centralne ogrzewanie powietrzne
Źródło ciepła	Ciepło miejskie	Ciepło miejskie
Ciepła woda	Ciepło miejskie	Ciepło miejskie
Obciążenie grzewcze	-	30 W/m^2
Zapotrzebowanie na energię do ogrzewania	$161 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$	$26 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$
Odnawialne źródła energii	brak	brak

Tab. 13 Zestawienie danych dot. przegród zewnętrznych oraz systemów HVAC w pasywnym akademiku Neue Burse

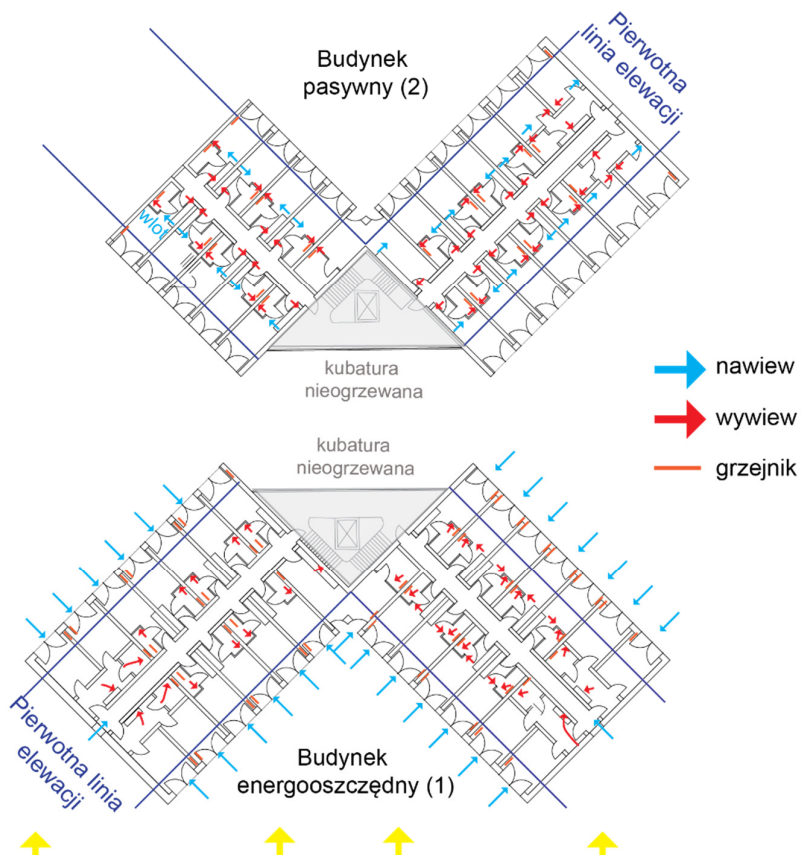
Zużycie licznikowe po modernizacji, dane roczne 2007

Ogrzewanie	$36,3 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$
Podgrzewanie CWU	$43,5 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$
Zużycie energii elektrycznej (mieszkańcy)	$40,4 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$
Energia użytkowa	$79,8 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$
Woda (ciepła i zimna)	$38,3 \text{ m}^3/\text{jed. mieszkalną/rok}$

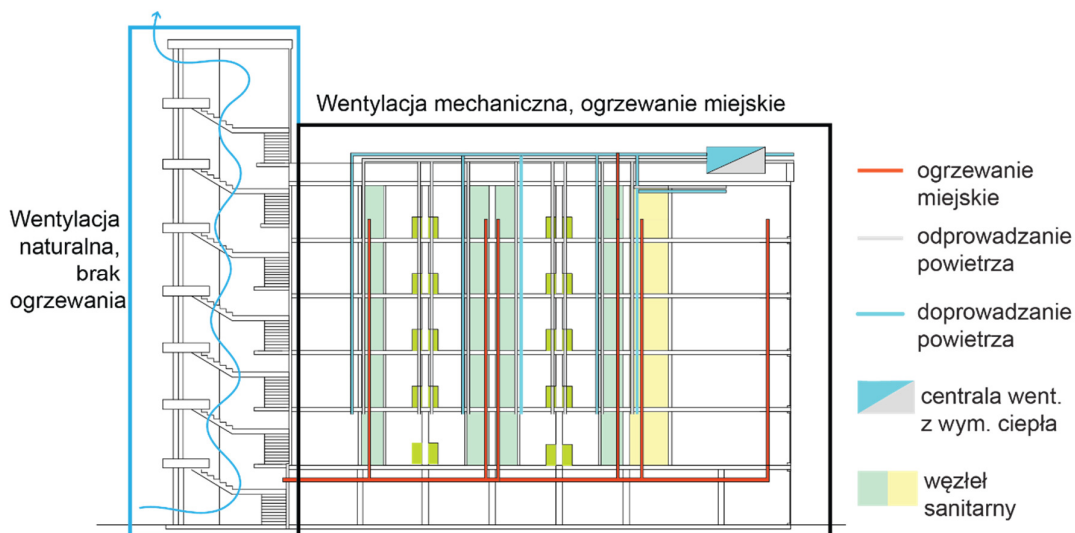
Tab. 14 Zużycie zasobów w pasywnym akademiku Neue Burse (Engelmann 2011)¹⁶⁷

Koszt modernizacji: 11 200 000 euro

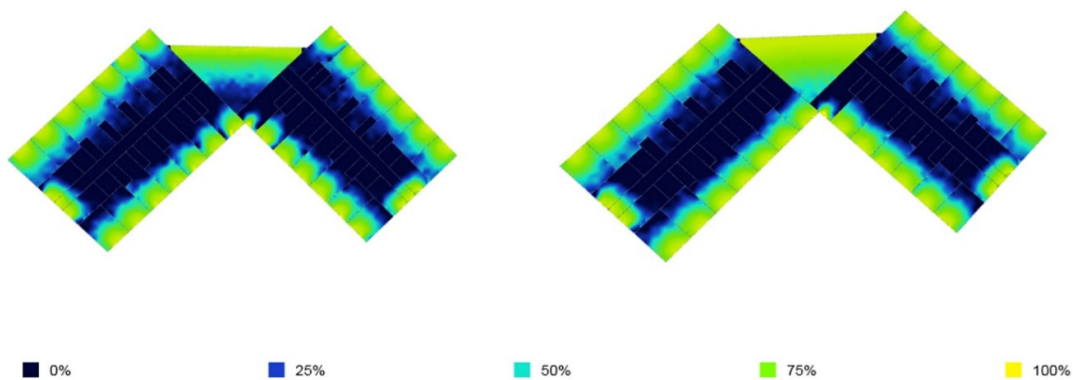
Neue Burse budynki 1 i 2 - strategie energooszczędne:



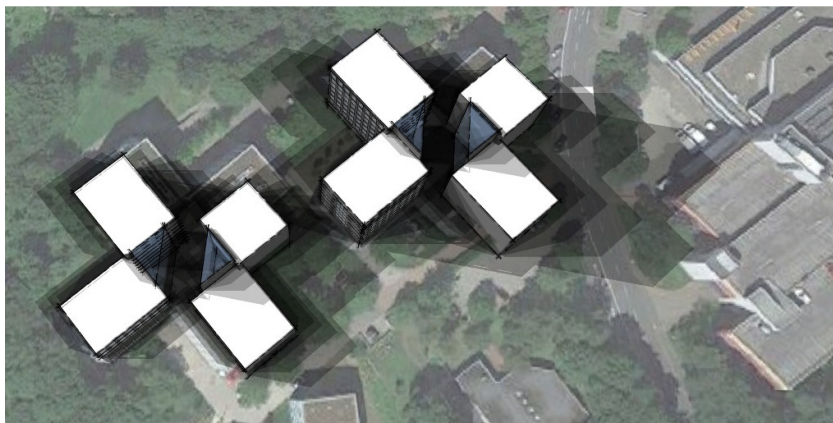
Rys. 79 Schemat wentylacji i ogrzewania w budynku energooszczędnym (1) i pasywnym (2). Opracowanie: Mokrzecka M.



Rys. 80 Schemat przekroju akademika Neue Burse. Zaznaczono przyłącza ogrzewania, kanały wentylacyjne., centralę wentylacyjną oraz miejsce instalacji słonecznej Opracowanie: Mokrzecka M.



Rys. 81 Analiza ilości światła dziennego w budynku. Na rys po lewej przedstawiono schemat najniższej kondygnacji, po prawej najwyższej. Kolory na rzutach oznaczają procent czasu w ciągu dnia (rocznie), kiedy dana powierzchnia na wysokości 0,85m jest oświetlona naturalnym światłem o natężeniu min 300 luxów. Opracowanie: Mokrzecka M.



Rys. 82 Analiza zacielenia budynków. wykonana dla 21.06, Opracowanie: Mokrzecka M.



Rys. 83 Analiza zacielenia budynków. wykonana dla 21.12, Opracowanie: Mokrzecka M.

Analiza ilości światła dziennego wykazała, że około 40% powierzchni domu studenckiego otrzymuje min. 300 lux światła dziennego w ciągu roku. Klatka schodowa i pokoje są dobrze doświetlone (75-100% roku, min. 300 lux). Problem z doświetleniem światłem dziennym stwierdzono w strefach wejściowych pokoi oraz w poziomych ciągach komunikacyjnych. Specyficzny kształt budynków oraz ich położenie

w niewielkiej odległości od siebie sprawia, że większość fasad jest zacienionych zarówno w okresie letnim, jak i zimowym. W okresie zimowym zyski solarne otrzymuje jedna fasada każdego z budynków. W okresie letnim kształt budynku zapobiega nagrzewaniu się pokoiów.

Budynki Neue Burse 1 i 2 zostały poddane modernizacji energetycznej, której celem było osiągnięcie dwóch różnych standardów energetycznych. Na etapie projektowym obliczono, że zapotrzebowanie na energię do ogrzewania w budynku pasywnym wyniesie około 1/3 zapotrzebowania na energię w budynku energooszczędnym. Różnica wynikała z: podwyższenia izolacyjności przegród oraz zróżnicowania systemów wentylacji.

W budynku energooszczędnym zastosowano wentylację naturalną, w pasywnym mechaniczną, nawiewno-wywiewną z rekuperacją (Rys. 57). Po zakończeniu prac modernizacyjnych przez trzy lata monitorowano zużycie energii cieplnej, elektrycznej oraz ciepłej i zimnej wody. Ponadto badano parametry związane z komfortem. Na podstawie danych licznikowych można stwierdzić, że budynek energooszczędny zużywa mniej energii na ogrzewanie niż projektowano (70% projektowanego zapotrzebowania). Budynek pasywny zużywa z kolei 140% projektowanego zapotrzebowania (Engelmann 2011)¹⁶⁷. Wyższe niż projektowano zużycie w budynku pasywnym wynika głównie z zastosowania innej niż w projekcie centrali wentylacyjnej (o mniejszej sprawności). Ponadto sam system został zainstalowany w inny niż planowano sposób, co powoduje straty ciepła podczas dystrybucji. Dodatkowym problemem jest również centralny system, który uruchamia ogrzewanie na podstawie spadku temperatury w całym budynku. To oznacza, że nie ma możliwości ogrzania wybranych pokoiów (np. gdy w akademiku jest mniej osób). Jeżeli system jest włączony, będzie dążył do podniesienia temperatury w całym budynku, co oznacza, że ogrzewanie włączy się również w pustych pokojach. Takie ustawienie systemu, zgodnie z Engelmannem wiąże się z niepotrzebnymi stratami energii. Mniejsze zużycie w budynku energooszczędnym prawdopodobnie wynika z mniejszych niż zakładano strat ciepła spowodowanych wentylacją. Zbadano, iż zyski ciepłe od ludzi oraz słońca są na poziomie, jaki zakładano w symulacjach. W obu przypadkach zużycie w stosunku do stanu sprzed modernizacji jest zdecydowanie mniejsze (29% i 22% pierwotnego zużycia energii do ogrzewania).

Ujęcia bryły i wnętrza:



Rys. 84 Zespół Neue Burse przed modernizacją, źródło internetowe: <http://enob.pse.de/projects/62/photos/>, dostęp: 20.02.2018



Rys. 85 Zespół Neue Burse w trakcie modernizacji, źródło internetowe: <http://enob.pse.de/projects/62/photos/>, dostęp: 20.02.2018



Rys. 86 Zespół Neue Burse po modernizacji, źródło internetowe: <http://enob.pse.de/projects/62/photos/>, dostęp: 20.02.2018



Rys. 87 Zespół Neue Burse po modernizacji, źródło internetowe: <http://enob.pse.de/projects/96/photos/>, dostęp 20.02.2018



Rys. 88 Wnętrze pokoju w Neue Burse. Stan przed modernizacją, źródło internetowe: http://www.acms-architekten.de/fileadmin/PDF/Von_der_Energieschleuder_zum_Passivhaus.pdf, dostęp: 20.02.2018



Rys. 89 Wnętrze pokoju w Neue Burse. Stan po modernizacji, źródło internetowe: <https://www.studentenwerke.de/de/content/besondere-wohnheime-des-hochschulsozialwerk-wuppertal>, dostęp:20.02.2018

4.3. Eco residence (57) – dom studenckich certyfikowanych systemem BREEAM

Zestawienie informacji dotyczących istotnych parametrów mających wpływ na zapotrzebowanie na energię cieplną i elektryczną w budynku

Przegrody zewnętrzne:	
Ściany	Płyta włókno cementowa/okładzina drewniana (lub cegła, 5 cm pustki powietrznej, paroizolacja, 14 cm wełna szklana, drewniana konstrukcja szkieletowa, płyta OSB, 2 cm pustki powietrznej, 2xpłyta G-K, $U=0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$
Stropodach	Membrana jednowarstwowa (typu energy smart), geowłóknina, płyta OSB, 28 cm wełny szklanej, konstrukcja drewniana, 5cm pustki powietrznej, płyta G-K, $U=0,135 \text{ W/m}^2\text{K}$,
Strop nad piwnicą	Chudy beton, żelbet, izolacja przeciwwilgociowa, chudy beton, 10 cm płyty PIR, jastrych, płytki, $U=0,135 \text{ W/m}^2\text{K}$
Okna	$U_w= 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$
Procent pow.szkłanych	Północno-zachodnia: 10% Południowo-wschodnia:17%
A/V	$0,35 \text{ m}^2/\text{m}^3$
Systemy HVAC	
Wentylacja	Lokalnie mechaniczna, centralna, nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła (efektywność=95%). Głównie naturalna (pokoje)
Ogrzewanie	Grzejniki w pokojach
Źródło ciepła	Piece gazowe, kondensacyjny, sprawność:91%.
Ciepła woda	Piece gazowe
Obciążenie grzewcze	Brak danych
Zapotrzebowanie na energię do ogrzewania	30 kWh/m²/a
Odnawialne źródła energii	nie

Tab. 15 Zestawienie przegród zewnętrznych oraz systemów HVAC w akademiku Eco-Residence

Zużycie licznikowe roczne, rok 2013

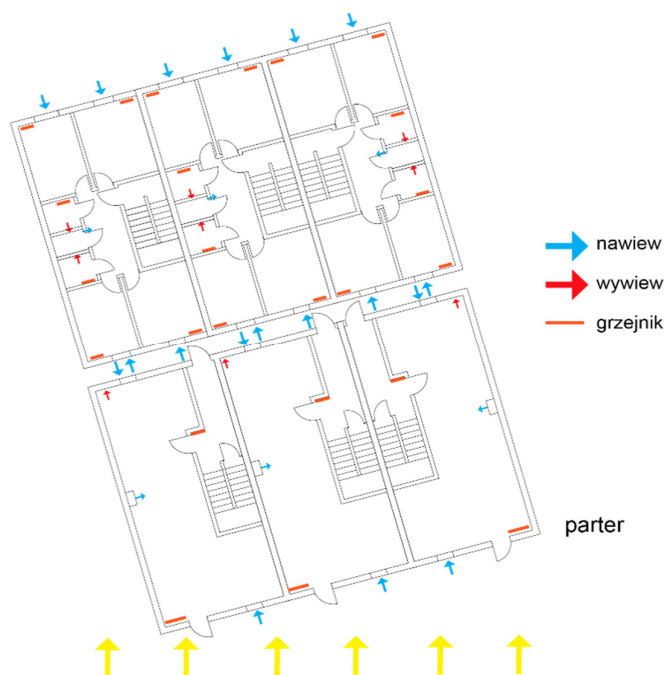
Ogrzewanie	32 kWh/m²/a
Podgrzewanie CWU	28 kWh/m ² /a
Zużycie energii elektrycznej (mieszkańcy)	25 kWh/m ² /a
Energia użytkowa	60kWh/m ² /a
Woda (ciepła i zimna)	60 m ³ /os

Tab. 16 Zużycie zasobów w pasywnym akademiku Eco Residence¹⁶⁸

Koszt inwestycji: ok.1 254 000 euro (1 budynek, składający się z 3 domów szeregowych – 36 pokoiów),

¹⁶⁸ Dane dzięki uprzejmości Uniwersytetu w Lancaster.

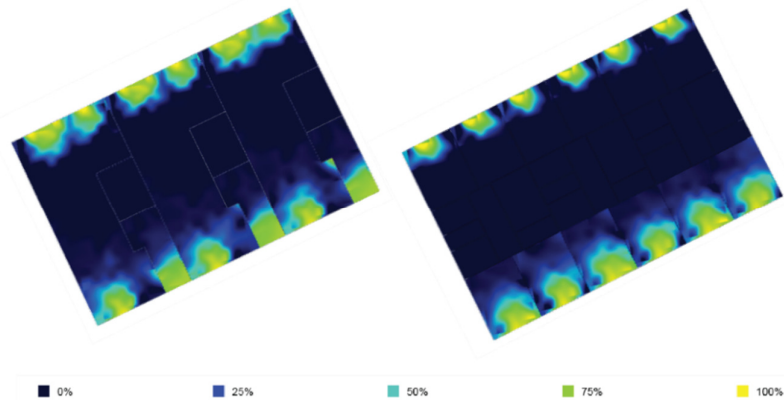
Eco residence – strategie związane z energooszczędnością:



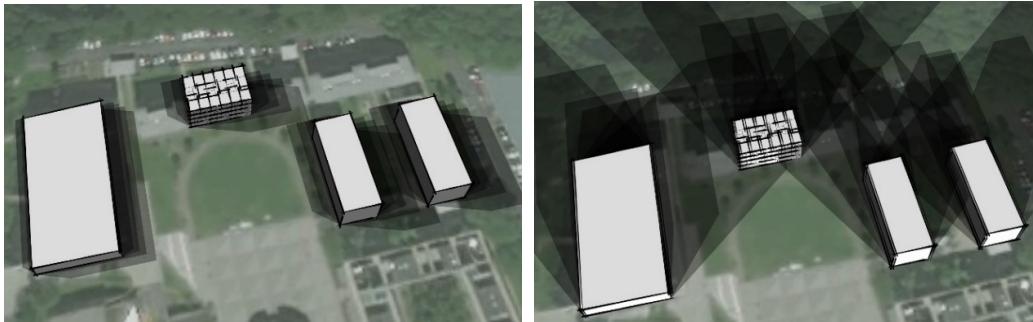
Rys. 90 Schemat wentylacji i ogrzewania w budynku. Opracowanie: Mokrzecka M.



Rys. 91 Schemat przekroju akademika Neue Burse. Zaznaczono przyłącza ogrzewania, kanały wentylacyjne, centralę wentylacyjną oraz miejsce instalacji słonecznej. Opracowanie: Mokrzecka M.



Rys. 92 Analiza ilości światła dziennego w budynku. Na rys po lewej przedstawiono schemat najniższej kondygnacji, po prawej najwyższej. Kolory na rzutach oznaczają procent czasu w ciągu dnia (rocznie), kiedy dana powierzchnia na wysokości 0,85m jest oświetlona naturalnym światłem o natężeniu min 300 luxów. Opracowanie: Mokrzecka M.



Rys. 93 Analiza zacienienia budynków. Po lewej wykonana dla 21.06, po prawej dla 21.12. Opracowanie: Mokrzecka M.

W budynku zastosowano wentylację mechaniczną nawiewno-wywiewną z rekuperacją (parter, klatka schodowa, toalety i łazienki) oraz naturalną (pokoje). Każdy segment budynku ma wymiary 6mx20m. Okna znajdują się wyłącznie na krótszym boku budynku. Zapewnia to dość dobre doświetlenie pokoi od strony południowo-wschodniej, przy braku dostępu do naturalnego światła w częściach komunikacyjnych. Znajdujące się na parterach budynków części wspólne są również nieco gorzej doświetlone. W pokojach położonych od strony północno-zachodniej 1/3 pomieszczenia nigdy nie osiąga oświetlenia na poziomie 300 lux. Analiza nasłonecznienia wykazała, że elewacje: wschodnia, zachodnia i południowa są nasłonecznione w okresie letnim. Brak przestroni okiennych może prowadzić do przegrzewania się pomieszczeń. W okresie zimowym elewacja południowo-wschodnia jest silnie eksponowana przez większość dnia, co zapewnia zyski solarne w pokojach i częściach wspólnych. Budynki Eco residence uzyskały certyfikat BREEAM na poziomie excellent. Osiągnięto 25% redukcję emisji CO₂ (w stosunku do budynku referencyjnego, czyli posiadającego identyczne parametry, ale standardowe rozwiązania konstrukcyjne i grzewcze). Na podstawie

symulacji energetycznych oszacowano zużycie 30 kWh energii na m² powierzchni rocznie. Każda jednostka mieszkalna składa się z 4 kondygnacji i mieszka w niej dwunastu studentów. Na kondygnacji pierwszej i czwartej zamontowano piece gazowe o niewielkiej mocy, które ogrzewają pokoje, pomieszczenia wspólne oraz dostarczają mieszkańcom ciepłej wody użytkowej. Zakładano niskie zużycie energii grzewczej ze względu na zwartą bryłę budynku, wysokie parametry izolacyjne przegród oraz wykorzystanie wentylacji mechanicznej z rekuperacją. Zadbano również o edukację mieszkańców. Osoby wprowadzające się do budynku otrzymują instrukcję, która opisuje m.in.:

- Sposób użytkowania ogrzewania, ustawianie termostatów.
- System segregacji odpadów w budynku i na kampusie.
- Sposób działania instalacji elektrycznej (W pokojach wprowadzono ograniczenia dot. maksymalnej mocy pobieranej przez urządzenia w jednym czasie. W przypadku przekroczenia limitu, wszystkie urządzenia zostają automatycznie wyłączone).
- Sposób działania oświetlenia i system wymiany (studenci nie wymieniają sami żarówek, co pozwala na stosowanie w budynku wyłącznie żarówek energooszczędnych). Dodatkowo w częściach wspólnych zastosowano sensory ruchu.
- Sposób działania instalacji grzewczej (ogrzewanie jest sterowane centralnie i dostępne w określonych godzinach. Studenci mogą lokalnie regulować temperaturę za pomocą termostatów).
- Sposób działania wentylacji mechanicznej oraz naturalnej.
- Systemy redukujące zużycie wody w budynku – wodooszczędna armatura oraz spłuczki z przyciskiem eko.

Na kampusie studenckim działa organizacja zrzeszająca studentów o środowiskowych zainteresowaniach. Eko-ambasadorzy mają za zadanie przybliżanie innym studentom problematyki zużycia wody i energii. Wprowadzono również program monitorujący zużycie wody i energii w budynkach. W domach studenckich wykonano analizę POE sprawdzającą m.in. komfort termiczny w budynkach po oddaniu ich do użytkowania. Syntezę wyników przedstawił Altan et.al (2013)¹⁶⁹. Ewaluację wykonano w latach 2008-2009. Stwierdzono zbyt wysokie temperatury

¹⁶⁹ Altan H., Refaee M., et al. (2013). "Post Occupancy Evaluation of University Eco Residences: A Case Study of Student Accommodation at Lancaster, UK". Portugal SB13 - Contribution of Sustainable Building to meet the EU 20-20-20 Targets, Guimaraes.

w pokojach (zarówno w okresie zimowym jak i letnim). Pomiary w styczniu wykazały nagminne przekraczanie temp. 25°C w pokojach (przy temp. zewnętrznej ok. 7°C). Średnie temperatury w pokojach w okresie od kwietnia do maja 2009 roku wynosiły ok. 26 °C. Jako prawdopodobną przyczynę tak wysokich temperatur podano brak przesłon zewnętrznych w budynku. Nie podano danych dotyczących zużycia energii do ogrzewania w badanym okresie. Na podstawie danych z POE, można założyć, iż zużycie energii do ogrzewania w latach 2008-2009 (bezpośrednio po oddaniu budynków do użytkowania) było większe niż projektowane. Do symulacji zużycia energii przyjmuje się określone temperatury wewnątrz budynku – najczęściej ok. 19-22°C w okresie grzewczym, a rzeczywiste temperatury w budynku wyniosły 25°C. Czynniki, które wpływają na temperaturę w budynku to: ekstremalne warunki pogodowe (nie wystąpiły), wyższe niż projektowane zyski solarne (brak danych), niepoprawne wykonanie izolacji (nie stwierdzono – badania kamerą termowizyjną wykonał i opisał Altan (2013), inne niż zakładane zachowania mieszkańców (prawdopodobne). Dane na temat zużycia mediów otrzymane za rok 2013 pokazują zużycie na zbliżonym poziomie do projektowanych 30kWh/m²/a. Może to oznaczać, iż po wykonaniu ewaluacji w roku 2008-2009 wprowadzono dodatkowe usprawnienia związane z gospodarowaniem energią grzewczą. Nie stwierdzono montażu przesłon zewnętrznych w budynku. Jedną z przyczyn zmniejszenia zużycia energii mogły więc być interwencje behawioralne w akademikach – np. wprowadzenie instrukcji dotyczących prawidłowego korzystania z wyposażenia technicznego budynku.

Ujęcia bryły i wnętrz:



Rys. 94 Budynek Town House, źródło internetowe: <http://www.upp-ltd.com/portfolio/?s=lancaster-university>, dostęp: 14.04.2018



Rys. 95 Budowa Town Houses, budynki powstały z prefabrykowanych elementów drewnianych, źródło: zdjęcia dzięki uprzejmości Lancaster University



Rys. 96 Części wspólne – salon, jadalnia i kuchnia, znajdujące się na parterze każdego budynku, źródło: zdjęcia dzięki uprzejmości Lancaster University



Rys. 97 Pokój studencki, źródło: zdjęcia dzięki uprzejmości Lancaster University



Rys. 98 Po lewej: detal konstrukcyjny połączenia ścian zewnętrznych i stropu, po prawej system segregacji odpadów w akademiku, źródło: materiały dzięki uprzejmości Lancaster University

4.4. Parametry architektoniczne i budowlane – porównanie

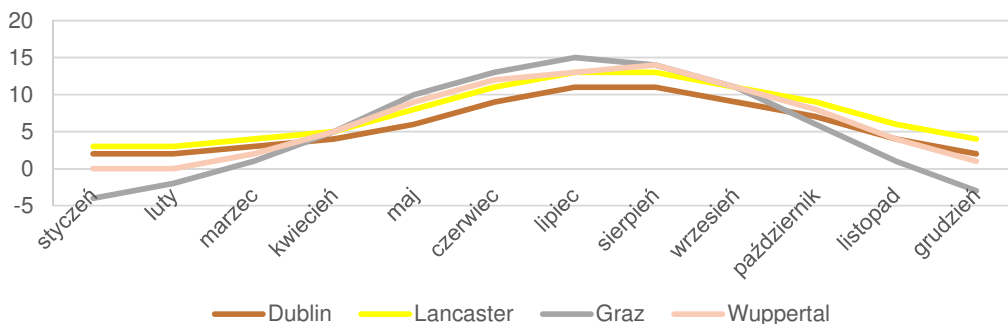
Wybrane do analizy domy studenckie znajdują się w strefie klimatu umiarkowanego (przyjmując podział Wincentego Okołowicza). Dwa z nich – Roebuck Castle i Eco Residence są położone w podstrefie klimatycznej umiarkowanej morskiej, dwa pozostałe w umiarkowanej przejściowej. Rys. 75 i 76 przedstawiają minimalne i maksymalne temperatury powietrza w każdym z miast. Średnie temperatury roczne wynoszą: Dublin 10,5°C, Lancaster 10°C, Wuppertal 9,4°C, Graz 8,3°C.



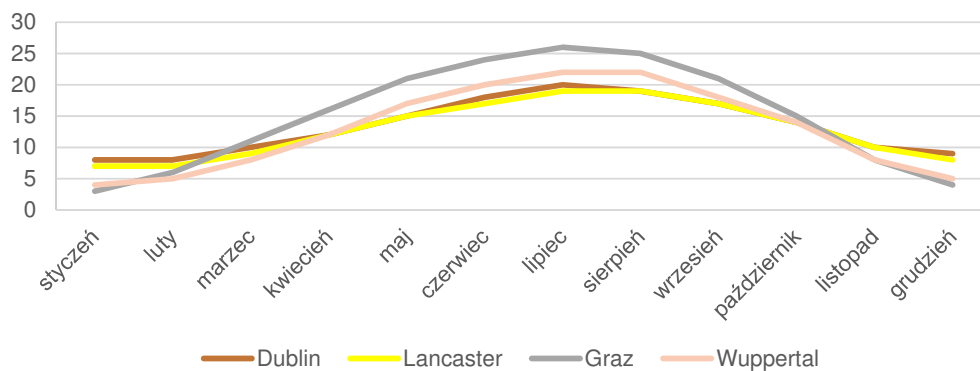
Rys. 99 Położenie geograficzne domów studenckich. Opracowanie: Mokrzecka M. na podstawie google maps.

Wykresy minimalnych i maksymalnych temperatur pokazują zbliżone warunki temperaturowe w miastach Lancaster i Dublin oraz podobne (z większą roczną amplitudą w Graz) w miastach Graz i Wuppertal. Przy stawianiu wniosków z analiz wzięto pod uwagę różnicę w średnich temperaturach powietrza, a także sprawdzono dane pogodowe pod względem występowania anomalii.

Zagadnienia proekologiczne w domach studenckich. Aspekt architektoniczno-behavioralny

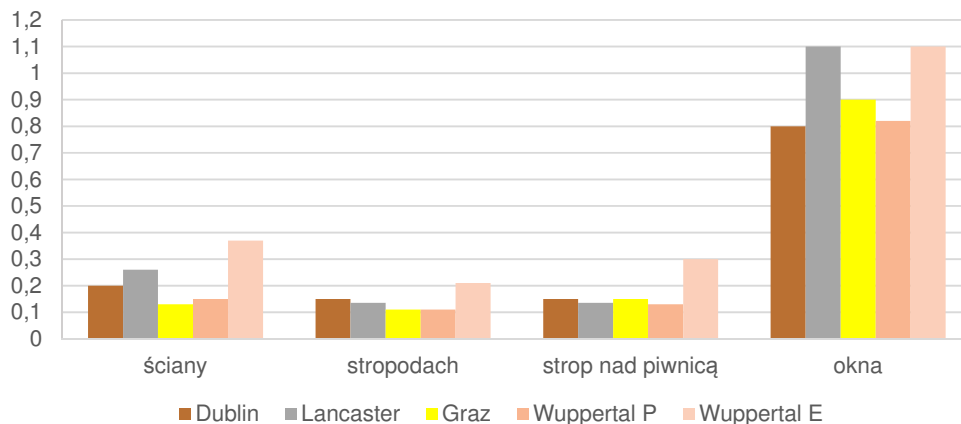


Rys. 100 Temperatury minimalne dla miast w których znajdują się analizowane akademiki.



Rys. 101 Temperatury maksymalne dla miast w których znajdują się analizowane akademiki.

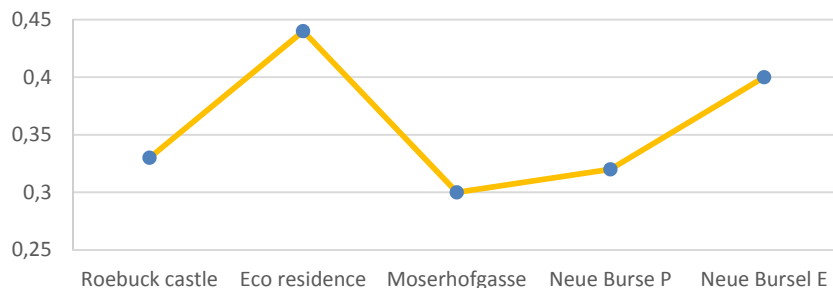
Poniżej porównano parametry izolacyjności cieplnej wybranych elementów budynków:



Rys. 102 Zestawienie wartości współczynników przenikania ciepła U z podziałem na rodzaj przegród w budynku. Opracowanie: Mokrzecka M.

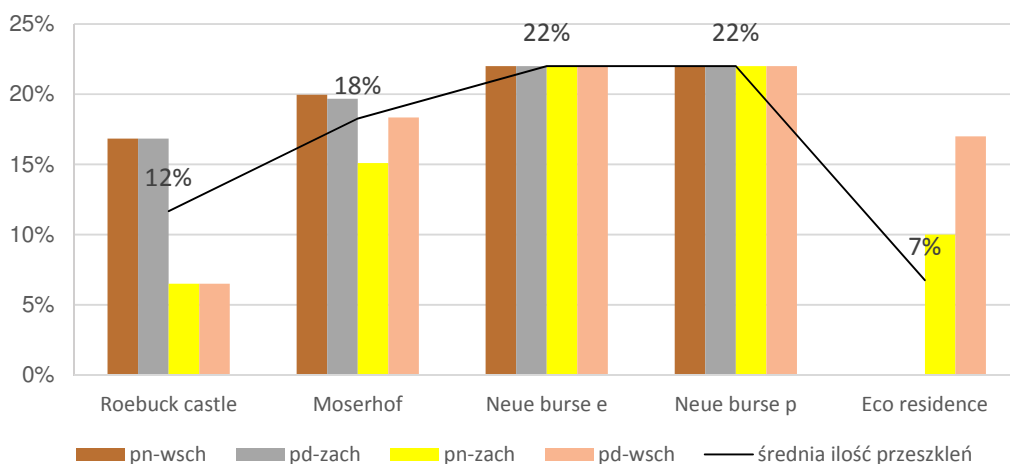
Najniższe wartości współczynnika przenikania ciepła U osiągnięto w budynku pasywnym Neue Burse w Wuppertal. Uśredniona wartość dla ścian, stropodachu i stropu nad piwnicą wyniosła 0,13 kW/m²K. Tą samą średnią przenikalność osiągnięto również dla budynku Moserhofgasse w Graz, jednak w budynku w Wuppertal wykorzystano okna

o niższym współczynniku U niż w Wuppertal. Średnie wartości współczynników U dla ścian, stropodachu i stropu nad piwnicą w Dublinie wyniosły 0,167 kW/m²K, a w Eco Residence 0,177 kW/m²K. Różnice w wartościach można uzasadnić warunkami klimatycznymi. Najmniejszą izolacyjność budynku osiągnięto przy modernizacji energooszczędnego budynku Neue Burse (U śr.=0,293 kW/m²K)



Rys. 103 Zestawienie współczynnika zwartości budynków wyrażonego jako stosunek wszystkich powierzchni zewnętrznych do ogrzewanej kubatury obiektu. Opracowanie: Mokrzecka M.

Uwzględniając zapotrzebowanie na energię do ogrzewania, najkorzystniejszą wartość współczynnika A/V osiągnięto w budynku Moserhofgasse (A/V=0,3). Również jego rzut ma najkorzystniejszy kształt. Najwyższą wartością A/V charakteryzuje się budynek Eco Residence. Jest to akademik z najmniejszą liczbą kondygnacji oraz najmniejszą liczbą miejsc przypadających na jedną jednostkę mieszkalną.



Rys. 104 Procentowa ilość przeszkleń na elewacjach z podziałem na strony świata. Linią oznaczono ogólną, średnią ilość przeszkleń w budynku. Opracowanie: Mokrzecka M.

Dom studencki w Graz ma nieznacznie mniej okien od strony północnej niż od południowej. Pozostałe domy studenckie (z wyłączeniem Eco Residence) mają symetryczne elewacje. Jest to związane z dostosowaniem fasad do funkcji budynku – domy studenckie są przeważnie projektowane w podobny sposób jak hotele. Posiadają

centralny korytarz z pokojami po obydwu stronach lub centralny pion komunikacyjny i pokoje po obwodzie budynku. To skutkuje powtarzalnością przeszkleń na elewacji i utrudnia optymalizację przeszkleń ze względu na strony świata.

Wyposażenie instalacyjno-techniczne – porównanie

W tabeli 17 porównano systemy ogrzewania pomieszczeń, wody oraz wentylacji w pięciu domach studenckich.

Nazwa akademika	System ogrzewania pomieszczeń	System podgrzewania wody	System wentylacji pomieszczeń	Pozyskiwanie energii odnawialnej
Mosserhofgasse	Ciepło miejskie, Pompa ciepła	Ciepło miejskie	Mechaniczna, centralna, nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła	10% zapotrzebowania na prąd i energię do CWU
Roebuck Castle	Ogrzewanie gazowe	Ogrzewanie gazowe	Mechaniczna, centralna, nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła	30% zapotrzebowania na energię do CWU
Neue Burse E	Ciepło miejskie	Ciepło miejskie	Naturalna, wspomagana mechanicznie w łazienkach	Nie
Neue Burse P	Ciepło miejskie	Ciepło miejskie	Mechaniczna, centralna, nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła	Nie
Eco Residence	Ogrzewanie gazowe	Ogrzewanie gazowe	Naturalna, wspomagana mechanicznie w łazienkach i częściach wspólnych	Nie

Tab. 17 Zestawienie wyposażenia technicznego w domach studenckich Opracowanie: Mokrzecka M.

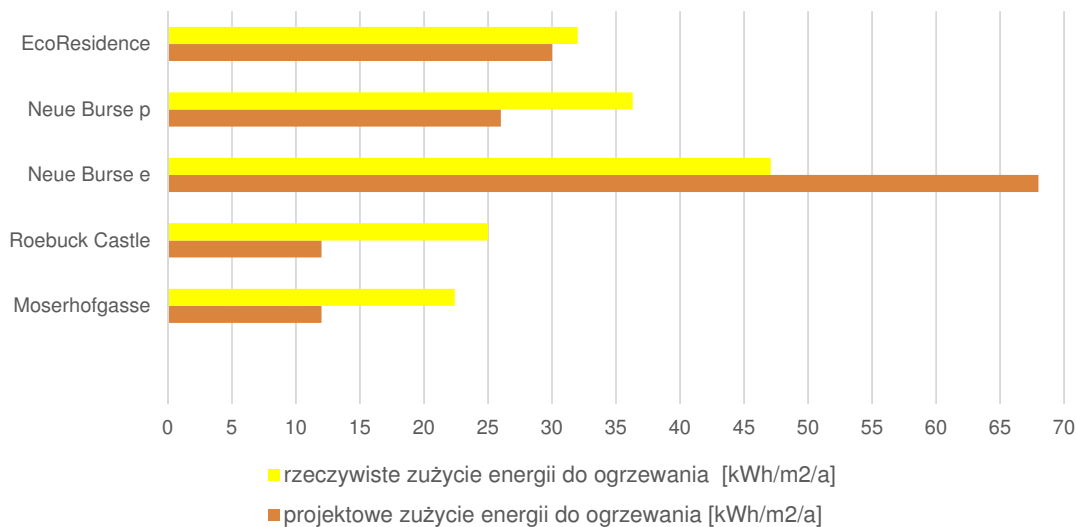
W budynkach zastosowano ogrzewanie gazowe piecami o wysokiej efektywności lub ogrzewanie miejskie. System ogrzewania wody jest uzależniony od sposobu ogrzewania pomieszczeń. W zdecydowanej większości akademików zastosowano wentylację mechaniczną z odzyskiem ciepła. Jedynie w dwóch akademikach zastosowano urządzenia do pozyskiwania odnawialnych źródeł energii. Były to głównie kolektory do podgrzewania ciepłej wody użytkowej.

Porównanie rzeczywistego zużycia wody i energii

We wszystkich budynkach oprócz Neue Burse (budynek energooszczędny) licznikowe zużycie energii do ogrzewania przekracza projektowe założenia. Najwyższe procentowo

przekroczenie (ponad 200%) zanotowano w budynku Roebuck Castle. Zbliżony procent (190%) odnotowano w Moserhofgasse. Kolejne przekroczenia to odpowiednio – 140% projektowanego zapotrzebowania na ciepło w Neue Burse (budynku pasywnym) i 104% w budynku Eco Residence. Przyczyny podwyższonego zużycia wyjaśniono w podrozdziałach 4.1-4.4. Najistotniejsze cechy, które wpłynęły na wysokie przekroczenia zużycia energii do ogrzewania w domach studenckich to:

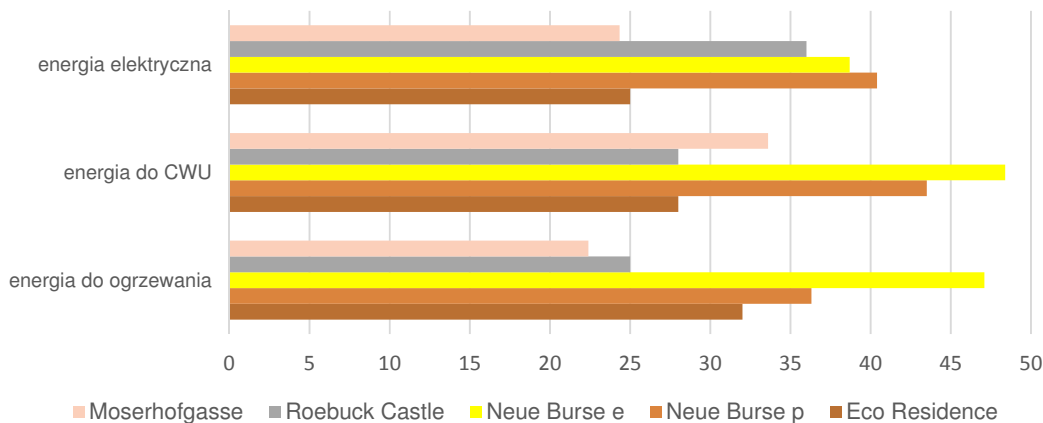
1. Wysokie wymagania stawiane budynkom (trzy z analizowanych budynków miały spełnić wymagania dla obiektów pasywnych).
2. Indywidualne preferencje termiczne użytkowników budynku.
3. Nieumiejętna obsługa wyposażenia technologicznego budynku przez studentów.
4. Stosowanie odstępstw od projektów instalacyjnych.



Rys. 105 Zestawienie wartości projektowego zapotrzebowania na ogrzewanie oraz rzeczywistego (wyliczonego na podstawie rocznych danych licznikowych) w pięciu domach studenckich. Opracowanie: Mokrzecka M.

Na Rys. 106 zestawiono zużycie energii potrzebnej do ogrzania budynku, podgrzania ciepłej wody użytkowej oraz zaopatrzenia w energię elektryczną. Ze względu na użycie jednostek w przeliczeniu na m² istnieje możliwość bezpośredniego porównania zużycia w poszczególnych domach studenckich. Najniższe zużycie energii elektrycznej odnotowano w domach studenckich Moserhofgasse oraz Eco Residence. Uzasadnieniem jest stosowanie wysokiej klasy sprzętów (w domu studenckim Moserhofgasse) oraz decyzje związane z podziałem funkcjonalnym w budynku (Eco Residence). W Eco Residence klasa sprzętów jest zdecydowanie niższa niż w pozostałych budynkach, jednak w akademiku znajduje się tylko jedna kuchnia, co sprawia, że potrzebnych jest mniej kuchenek elektrycznych, mikrofali, czajników niż w przypadku innych akademików, w których stosuje się aneksy kuchenne i łazienki

w każdym module. Wyższe zużycie energii elektrycznej odnotowano w budynkach Neue Burse, w których każdy pokój jest wyposażony w aneks kuchenny. Wyższe zużycie energii tłumaczy większą liczbę energochłonnych sprzętów. Podwyższone zużycie energii elektrycznej obserwuje się również w domu studenckim Roebuck Castle. W akademiku znajdują się wspólne kuchnie oraz sprzęty wysokiej jakości. Przyczyną wysokiego zużycia może być w tym przypadku stosowanie przez mieszkańców dodatkowych energochłonnych sprzętów – np. grzejników elektrycznych czy mikrofali.



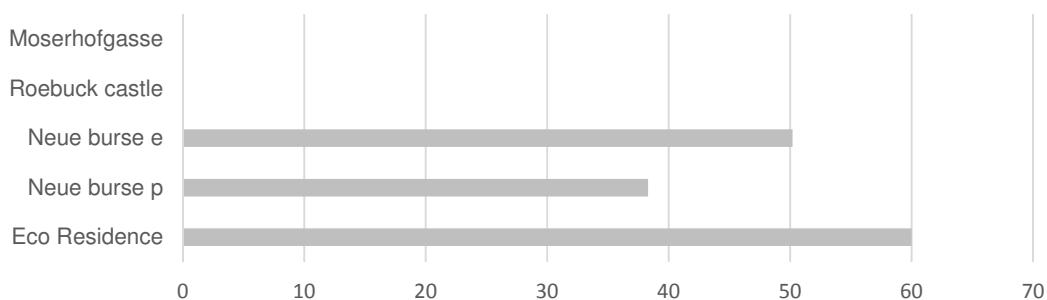
Rys. 106 Rzeczywiste zużycie energii elektrycznej i cieplnej w akademikach: Moserhofgasse, Roebuck castle, Neue Burse i Eco Residence. Zestawienie na podstawie odczytów licznikowych podane w kWh/m²/a. Opracowanie: Mokrzecka M.

Najniższe zużycie energii do CWU odnotowano w akademikach Roebuck Castle i Eco Residence. Najwyższe w akademikach Neue Burse. Zauważono duży procentowy udział energii do podgrzania wody użytkowej w bilansie energii użytkowej budynku w akademikach projektowanych jako pasywne. Wyjątkiem jest Roebuck castle, którego niższe zużycie może być związane z instalacją solarną, która podgrzewa 30% zużywanej ciepłej wody.

Wszystkie analizowane budynki charakteryzują się niskim zapotrzebowaniem na energię do ogrzewania. Mimo dużych przekroczeń projektowanych wartości zużycie energii jest znacznie niższe niż w standardowych obiektach tej funkcji. Najniższe zużycie energii do ogrzewania osiągnięto w budynku Moserhofgasse, w którym połączono wysoką izolacyjność przegród zewnętrznych z pasywnymi rozwiązaniami zapobiegającymi utracie ciepła. Są to: zwarta bryła, optymalny kształt i orientacja rzutu. W budynku Moserhofgasse zastosowano kolektory słoneczne i ogniwa fotowoltaiczne. Pokrywają one jednak niewielki procent zapotrzebowania budynku na energię.

W dwóch domach studenckich nie udostępniono danych dotyczących zużycia wody. Najwyższe zużycie wody odnotowano w akademiku Eco-residence, najniższe w Neue

Burse (pasywnym). Jako że w żadnym z analizowanych domów studenckich studenci nie płacą za zużycie wody, nie można ocenić, w jakim stopniu brak feedbacku czy elementu odpowiedzialności finansowej mogłoby wpływać na zużycie. W trzech akademikach, w których udostępniono dane dotyczące zużycia, zainstalowano wodoszczędną armaturę różnej klasy. Na przykładzie dwóch budynków Neue Burse można zaobserwować, że rodzaj armatury i rozwiązania instalacyjne w znaczny sposób wpływają na zużycie wody. Engelmann (2011)¹⁶⁷ sprawdził, że w budynkach zastosowano różne prysznice (przepływ w energooszczędnym=17,5 l/min; w pasywnym=12,5 l/min). Zastosowano również różne systemy splukiwania toalet (w pasywnym istnieje możliwość zatrzymania splukiwanej wody w dowolnym momencie, zastosowano również czynniki optymalizujące ciśnienie wody).



Rys. 107 Licznikowe zużycie wody w akademikach Moserhofgasse, Roebuck Castle, Neue Burse i Eco Residence wyrażone w m³/os/a. Opracowanie: Mokrzecka M.

4.5. Zagadnienia funkcjonalno-przestrzenne a zużycie energii – podsumowanie

W rozdziale czwartym zestawiono parametry związane ze zużyciem energii i wody w pięciu domach studenckich. Opisane budynki reprezentują cztery grupy typologiczne wyszczególnione w rozdziale trzecim. Budynki poddano analizie komparatywnej, porównując ich cechy architektoniczne, budowlane i instalacyjne. Porównano również projektowe i rzeczywiste zużycie energii do ogrzewania, a także zużycie energii pomiędzy poszczególnymi budynkami. Pomiary wykonane na podstawie odczytów licznikowych wykazały następujące zużycia energii użytkowej w budynkach:

- Mosserhofgase 56 kWh/m²/a
- Roebuck Castle (20) 53 kWh/m²/a
- Neue Burse (28) 95,5 kWh/m²/a
- Neue Burse (29) 79,8 kWh/m²/a
- Eco Residence (57) 60 kWh/m²/a

Porównanie cech fizycznych i technologicznych budynków pozwala stwierdzić, że najwyższe parametry izolacyjności przegród osiągnięto w budynku Moserhofgasse oraz

Neue Burse (budynku pasywnym). Moserhofgasse posiadał również najniższą wartość współczynnika A/V i 10% zapotrzebowania na energię, pokrytego z odnawialnych źródeł. Porównując zużycie energii użytkowej, najniższe osiągnięto w Roebuck Castle. Przy porównaniu wyłącznie energii do ogrzewania, najniższe zużycie odnotowano z kolei w Moserhofgasse. Różnica w zużywanej energii użytkowej jest niewielka (3 kWh/m²/a) na korzyść Roebuck Castle, w przypadku energii do ogrzewania jest to 2,6 kWh/m²/a na korzyść Moserhofgasse. Dużo większą różnicę można więc zaobserwować w energii koniecznej do podgrzania wody niż w energii koniecznej do ogrzewania. Roebuck Castle ma niższe parametry izolacyjności oraz mniej korzystną proporcję A/V. Częściowo jednak jest to kompensowane łagodniejszym klimatem panującym w okresie zimowym w Dublinie. W przypadku zużycia wody, wpływ ma większa o 15% instalacja solarna. Bezpośrednie porównanie budynków jest utrudnione ze względu na różnice w latach, w jakich prowadzono pomiary (lub udostępniono dane pomiarowe) oraz niewielkie różnice w warunkach atmosferycznych, wynikające z czynników geograficznych. Na podstawie analiz stwierdza się, że budynki zaprojektowane by spełniać skrajnie wysokie wymagania energetyczne (np. pasywne) nie spełniają ich. Ich zużycie energii jest jednak w dalszym ciągu na zdecydowanie niższym poziomie niż w budynkach standardowych. Drogą eliminacji ustalono, że przyczyną różnic w projektowanym i rzeczywistym zużyciu energii w każdym z obiektów jest zachowanie użytkowników. Jest to wniosek spójny z badaniami m.in. Haasa et al. (1998)¹⁷⁰, Seligmana et al. (1978)¹⁷¹, Branco et al. (2004)¹⁷², Emery i Kippenhane (2006)¹⁷³ i Gilla et al. (2010)¹⁷⁴. Ponadto, stwierdzono, że w domu studenckim Eco-Residence, w którym wprowadzono pisemne instrukcje użytkowania systemów do ogrzewania i wentylacji oraz interwencje behawioralne, zużycie energii jest najbliższe założeniom projektowym. Jest to analogiczne do tezy postawionej przez Wu et al. (2017)¹⁷⁵, mówiącej o konieczności syntezy pasywnych (technicznych) i aktywnych (behawioralnych) zagadnień w budynku, aby móc osiągnąć projektowe założenia zużycia zasobów.

¹⁷⁰ Haas R., Auer H., et al. (1998) „The impact of consumer behavior on residential energy demand for space heating”. *Energy and Buildings*. 27 (2), 195-205.

¹⁷¹ Seligman C., Darley J.M., et al. (1978) „Behavioral approaches to residential energy conservation”. *Energy and Buildings*. 1 (3), 325-337.

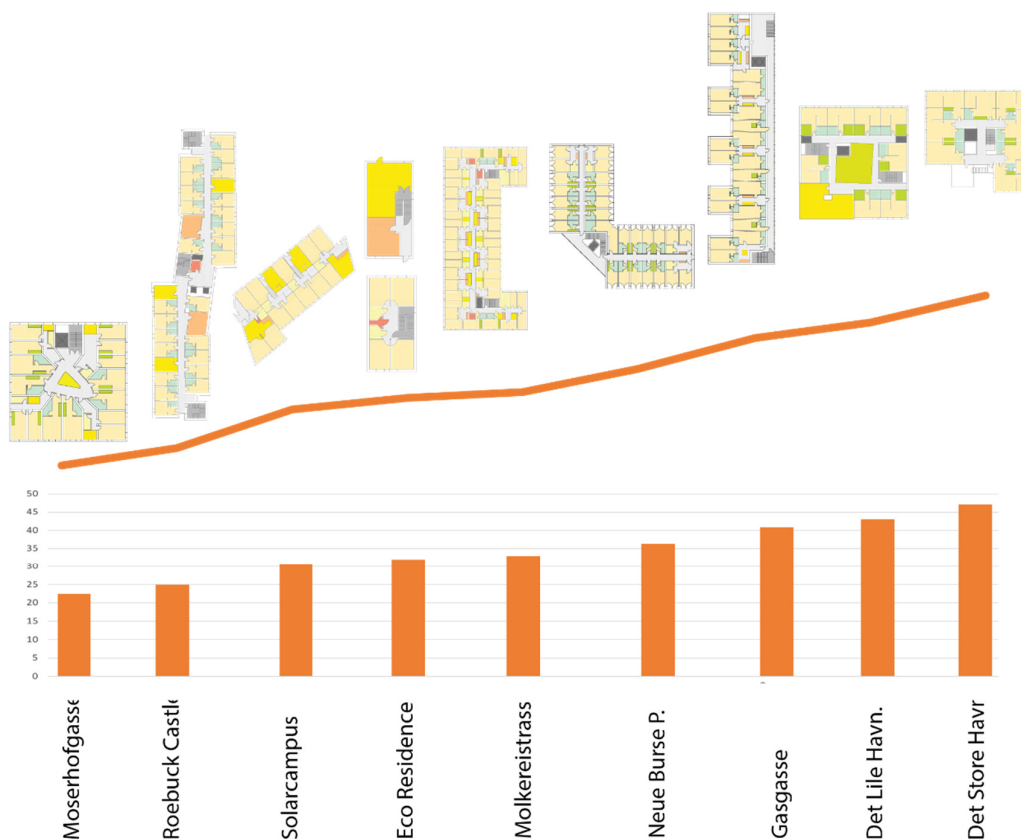
¹⁷² Branco G., Lachal B., et al. (2004) „Predicted versus observed heat consumption of a low energy multifamily complex in Switzerland based on long-term experimental data”. *Energy & Buildings*. 36 (6), 543-555.

¹⁷³ Emery A.F., Kippenhan C.J. (2006) „A long term study of residential home heating consumption and the effect of occupant behavior on homes in the Pacific Northwest constructed according to improved thermal standards”. *Energy*. 31 (5), 677-693.

¹⁷⁴ Gill Z., Tierney M., et al. (2010) „Low-energy dwellings: the contribution of behaviours to actual performance”. *Building Research & Information*. 38 (5), 491-508.

¹⁷⁵ Wu S.R., Greaves M., et al. (2017) „Green buildings need green occupants: a research framework through the lens of the Theory of Planned Behaviour”. *Architectural Science Review*. 60 (1), 5-14.

W toku badań nad ekologicznymi domami studenckimi zauważono zależności między układami funkcjonalnymi budynków a zużyciem w nich energii. Autor dysponował danymi licznikowymi jedynie kilkunastu domów studenckich o różnych standardach energetycznych, z których wybrano dziewięć budynków o podobnym standardzie. Nie jest to skala wystarczająca do stawiania jednoznacznych wniosków, zauważono jednak zależności między układami funkcjonalno-przestrzennymi a zużyciem energii. Porównano układy funkcjonalne i zużycie energii (do ogrzewania, CWU i elektrycznej) w dziewięciu budynkach, które uzyskały status budynków pasywnych w Niemczech, Austrii, Wielkiej Brytanii i Danii. Niższe zużycie energii użytkowej (ogrzewanie i ciepła woda) zaobserwowano w domach studenckich o modułowych układach przestrzennych. Zdecydowanie wyższe zużycie odnotowano w domach studenckich, gdzie formą zamieszkania były jednoosobowe studia z prywatną łazienką i aneksem kuchennym. Podobne zależności odkryto analizując zużycie energii elektrycznej. Przedstawia je poniższy wykres.



Rys. 108 Różnice w zużyciu energii do ogrzewania pomieszczeń w dziewięciu wybranych domach studenckich. Dane licznikowe. Opracowanie: Mokrzecka M.

Istnieją przesłanki do stwierdzenia, że układ funkcjonalno-przestrzenny budynku ma wpływ na zużycie energii elektrycznej oraz użytkowej. W przypadku energii elektrycznej forma zamieszkania przekłada się bezpośrednio na liczbę sprzętów, które pobierają

energię w budynku (lodówki, płyty elektrycznych, piekarniki). W akademikach, w których studio jest dominującą formą zamieszkania, rzeczony sprzęt muszą znaleźć się w każdym apartamencie. W modułowych lub korytarzowych układach przestrzennych użytkownicy korzystają z kilku (nie kilkunastu) kuchenek czy mikrofal, które są dostępne we wspólnych kuchniach. Przeważnie dysponują też mniejszą powierzchnią do przechowywania w lodówkach i zamrażalnikach (więc znów zamiast kilkunastu lodówek na piętrze znajduje się kilka). Układ funkcjonalny domu studenckiego może być istotny w kontekście zużycia zasobów również ze względu na psychologiczne aspekty związane z energią i wodą. W modułach mieszkalnych studenci dzielą łazienkę i kuchnię z przynajmniej jednym współlokatorem, co umożliwia im obserwacje wzajemnych zachowań i skłania do porównań. Dodatkowo, jeżeli wspólnie płacą za zużycie mediów, zwrócą uwagę na wszelkie zachowania, które mogą ich narazić na dodatkowe koszty. Presja społeczna jest istotną motywacją w redukcji zużycia zasobów (Peschiera, Taylor et al. 2010)¹⁷⁶. W studio z prywatną łazienką i aneksem zachowanie mieszkańca nie jest poddawane obserwacji ani ocenie – jeżeli w domu studenckim nie ma podliczników, nikt nie jest go w stanie skontrolować. Brak feedbacku, porównania do innych czy w końcu kary (jaką mógłby być rachunek za media lub reakcja współlokatora) zachęca do wygodnych zachowań – utrzymywania wysokiej temperatury w pomieszczeniu, zostawienia światła w łazience na noc czy długich pryszniców. Obecne trendy projektowe stoją w kontrze do tych rozważań. Wśród 60 domów studenckich poddanych analizie aż w dwudziestu akademikach – 33% występują wyłącznie pokoje typu studio z prywatną łazienką i aneksem kuchennym. Dodatkowe 18% posiada układy mieszane – moduły oraz studio. Jedynie 7% stanowią „tradycyjne” układy korytarzowe, w których studenci dzielą łazienkę i kuchnię z wszystkimi mieszkańcami piętra. Bardziej komfortowy układ korytarzowy, z prywatną łazienką i wspólną kuchnią znajduje się w 17% akademików. W 25% pozostałych budynków występują układy modułowe. 15% posiada wspólną kuchnię i łazienkę dla wszystkich mieszkańców modułu, 10% posiada prywatną łazienkę i wspólną kuchnię.

W analizowanych domach studenckich przeważają pokoje typu studio. Nie wynika to jednak (najprawdopodobniej) z przesłanek prośrodowiskowych, a z reakcji na potrzeby rynkowe. Analizowane obiekty są w większości własnością podmiotów prywatnych, co oznacza, że podlegają prawom rynku – muszą być atrakcyjne dla studentów. Dla studentów z kolei coraz istotniejszy jest komfort zamieszkania i prywatność. Jako

¹⁷⁶ Peschiera G., Taylor J.E., et al. (2010) „Response–relapse patterns of building occupant electricity consumption following exposure to personal, contextualized and occupant peer network utilization data”. *Energy and Buildings*. 42 (8), 1329-1336.

najbardziej pożądaną formę zamieszkania najczęściej wymieniają więc studio z własnym aneksem i łazienką (Verhetsel, Kessels et al. 2017)¹⁷⁷. Badania przeprowadzone wśród studentów pokolenia Y (Milenialsów) i ich rodziców w krajach Europy Zachodniej wskazują, że nie tylko chcą coraz wyższego komfortu zamieszkania w domach studenckich, ale również są gotowi za te udogodnienia zapłacić (La Roche, Flanigan et al. 2010)¹⁷⁸. Nie oznacza to jednak, że studio stanie się jedyną formą zamieszkania. Aby dotrzeć do różnych grup studentów, inwestorzy będą w dalszym ciągu oferować inne, tańsze formy zamieszkania. Istotny może być również wspomniany aspekt wyższej energochłonności budynków posiadających wyłącznie apartamenty typu studio. Innym, ważnym aspektem są również przesłanki psychospołeczne. Badania m.in. Devlin et al. (2008)¹⁷⁹ wykazały, iż studenci mają najwyższe poczucie wspólnoty (wyrażone jako indeks przynależności zgodnie z teorią McMillana i Chavisa (1986)¹⁸⁰)¹⁸¹ w domach studenckich o układzie korytarzowym, pośredni w układach modułowych, a najniższy w studio. Badania Owens koncentrujące się na studentach pierwszego roku i ich rozwoju psychospołecznym w zależności od typu domu studenckiego, w którym mieszkają, wykazały, iż rozwój ten zachodzi lepiej u studentów mieszkających w pokojach w układach korytarzowych lub modułowych niż prywatnych studiach (Owens 2010)¹⁸². W kontekście nowych trendów projektowania są to alarmujące dane, które zostały zauważone zwłaszcza przez Uczelnie Wyższe, które choć tracą na znaczeniu w podziale rynku na rzecz prywatnych inwestorów, to jednak wciąż są na nim obecne. Najnowocześniejsze i najbardziej eksperymentalne domy studenckie w analizowanej w rozprawie grupie powstały jako efekt partnerstwa prywatnych podmiotów i uczelni wyższych. HSB Living Lab oraz Cubity są przykładem najnowszych, wciąż jeszcze niszowych trendów w projektowaniu akademików. W tych budynkach przestrzeń prywatna jest ograniczona do minimum, ale istnieje – w Cubity pokoje mają 7 m²

¹⁷⁷ Verhetsel A., Kessels R., et al. (2017) „Housing preferences among students: collective housing versus individual accommodations? A stated preference study in Antwerp (Belgium)”. *Journal of Housing and the Built Environment*. 32 (3), 449-470.

¹⁷⁸ La Roche C.R., Flanigan M.A., et al. (2010) „Student Housing: Trends, Preferences And Needs”. *Contemporary Issues in Education Research (CIER)*. 3 (10), 45.

¹⁷⁹ Devlin A.S., Donovan S., et al. (2008) „Residence Hall Architecture and Sense of Community: Everything Old Is New Again”. *Environment and Behavior*. 40 (4), 487-521.

¹⁸⁰ McMillan D.W., Chavis D.M. (1986) „Sense of community: A definition and theory”. *Journal of Community Psychology*. 14 (1), 6-23.

¹⁸¹ Poczucie wspólnoty wg McMillana i Chavisa składa się z czterech elementów: przynależności, wpływu, wzmocnienia i dzielenia więzi emocjonalnej. Pierwszy element opisuje poczucie przynależności i relacji. Wpływ mówi o poczuciu znaczenia w grupie i zdolności wpływania na nią. Trzeci to integracja i spełnianie potrzeb. Czwarty – przekonanie, że członkowie grupy będą dzielić razem czas, miejsca, doświadczenia. McMillan i Chavis formułują również definicję: *Poczucie wspólnoty to przekonanie, że członkowie czują przynależność, poczucie, że są nawzajem dla siebie ważni w grupie. Panuje wspólna wiara, że ich potrzeby zostaną spełnione dzięki ich zaangażowaniu w bycie razem* (tłum. M. Mokrzecka).

¹⁸² Owens J.T. „The impact of university housing construction type on psychosocial development of first-year students”, Praca doktorska, ProQuest Dissertations Publishing, 2010212.212.

wielkości, w HSB 10 m². Studenci mają więc własny pokój oraz niewielką prywatną łazienkę. Poza nimi, wszystkie przestrzenie w budynku są wspólne. Ogranicza się więc przestrzeń prywatną na rzecz przestrzeni wspólnej, nie rezygnując jednak zupełnie z tej pierwszej. Pozwala to na rozwój i pielęgnację więzi studenckich, nie ograniczając przy tym komfortu oraz nie zwiększając energochłonności budynku.

5. Domy studenckie w Polsce

W celu opracowania ogólnej charakterystyki domów studenckich w Polsce zebrano dane z czterech miast o największej liczbie studentów. Są to: Warszawa, Kraków, Wrocław i Poznań (dane GUS, 2014)¹⁸³. Dane dotyczą domów studenckich, które są własnością lub są zarządzane przez państwowe uczelnie wyższe.

Charakterystykę rozpoczęto od oszacowania, jaka jest pojemność domów studenckich – jaki procent studentów studiów stacjonarnych są w stanie przyjąć. Rys. 109 pokazuje stosunek liczby miejsc w domach studenckich do liczby studentów studiów stacjonarnych w czterech największych ośrodkach akademickich. Do analizy przyjęto liczbę studentów studiów stacjonarnych, którzy studiują poza miejscem stałego zamieszkania (domem rodzinnym). Na podstawie raportu *Analityka edukacyjna jako narzędzie analiz rekrutacyjnych dla uczelni* przyjęto uśrednioną wartość procentu liczby „rodzimych” studentów do wszystkich studentów na poziomie 30%.

Jak można zaobserwować, najwięcej miejsc w domach studenckich w stosunku do liczby studentów znajduje się w Krakowie (23%), na drugim miejscu znajduje się Wrocław, w którym stosunek studentów do miejsc wynosi 18%. Najmniej miejsc (proporcjonalnie) oferuje Warszawa (Mokrzecka 2015)¹⁸⁴.



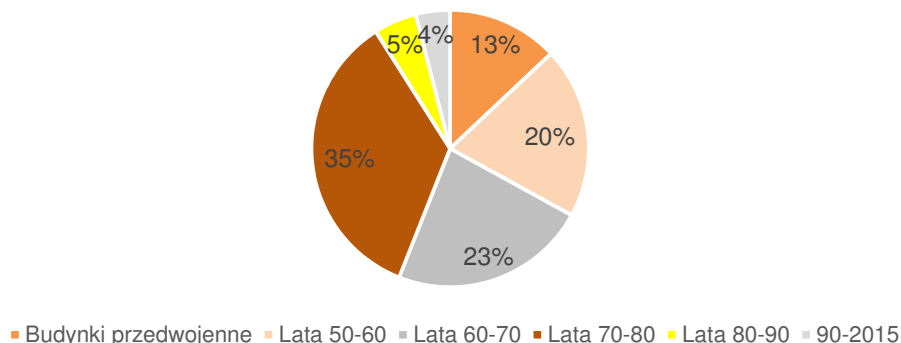
Rys. 109. Stosunek liczby miejsc do liczby studentów wyrażony procentowo. Opracowanie: Mokrzecka M. na podstawie danych GUS.

W drugiej kolejności przeanalizowano strukturę wiekową 130 domów studenckich znajdujących się w Poznaniu, Wrocławiu, Krakowie i Warszawie. 35% budynków stanowią akademiki powstałe w latach 1970-1980. 23% stanowią budynki powstałe w latach 1960-1970, 20% budynki powstałe w latach 1950-1960, 13% budynki

¹⁸³ Szkoły Wyższe i ich finanse, źródło internetowe: <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/edukacja/edukacja/szkoły-wyższe-i-ich-finanse-w-2014-r-,2,11.html#>, dostęp: 23.08.2018

¹⁸⁴ Mokrzecka M. (2015). „Analiza przestrzenno-organizacyjna domów studenckich na przykładzie Politechniki Wrocławskiej”. *Badania i Rozwój Młodych Naukowców w Polsce - monografie*. 2015 (1), 120-129.

przedwojenne, 5% powstałe w latach 1980-1990, 4% powstałe po roku 1990. Strukturę wiekową obrazuje Rys. 110.



Rys. 110 Struktura wiekowa domów studenckich w czterech największych ośrodkach akademickich w Polsce. Opracowanie: Mokrzecka M.

Lata 1960–1980 to okres w polskim budownictwie, w którym budynki zamieszkania zbiorowego powstają przede wszystkim w technologii wielkopłytowej. Domy studenckie powstałe w tym okresie powielają ten schemat. Dodatkowo, budynki powstałe w latach 1970–1980 to w dużej części obiekty budowane na podstawie projektu powtarzalnego poddawanego lokalnie jedynie niewielkim modyfikacjom. Z 45 budynków powstałych w tym okresie, 25 to budynki bazujące na tym samym projekcie architektonicznym. Ze względu na znaczną kubaturę tych obiektów (każdy jest w stanie pomieścić przynajmniej 600 studentów) mieszka w nich 1/3 studentów z analizowanych budynków. Kolejnymi dużymi grupami domów studenckich są budynki powstałe w latach 1950-1960 oraz 1960-1970. W grupie budynków z lat 1950-1960 również część budynków – 34% z powstałych w tym okresie powstało na bazie powtarzalnego projektu. Są to zdecydowanie mniejsze budynki niż omawiane wcześniej obiekty wielkopłytowe. Dysponują około 200 miejscami, co oznacza, że mieszka w nich około 1800 studentów. Budynki powstałe w latach 1960-1970 to przeważnie niższe budynki wielkopłytowe (do pięciu kondygnacji). Istnieją między nimi podobieństwa w układach funkcjonalnych, jednak nie są to budynki powstałe na bazie powtarzalnych projektów.

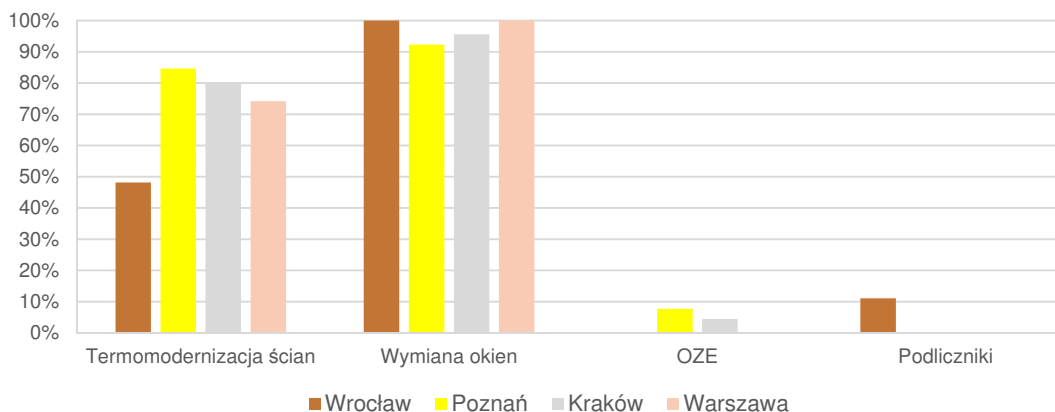
W powyższym zestawieniu zwraca uwagę niewielki procent domów studenckich powstałych w ostatnich dwóch dekadach. Istnieją plany budowy nowych domów studenckich – np. w partnerstwie publiczno-prywatnym na kampusie Morasko w Poznaniu, jednak pomimo podejmowanych prób nie wchodzi w fazę realizacji. Uczelnie często przeznaczają środki na modernizację istniejących obiektów. Na przykładzie Działu domów studenckich Politechniki Wrocławskiej¹⁸⁵ można założyć, że

¹⁸⁵ Dzięki uprzejmości Działu Domów Studenckich.

częściowo wynika to z polityki MNISW, które dofinansowuje modernizacje, a nie nowe inwestycje. Jednocześnie w Polsce zaczynają pojawiać się prywatne domy studenckie. Póki co skala zjawiska nie jest duża – w Poznaniu funkcjonuje jeden obiekt dysponujący 360 pokojami (Polonez). Istnieją również dwie firmy zarządzające kilkoma mniejszymi budynkami w różnych częściach miasta (około 20-30 pokoi w każdym) (Sofa Poznań i Leo i Teo). We Wrocławiu funkcjonuje jeden budynek, działający jednocześnie jako hostel (Trzy Kolory). W trakcie budowy jest obiekt, który w całości będzie funkcjonował jako prywatny dom studencki (LAS). Będzie dysponował około 100 miejscami noclegowymi. W Krakowie funkcjonuje jeden akademik dysponujący 60 miejscami (Akademik). W Warszawie funkcjonują lokalne sieci akademików: Sofa, Studentstay, Mojakademik i pojedyncze obiekty takie jak prywatny akademik katolicki (Praski).

5.1. Wybrane zagadnienia dotyczące energooszczędności w domach studenckich

Na Rys. 111 przedstawiono wybrane rozwiązania związane z energooszczędnością domów studenckich we Wrocławiu, Poznaniu, Krakowie i Warszawie.



Rys. 111 Wybrane rozwiązania energooszczędne w domach studenckich we Wrocławiu, Poznaniu, Krakowie i Warszawie. Wykres przedstawia, w ilu procentach budynków znajduje się dane rozwiązanie. Opracowanie: Mokrzecka M.

Przedstawiono podstawowe informacje na temat termomodernizacji ścian, wymiany okien, pozyskiwania odnawialnych źródeł energii oraz obecności podliczników. Obliczono, w ilu domach studenckich zastosowano dane rozwiązanie. We Wrocławiu, gdzie znajduje się 27 domów studenckich, w 40% z nich ściany poddano termomodernizacji. We wszystkich wymieniono okna, w 11% budynków znajdują się podliczniki i studenci płacą rachunki za zużycie. Wymiana okien jest najczęściej spotykaną strategią ograniczania strat ciepła w wybranych czterech miastach. W około 100% budynków zostały one wymienione na okna z plastikowymi ramami. 80%

akademików w Poznaniu i Krakowie poddano termomodernizacji. We Wrocławiu ten procent jest zdecydowanie mniejszy. Najczęściej modernizowane budynki to obiekty prefabrykowane. Odnawialne źródła energii są pozyskiwane jedynie w kilku budynkach – dwóch w Poznaniu i dwóch w Krakowie. Są w nich zamontowane kolektory słoneczne. Podliczniki znajdują się jedynie we wrocławskich domach studenckich.

5.2. Zagadnienia funkcjonalno-przestrzenne i proekologiczne na przykładzie domów studenckich Politechniki Wrocławskiej

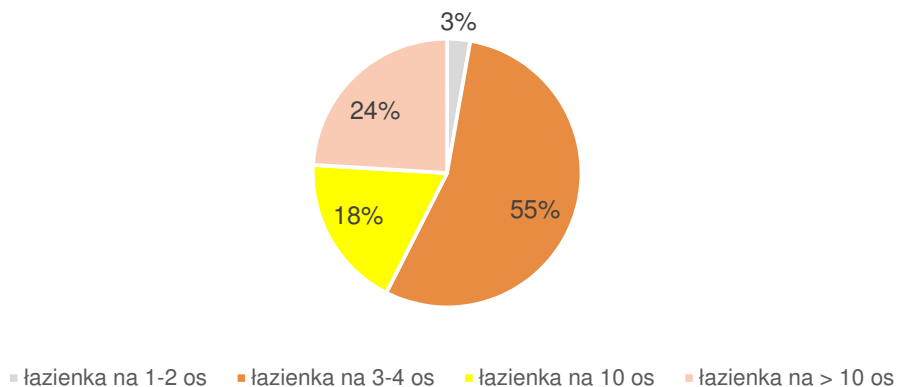
Politechnika Wroclawska ma w swoich zasobach około 3200 miejsc w 10 domach studenckich. Są to budynki:

- Powstałe przed drugą wojną światową: dom studencki T-6 i T-9.
- Z lat pięćdziesiątych: dom studencki T-2, T-3, T-4.
- Z lat siedemdziesiątych: dom studencki T-15, T-16, T-17, T-19 i T-22.

Akademiki T-2, T-3 i T-4 powstały na bazie tego samego projektu architektonicznego. Podobnie akademiki T-16 do T-22. W tabeli Tab. 18 zestawiono cechy architektoniczne i proekologiczne domów studenckich T-2, T-4, T-6, T-9, T-16, T-19, T-22. Dom studencki T-3 posiada takie same cechy architektoniczne i proekologiczne jak dom studencki T-2. Podobnie dom studencki T-15 posiada takie same cechy jak dom studencki T-19. Dom studencki T-17 jest w trakcie modernizacji. Na potrzeby pracy doktorskiej omawia się cechy, które osiągnie po modernizacji (planowane zakończenie: wrzesień 2018).

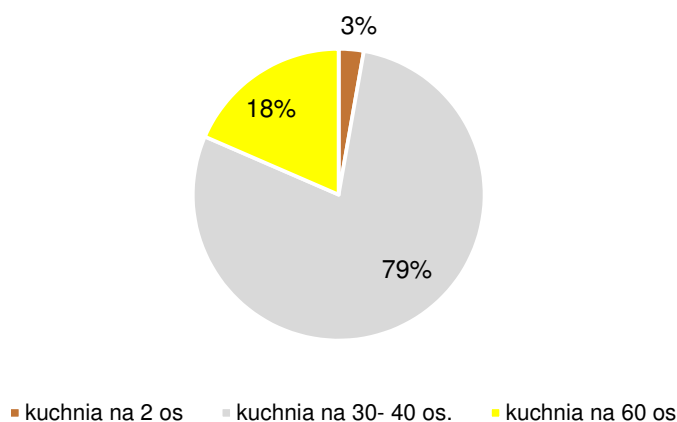
5.2.1. Istniejące rozwiązania funkcjonalno-przestrzenne

W latach 2011-2018 pięć budynków poddano gruntownej modernizacji. Dysponują one 57% miejsc. W trzech budynkach wyremontowano piony sanitarne (18% miejsc). 3% mieszkańców ma prywatną łazienkę lub dzieli ją z jedną osobą. 55% studentów dzieli łazienkę z dwiema lub trzema osobami. 24% miejsc w akademikach to miejsca w budynkach korytarzowych, gdzie na jedną łazienkę przypada więcej niż 10 osób (20-30). Proporcja liczby mieszkańców do liczby węzłów kuchennych jest mniej korzystna niż w przypadku węzłów sanitarnych. Kuchnie w modułach mieszkalnych znajdują się tylko w jednym domu studenckim (T-9). 80% studentów ma do dyspozycji kuchnię dzieloną z 30-40 osobami. 18% dzieli kuchnię z 60 osobami. Proporcję 30-40 osób przypadających na jedną kuchnię oferują domy studenckie T-2, T-3, T-4.



Rys. 112 Podział pokoi w domach studenckich Politechniki Wrocławskiej ze względu na liczbę osób przypadającą na jedną łazienkę. Opracowanie: Mokrzecka M.

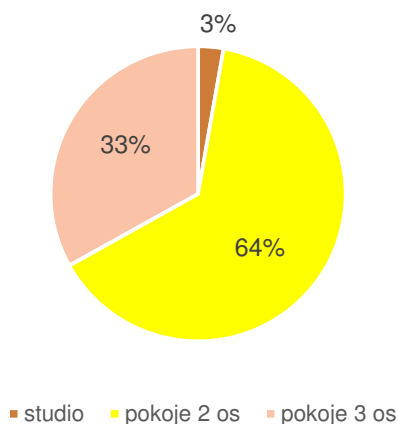
Są to budynki o układzie korytarzowym, na każdym z pięter znajdują się dwa pomieszczenia z oknem, pełniące funkcje kuchni. Są wyposażone w kuchenki gazowe, blaty robocze i zlewy. Ta sama proporcja (kuchnia/os.) występuje w domach studenckich T-15, T-17, T-19 i T-22. Są to akademiki o układzie modułowym. W module studenci dysponują aneksem kuchennym, w którym znajduje się lodówka oraz szafki kuchenne. Nie ma jednak zlewu ani płyty grzewczej. Aneksy nie mają okien. Na piętrze jest jedno pomieszczenie (bez okien) pełniące funkcje kuchni. Znajdują się w nim dwie płyty gazowe, jeden piekarnik oraz jeden lub dwa zlewy. W akademiku T-22 przewidziano dodatkowe pomieszczenie pełniące funkcję zmywalni oraz jadalni. Znajdują się w nim dwa zlewy oraz stół z krzesłami.



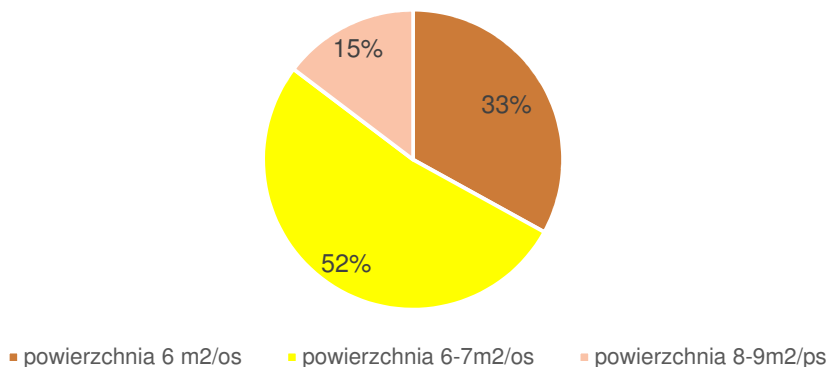
Rys. 113 Procentowy podział liczby miejsc w domach studenckich ze względu na liczbę węzłów kuchennych przypadających na jednego mieszkańca. Opracowanie: Mokrzecka M.

Dział domów studenckich Politechniki Wrocławskiej dysponuje przede wszystkim pokojami dwuosobowymi – jest ich 64%. Pokoje 3-osobowe stanowią 33%. Studia znajdują się wyłącznie w akademiku małżeńskim T-9. Procentowy podział pokoi

przedstawia Rys. 114. Liczba pokoi dwuosobowych stale rośnie ze względu na sposób modernizacji akademików na osiedlu przy ulicy Wittiga. Moduły dziesięcioosobowe są przebudowywane. Pokoje dwuosobowe są pozostawiane w niezmienionym kształcie, natomiast pokoje trzyosobowe są zmniejszane do wielkości dwuosobowych. W module tworzy się miejsce na aneks (patrz Tab. 18, akademik przed modernizacją, T-16 i po modernizacji, T-19).

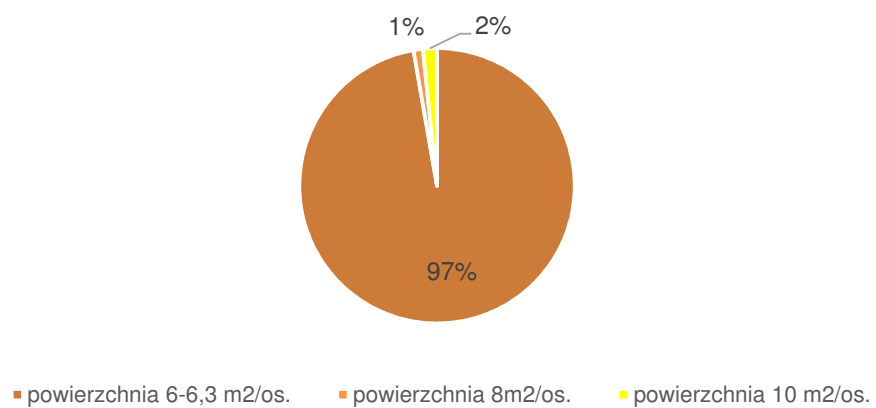


Rys. 114 Procentowy podział pokoi w domach studenckich ze względu na liczbę osób, które w nich zamieszkują. Na wykresie przedstawiono stosunek liczby miejsc w danym rodzaju pokoi do całkowitej liczby miejsc we wszystkich pokojach. Opracowanie: Mokrzecka M.



Rys. 115 Procentowy podział liczby miejsc w pokojach trzyosobowych ze względu na ilość powierzchni przypadającej na jednego mieszkańca. Opracowanie: Mokrzecka M.

Nie zmienia się natomiast powierzchnia przypadająca na jedną osobę w pokoju. W przypadku pokoi trzyosobowych jest to najczęściej 6,7 m²/osobę (52% miejsc). 6 m²/osobę przypada w 33% miejsc. W przypadku pokoi dwuosobowych na osobę przypada przeważnie mniej powierzchni niż w pokojach trzyosobowych. Najczęściej (w 52% miejsc) jest to 6-6,3 m²/osobę. Zależności między powierzchnią a liczbą osób przedstawia wykres na Rys. 115 i Rys. 116.



Rys. 116 Procentowy podział liczby miejsc w pokojach dwuosobowych ze względu na ilość powierzchni przypadającej na jednego mieszkańca. Opracowanie: Mokrzecka M.

I. INFORMACJE OGÓLNE



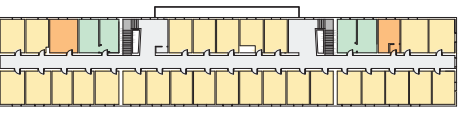


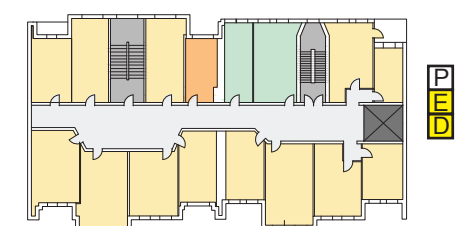


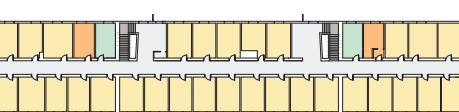


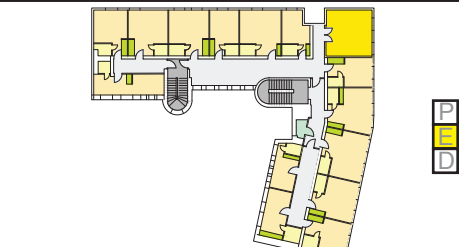



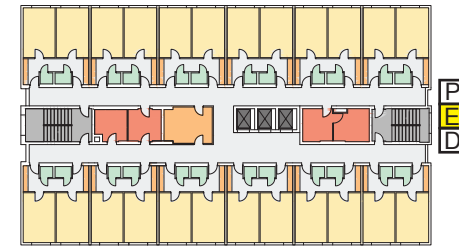



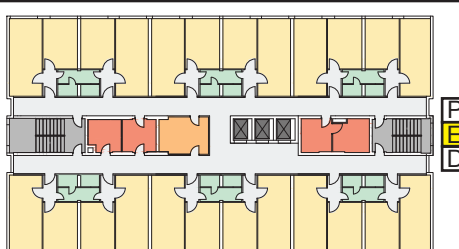



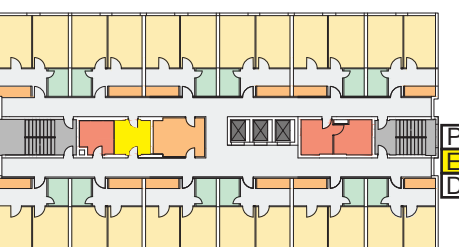
II. ARCHITEKTURA

III. ENERGIA

IV. WODA

V. ODPADY

VI. UŻYTKOWNICY

Nazwa & Architekt	Adres	Rok powstania i/lub modern.	Powierzchnia użytkowa		Typ zamieszkania	Dostępność węzłów kuchennych, sanitarnych, cz. wspólnych	Certyfikacja budynku	Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej	1. Przesłony zew. 2. Jasna kolorystyka elewacji 3. Jasna kolorystyka dachu	Orientacja budynku A/V	Wiodące materiały konstrukcyjne	Klasa energetyczna budynku	Klasa sprzętów	Typ oświetlenia	Aktywne pozyskiwanie energii	Podliczniki, Zaawansowane technologie	Woda oszczędna armatura	Woda szara	Woda deszczowa	Miejsce na recycling w modułach	Informacje wizualne recycling	Interwencje behawioralne	Edukacja rówieśnicza
			Liczba kondygnacji	Liczba mieszkańców																			
 Brak danych	ul. Grunwaldzka 59 50-366 Wrocław	1952 remont łazienek 2015	4 000 m ²	4p	korytarzowy 17-20 m ² pokój 2 os. lub 3 os.	1.39x 	NIE	 PEID		A/V= 0.32	Cegła	brak	brak wymagań	brak wymagań	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE
 Brak danych	ul. Reja 54/56 50-338 Wrocław	1906	3 300 m ²	6p	korytarzowy 12-18 m ² pokój 2 os. lub 3 os.	1.19x 	NIE	 PEID		A/V= 0.29	Cegła	brak	brak wymagań	brak wymagań	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE
 Brak danych	ul. Górnickiego 22 50-337 Wrocław	1954	4 000 m ²	4p	korytarzowy 17-20 m ² pokój 2 os. lub 3 os.	1.39x 	NIE	 PEID		A/V= 0.32	Cegła	brak	brak wymagań	brak wymagań	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE
 Brak danych	ul. Powstańców Śląskich 137 53-317 Wrocław	1920	1 500 m ²	4p	studio 18-30 m ² pokoje dla par/rodzin	1. 	NIE			A/V= 0.36	Cegła	brak	brak wymagań	brak wymagań	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE
 Brak danych	ul. Wróblewskiego 25, 51-627 Wrocław	1980	5 380 m ²	12p	modułowy 12 m ² pokój 2 os.	4x  48x 	NIE	 PEID		A/V= 0.2	Żelbet	brak	brak wymagań	brak wymagań	NIE	TAK studenci płacą rachunki za zużycie energii elektr. i wody	TAK toalety	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE
 Brak danych	ul. Wittiga 4, 51-627 Wrocław	1976	5 380 m ²	12p	modułowy 12 m ² -18 m ² pokój 2 os. lub 3 os.	10x  60x 	NIE	 PEID		A/V= 0.2	Żelbet	brak	brak wymagań	brak wymagań	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE
 Brak danych	ul. Wittiga 8 51-628 Wrocław	1980	5 380 m ²	12p	modułowy 12 m ² pokój 2 os.	4x  48x 	NIE	 PEID		A/V= 0.2	Żelbet	brak	brak wymagań	brak wymagań	NIE	TAK studenci płacą rachunki za zużycie energii elektr. i wody	TAK toalety	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE

5.2.2. Stosowane rozwiązania proekologiczne

W Tabeli nr 18 zestawiono cechy funkcjonalno-przestrzenne i proekologiczne akademików Politechniki Wrocławskiej. Analiza została wykonana analogicznie do przedstawionej w rozdziale trzecim. Budynki Politechniki Wrocławskiej nie zostały certyfikowane energetycznie, w związku z czym nie jest znana ich klasa energetyczna.

Domy studenckie na kampusie Wittiga powstały w latach 1970-1980. W latach 2000-2005 roku wykonano podstawowe prace termoizolacyjne (w tym wymieniono okna). Izolacyjność ścian zewnętrznych jest mimo to na niskim poziomie, $U=0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Stropodachy posiadają oryginalną (lata osiemdziesiąte) izolację z wełny mineralnej. Jedynie w budynku T-22 zastosowano dodatkową izolację w postaci pianki PUR. Brak danych na temat nominalnych wartości współczynników u . Budynki są ogrzewane ciepłem miejskim (ogrzewanie + CWU).

Domy studenckie T-2, T-3, T-4 nie posiadają izolacji termicznej ścian. Stolarka okienna została wymieniona w latach 2002-2005. Akademiki są przyłączone do miejskiej sieci ciepłowniczej. Domy studenckie T-6 i T-9 to budynki, które nie posiadają izolacji termicznej ścian. Stolarka okienna została wymieniona w latach 2005-2010. Budynki są przyłączone do miejskiej sieci ciepłowniczej.

Domy studenckie PWr nie posiadają wymagań dotyczących klasy sprzętów oraz typu oświetlenia. To oznacza, że nie opracowano wytycznych związanych np. z minimalną klasą energetyczną, której muszą odpowiadać nowo kupowane sprzęty (np. pralki, lodówki). W budynkach T-2, T-3, T-4, T-6, T-9, T-16 studenci w dużej mierze są odpowiedzialni we własnym zakresie za wymianę żarówek, co nie sprzyja stosowaniu energooszczędnych źródeł światła. W budynkach po remoncie (T-15, T-17, T-19, T-22) zastosowano świetlówki, które są wymieniane przez administratora budynku. W żadnym z domów studenckich PWr nie zastosowano urządzeń do pozyskiwania odnawialnej energii. Planowano montaż kolektorów słonecznych na dachach domu studenckiego T-2 i T-3, jednak zrezygnowano z tego pomysłu ze względu na brak finansowania. Planowano również montaż pionowych turbin wiatrowych na dachach domów studenckich na osiedlu Wittiga, jednak w tym przypadku zrezygnowano ze względu na protesty mieszkańców (obawiano się drgań konstrukcji). W domach studenckich T-2, T-3, T-4, T-6, T-9 i T-16 studenci nie płacą za zużycie mediów. W budynkach nie ma podliczników, co uniemożliwia wykonanie indywidualnych pomiarów zużycia. O ile w przypadku układów korytarzowych montaż podliczników umożliwiłby szacowanie zużycia wyłącznie w pokojach (kuchnie i łazienki są wspólne i dzielone ze znaczną liczbą osób), o tyle w układach modułowych podliczniki umożliwiłyby pomiar zużycia

w pokojach, łazienkach i aneksach kuchennych. Podliczniki wprowadzono w domach studenckich T-15, T-17, T-19 i T-22. Mierzą zużycie zimnej i ciepłej wody oraz energii elektrycznej w czteroosobowych modułach. Zużycie jest dzielone równo na czterech mieszkańców. Różnica w zużyciu mediów przed i po zastosowaniu podliczników wynosi ok. 10%.¹⁸⁶.

W domu studenckim T-16 zainstalowano system monitorowania i sterowania ogrzewaniem, który umożliwia dostosowanie temperatury do warunków panujących na zewnątrz. System mierzy warunki atmosferyczne (temperaturę, siłę wiatru i nasłonecznienie) i na podstawie tych informacji ustawia temperaturę w węźle cieplnym. Studenci mają możliwość indywidualnej regulacji grzejników w pokojach, ale tylko w ramach temperatury ustalonej na węźle.

W domach studenckich nie stosuje się recyklingu wody. W modernizowanych budynkach stosuje się spluczki typu dual-flush, uwalniające mniejszą ilość wody. Poza tym nie stosuje się wodooszczędnej armatury. W modułach nie ma miejsca na kosze do recyklingu. Brakuje również koszy do segregacji we wspólnych kuchniach. W domach studenckich nie stosuje się edukacji rówieśniczej ani interwencji behawioralnych. Badania ankietowe wykazały, że studenci są zainteresowani wzięciem udziału w tego typu interwencjach (Mokrzecka, Kowalczyk 2017)¹⁸⁷.

5.3. Podsumowanie

W rozdziale piątym scharakteryzowano strukturę wiekową i typy domów studenckich w Polsce. Charakterystyki dokonano na podstawie danych z czterech miast Polski – Warszawy, Krakowa, Wrocławia i Poznania. Miasta wybrano ze względu na liczbę uczących się w nich studentów.

Najwięcej domów studenckich w czterech analizowanych miastach powstało w latach 1970-1980 (35%). Z 45 budynków powstałych w tym okresie 25 bazuje na tym samym projekcie architektonicznym (poddawanym niewielkim modyfikacjom). Jest to budynek jedenastopiętrowy, z parterem przeznaczonym na zmienne funkcje (administracyjno-usługowe) oraz powtarzalnym układem kondygnacji od 1 do 10. Kondygnacje są podzielone na dziesięcioosobowe moduły mieszkalne. Każdy moduł składa się

¹⁸⁶ Informacje podane na stronie nr 104 zostały uzyskane od Dyrektora Działu Domów Studenckich PWr, Michała Skalna w czasie wywiadu przeprowadzonego dn. 08.03.2018 r.

¹⁸⁷ Mokrzecka M., Kowalczyk K. (2017). „A study of pro-environmental behaviors in Polish student dormitories”. City Health, Bassel, Swizierland.

z czterech pokoiów oraz wspólnej, przechodniej łazienki. Na piętrze znajduje się jedna wspólna kuchnia i pomieszczenia techniczne.

Po scharakteryzowaniu typów domów studenckich wykonano analizę rozwiązań funkcjonalno-przestrzennych i proekologicznych na przykładzie akademików Politechniki Wrocławskiej. Zauważono tą samą tendencję związaną z rodzajami budynków – najczęściej studentów mieszka w opisanych powyższej, jedenastopiętrowych domach studenckich. 55% studentów dzieli łazienkę z trzema lub czterema osobami. 80% dzieli kuchnię z 30-40 osobami. Najczęściej (64%) studenci mieszkają w pokojach dwuosobowych i dysponują ok. 6-6,3 m² powierzchni. W zdecydowanej większości akademików nie występują rozwiązania proekologiczne, które analizowano w rozdziale trzecim.

Jak wykazano w niniejszym rozdziale, polskie uczelnie w znikomym stopniu inwestują w budowę nowych domów studenckich. Dla autora pracy istotną wartością opracowania jest jego potencjał wdrożeniowy. Zdecydowano, że dalsza analiza, koncentrująca się na wybranym studium przypadku powinna dotyczyć istniejących domów studenckich i uwzględniać ich modernizację w kierunku obiektów bardziej prośrodowiskowych niż są obecnie. Wybrano dom studencki T-16 znajdujący się na kampusie Politechniki Wrocławskiej. Przyjęto założenie, że diagnoza jego obecnego stanu i wskazanie zasadnych do zastosowania (pod względem oszczędności surowców oraz przy uwzględnieniu czynnika ekonomicznego) metod modernizacji może w realny sposób przyczynić się do redukcji zużycia zasobów w tym budynku. Ponadto, badania i doświadczenia uzyskane w czasie pracy nad domem studenckim T-16 mogą być również wykorzystane w 25 innych obiektach tego typu w Polsce.

6. Domy studenckie na kampusie Wittiga. Wieloaspektowa charakterystyka domu studenckiego T-16

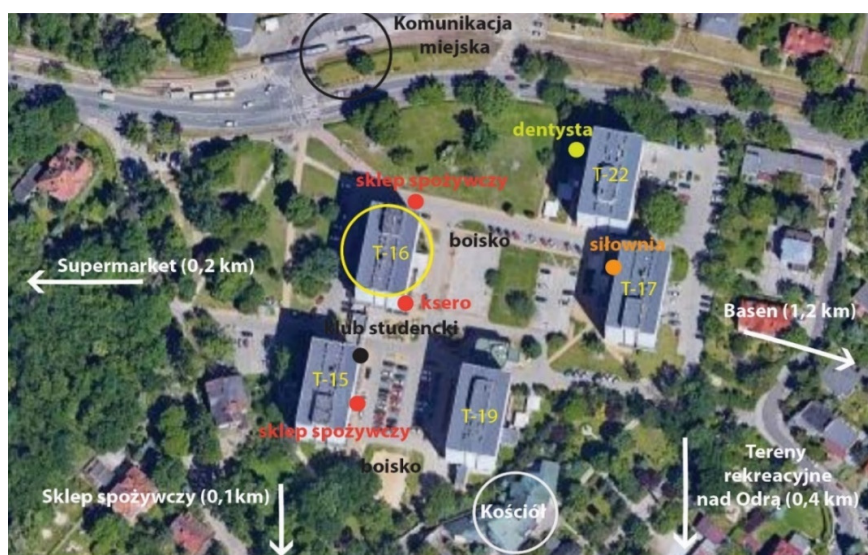
W rozdziale szóstym prezentuje się badania dotyczące domu studenckiego T-16 położonego przy ulicy Edwarda Wittiga 4 we Wrocławiu. Celem badań wykonanych w poniższym rozdziale jest diagnoza: zagadnień funkcjonalno-przestrzennych, komfortu termicznego, zużycia zasobów oraz nawyków prośrodowiskowych mieszkańców. W rozdziale omówione zostały również zmiany funkcjonalno-przestrzenne przestrzeni w domach studenckich na kampusie Wittiga.

6.1. Dom studencki T-16 - wprowadzenie

Akademik T-16 jest częścią kampusu Wittiga. Przedstawiono położenie w stosunku do uczelni oraz centrum miasta oraz mapę osiedla.

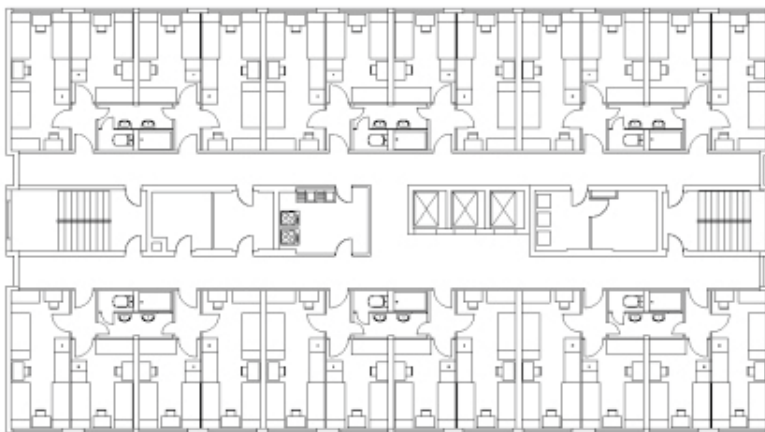


Rys. 117 Lokalizacja kampusu Wittiga na mapie miasta. Opracowanie: Mokrzecka M. na podstawie google maps.



Rys. 118 Kampus studencki przy Ulicy Wittiga. Opracowanie: Mokrzecka M., na podstawie google maps

Kampus Wittiga składa się z pięciu domów studenckich. Jest zamieszkały przez około 1800 studentów, dom studencki T-17 jest wyłączony z użytkowania ze względu na modernizację (stan na maj 2018). Osiedle jest dobrze skomunikowane z Placem Grunwaldzkim i centrum miasta. Przystanki komunikacji tramwajowej i autobusowej znajdują się w odległości 20-50 metrów od akademików. Na osiedlu działają punkty usługowe – dwa niewielkie sklepy spożywcze i gabinet dentystyczny. W akademiku T-17 znajduje się studencka siłownia (obecnie nie funkcjonuje), w T-19 przewidziano stołówkę (nie funkcjonuje). W domu studenckim T-15 działa klub studencki „Bajer”. W centralnym punkcie kampusu znajdują się dwa betonowe boiska (jedno funkcjonuje jako parking). Parkingi znajdują się również przed akademikiem T-15, między T-15 i T-19 oraz za akademikiem T-22 (od strony wschodniej). Bezpośrednio przy kampusie zlokalizowano kościół. W odległości 100-200 metrów znajdują się dwa duże sklepy spożywcze. Około 1,2 km dzieli kampus od basenu sportowego (Uniwersytetu Przyrodniczego). Osiedle jest położone w malowniczym miejscu, blisko terenów rekreacyjnych wokół Hali Stulecia oraz niedaleko terenów rekreacyjnych nad Odrą.

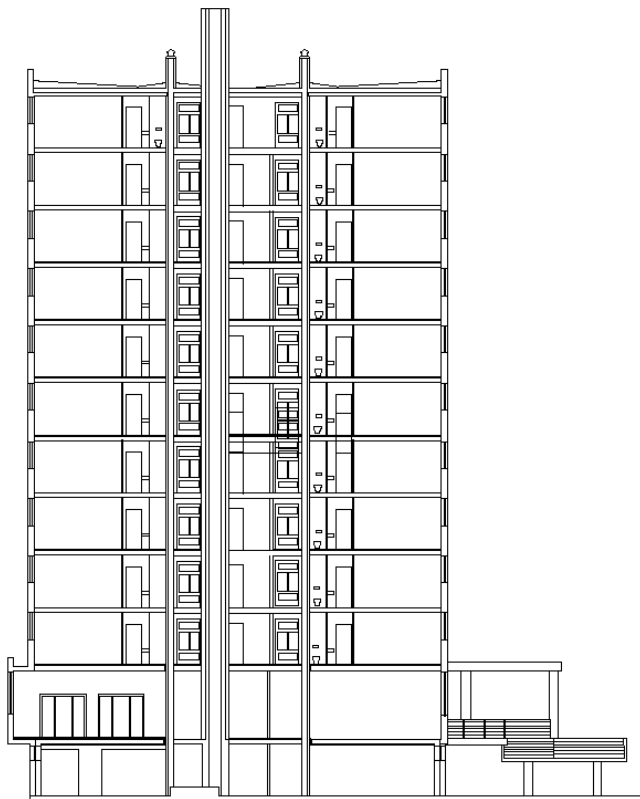


Rys. 119 Rzut kondygnacji powtarzalnej (mieszkalnej) w domu studenckim T-16. Opracowanie: Mokrzecka M.

Dom studencki T-16 powstał w 1976 roku. Na Rys. 119 przedstawiono schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej. Na każdym piętrze mieszka sześćdziesięciu studentów zakwaterowanych w sześciu modułach. Każdy moduł posiada dwa pokoje dwuosobowe (w środku modułu) i dwa pokoje trzyosobowe (po zewnętrznych stronach modułu). Dwa pokoje (dwuosobowy i trzyosobowy) mają wspólne wejście

Między pokojami znajduje się łazienka z dwoma umywalkami, wydzieloną kabiną prysznicową oraz toaletą. Pokoje są rozlokowane wzdłuż dłuższych boków budynku. W części środkowej, między dwoma ciągami komunikacyjnymi znajdują się: dwie klatki schodowe, umieszczone przy krótszych bokach budynku, pralnia z suszarnią, kuchnia, trzy windy osobowe oraz pomieszczenia techniczne. W każdej kuchni znajdują się trzy kuchenki gazowe z piekarnikami oraz dwa zlewozmywaki. Na parterze znajdują się

pomieszczenia administracji budynku, pomieszczenia usługowe (punkt ksero oraz sklep spożywczy), sala bilardowa, kreślarnia (służąca jako pokój wspólny), portiernia oraz pomieszczenia techniczne. Poniżej przedstawiono schematyczny przekrój poprzeczny przez dom studencki.



Rys. 120 Przekrój poprzeczny przez dom studencki T-16.
Opracowanie: Mokrzecka M.



Rys. 121 Dom studencki T-16, fot. Mokrzecka M..



Rys. 122 Tereny rekreacyjne na kampusie Wittiga, fot. Mokrzecka M.



Rys. 123 Kuchnie w domu studenckim T-16, fot. Mokrzecka M.



Rys. 124 Pokój trzyosobowy w domu studenckim T-16, fot. Mokrzecka M.



Rys. 125 Pokój trzyosobowy w domu studenckim T-16, fot. Mokrzecka M.



Rys. 126 Łazienka w T-16, fot. Mokrzecka M.



Rys. 127 Korytarze w T-16, fot. Mokrzecka M.



Rys. 128 Klatka schodowa, fot. Mokrzecka M.

6.2. Konstrukcja i zużycie zasobów

Konstrukcja budynku jest żelbetowa, monolityczna o poprzecznym układzie. Zastosowano stropy żelbetowe, prefabrykowane z płyt kanałowych. Wsparto je na słupach i ścianach żelbetowych. Ściany podłużne są wykonane częściowo z płyt

kanałowych. Od strony zachodniej, w celu uzyskania usztywnienia wzdłużnego konstrukcji stropowej zastosowano rygle, wsparte w swoim końcowym przewieszeniu na słupach zewnętrznych, które stężono monolitycznymi tarczownicami. Poniżej podano wybrane parametry techniczne:

- powierzchnia zabudowy 732,00 m²,
- powierzchnia użytkowa 4 670,00 m²,
- powierzchnia całkowita 8 800,00 m²,
- kubatura budynku 25 883,00 m³,
- ilość kondygnacji nadziemnych 11,
- ilość kondygnacji podziemnych 1,
- wysokość budynku 33,00 m.

Przegrody zewnętrzne:	
Ściany (kondygnacje 0-1)	Tynk, 8 cm styropianu, 19 cm ściana żelbetowa, tynku=0,39 W/m ² K
Ściany (kondygnacje 2-10)	5,5 cm Blacha T-55, 6 cm maty z wełny mineralnej, 19 cm ściana żelbetowa, tynk U=0,46 W/m ² K
Stropodach	2x papa termozgrzewalna, warstwa wełny mineralnej (ok 6 cm), 20 cm płyty panwiowe, tynk U=0,35 W/m ² K,
Strop nad piwnicą	Chudy beton, żelbet, izolacja przeciwwilgociowa, chudy beton, ok. 10 cm EPS, jastrych, płytki, U=0,4 W/m ² K
Okna	U _w = 2,7 W/m ² K
Procent przeszkleń na elewacjach	Północno-wschodnia: 30% Południowo-wschodnia: 15% Południowo-zachodnia: 30% Północno-zachodnia: 15%
A/V	0,2m ² /m ³
Systemy HVAC	
Wentylacja	Naturalna, wymiana powietrza przez okna. W niektórych pokojach wentylacja grawitacyjna. W łazienkach wentylacja grawitacyjna. W kuchniach oraz korytarzach wentylacja grawitacyjna wspomagana mechanicznie.
Ogrzewanie	Ciepło miejskie
Źródło ciepła	Ciepło miejskie
Ciepła woda	Ciepło miejskie
Obciążenie grzewcze	Brak danych (zarządca nie posiada danych)
Zapotrzebowanie na energię do ogrzewania	Brak danych
Odnawialne źródła energii	Nie

Tab. 19 Zestawienie przegród zewnętrznych oraz systemów HVAC w akademiku T-16. Opracowanie: M. Mokrzecka

Zużycie licznikowe:

Ogrzewanie	184,75 kWh/m²/a
Podgrzewanie CWU (okres grzewczy)	82,4 kWh/m ² /a
Zużycie energii elektrycznej (mieszkańcy w modułach – nie uwzględniając wspólnych kuchni)-dane szacunkowe	34 kWh/m ² /a
Woda (ciepła i zimna) - dane szacunkowe	15,5 m ³ /os

Tab. 20 Zużycie licznikowe – energia i woda w akademiku T-16.**Zużycie energii cieplnej, elektrycznej i wody w budynku:**

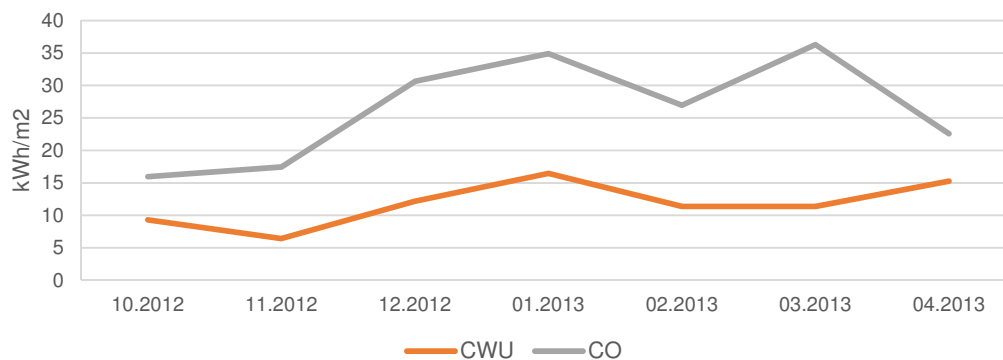
Pomiar zużycia zasobów, a zwłaszcza wody na kampusie Wittiga jest utrudniony. Przez wiele lat (zanim zaczęto montować podliczniki w modułach) praktycznie niemożliwe było np. oszacowanie zużycia wody w jednym budynku. W czasie budowy całe osiedle zostało podłączone do jednego, głównego wodomierza. Zliczał on całkowite zużycie wody (również w częściach usługowych takich jak stołówka czy siłownia), co uniemożliwiało wiarygodne oszacowanie zużycia przez mieszkańców. W roku 2011 wraz z modernizacją najstarszego domu studenckiego T-15 rozpoczęto montaż podliczników w modułach. Obecnie (stan na maj 2018 roku) podliczniki znajdują się również w budynku T-19 i T-22. Podliczniki mierzą zużycie energii elektrycznej oraz wody ciepłej i zimnej w modułach. Na podstawie ich odczytów w dalszym ciągu jednak nie ma możliwości dokładnych pomiarów zużycia w budynku – wspólne kuchnie oraz parter użytkowy nie są opomiarowane. Obecność podliczników umożliwia jednak uzyskanie szacunkowych danych zużycia. W podrozdziale zaprezentowano szacunkowe dane dotyczące zużycia energii cieplnej, elektrycznej i wody w budynku T-16. W budynku nie ma podliczników, istnieje jednak centralny system sterowania węzłem ciepłym, który monitoruje zużycie w całym obiekcie. Umożliwia to dość dokładne oszacowanie zużycia w przeliczeniu na kWh/m²/a.

Poniżej przedstawiono zużycie energii do ogrzewania i wentylacji pomieszczeń i przygotowania ciepłej wody użytkowej w poszczególnych miesiącach, odnotowane w okresie grzewczym 2012//13¹⁸⁸.

Zużycie energii końcowej do ogrzewania i wentylacji wyniosło w ciągu całego okresu grzewczego 184,75 kWh/m². Zużycie energii do podgrzania ciepłej wody użytkowej wyniosło (tylko w okresie grzewczym)¹⁸⁹ 82,4 kWh/m².

¹⁸⁸ Dane udostępnione przez Dział Domów Studenckich Politechniki Wrocławskiej.

¹⁸⁹ Brak dostępu do danych rocznych.

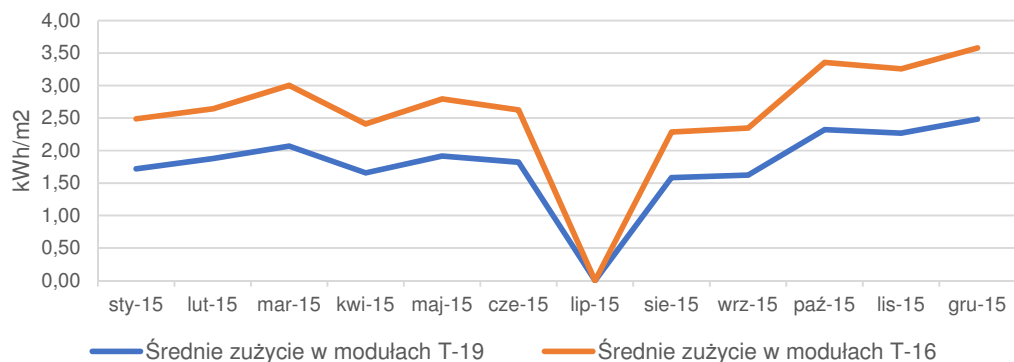


Rys. 129 Zużycie energii do ogrzewania w budynku T-16, w okresie grzewczym 2012/2013 wyrażone w kWh/m²/a. Opracowanie: Mokrzecka M.

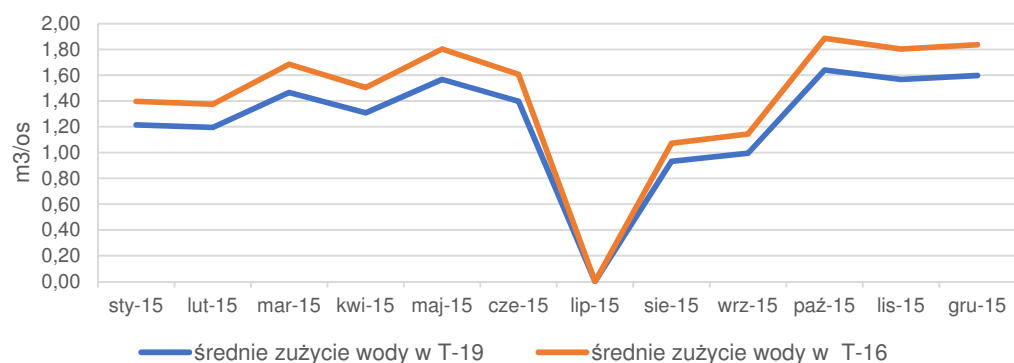
Zużycie energii kształtuje się na zbliżonym poziomie do omawianego w rozdziale czwartym zużycia w budynkach Neue Burse (161 kWh/m²/a) przed termomodernizacją.

Do oszacowania zużycia energii elektrycznej i wody wykorzystano dane uzyskane z podliczników zamontowanych w domu studenckim T-19 przedstawione na Rys. 130 i Rys. 131¹⁹⁰ Uśredniono zużycie wszystkich czteroosobowych modułów w budynku w poszczególnych miesiącach roku. Poniżej przedstawiono uśrednione zużycie energii elektrycznej i wody w kolejnych miesiącach roku 2015. W poniższym zużyciu nie uwzględniono zużycia wody i energii w częściach wspólnych budynku ze względu na brak możliwości pomiaru. Brak informacji na temat zużycia wody i energii elektrycznej w częściach wspólnych – kuchniach i pralniach stanowi znaczącą limitację i uniemożliwia wiarygodne porównania analizowanych zużyć wody i energii do zużyć w innych domach studenckich. Główną limitacją jest jednak brak możliwości zbadania zużycia wody i prądu bezpośrednio w domu studenckim T-16, a co za tym idzie uwzględnienia wpływu stanu instalacji elektrycznej i wodno-kanalizacyjnej. Wizja lokalna opisana w kolejnym podpunkcie pokazuje, iż jest to wpływ znaczący, co oznacza, iż dane dot. wody i energii w T-16 należy traktować jako poglądowe – w rzeczywistości zużycie wody i energii jest wyższe.

¹⁹⁰ Aby oszacować zużycie energii elektrycznej w domu studenckim T-16, przyjęto następujące założenia: średnie zużycie energii elektrycznej w modułach T-19 podzielono przez liczbę mieszkańców (4) i następnie pomnożono przez liczbę mieszkańców modułów domu T-16 (10). Otrzymane zużycie pomnożono o współczynnik korekcji 1,15 wynikający z doświadczeń Działu Domów Studenckich PWR i następnie podzielono przez wielkość modułu w T-16. Dział domów przeprowadził próby w budynkach z podlicznikami, licząc zużycie wody i energii przed i po uruchomieniu podliczników (i co za tym idzie obciążeniu studentów rachunkami). Różnica w zużyciu wyniosła 15%.



Rys. 130 Średnie miesięczne zużycie energii elektrycznej w module domu studenckiego T-19 i T-16 kWh/m² w kolejnych miesiącach 2015 roku. Opracowanie: Mokrzecka M.



Rys. 131 Średnie miesięczne zużycie wody (cieplej i zimnej) w module domu studenckiego T-19 i T-16 (m³/os) w kolejnych miesiącach 2015 roku. Opracowanie: Mokrzecka M.

Stan techniczny

Budynek T-16 to obiekt wymagający gruntownej modernizacji. Wnętrza budynku noszą widoczne ślady wieloletniej eksploatacji. Pokoje studenckie wymagają podstawowego remontu (liczne zniszczenia na ścianach i podłogach). Biorąc pod uwagę obecne standardy zamieszkania, za problematyczne uważa się kwaterowanie studentów w pokojach trzyosobowych. Ze względu na brak miejsca w modułach, w pokojach (zarówno dwu-, jak i trzyosobowych) znajdują się lodówki oraz szafki, w których studenci trzymają żywność, ale także np. brudne naczynia. Składują również odpady. Jest to środowisko sprzyjające rozwojowi insektów i bakterii. Studenci uczą się, jedzą, spędzają wolny czas i śpią w tym samym miejscu, posiadając około 6 m² przypadających na jedną osobę. Problemem jest przede wszystkim brak wydzielonego w module miejsca na trzymanie pożywienia (poza pokojem mieszkalnym) oraz składowanie odpadów. Ponadto brakuje części wspólnych czy miejsc, w których mieszkańcy mogliby zjeść posiłek (innych niż biurko, przy którym pracują). Na parterze budynku znajduje się sala,

która może być wykorzystana do nauki, jednak brakuje w niej podstawowej infrastruktury (biurek, oświetlenia biurkowego, gniazdek, dostępu do Internetu).

Rozważając kwestie techniczne w budynku i uwzględniając inwentaryzację wykonaną w powstałym w podobnym okresie domu studenckim T-15, stwierdza się, że:

- W pokojach mieszkalnych wentylacja jest możliwa głównie przez otwarcie okien. Okna nie posiadają nawietrzaków i (na podstawie inwentaryzacji w akademiku T-15) zakłada się, że ze względów technicznych nie ma możliwości ich zamontowania.
- W przedsiionkach modułowych brak wentylacji sprawia nagromadzenie zapachów oraz podwyższoną temperaturę w okresie letnim.
- Kanały wentylacyjne w łazienkach (rury żeliwne o średnicy 10 cm) są częściowo niedrożne, co sprawia, że wentylacja nie jest dostateczna. Obserwacje własne wykonane w T-16, potwierdzają to przypuszczenie. W łazienkach panuje znaczna wilgotność i odczuwalne są nieprzyjemne zapachy. W części prysznicowej zauważono pleśń.
- W łazienkach zidentyfikowano liczne nieszczelności i przecieki z urządzeń sanitarnych.
- W kuchniach wentylacja nie jest wystarczająca.
- Parametry związane z izolacyjnością budynku nie spełniają obecnych norm.

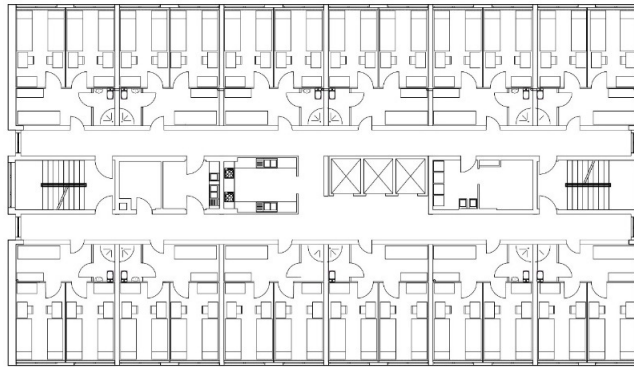


Rys. 132 Łazienki w domu studenckim T-16. Fot. Mokrzecka M.

6.3. Zagadnienia funkcjonalno-przestrzenne

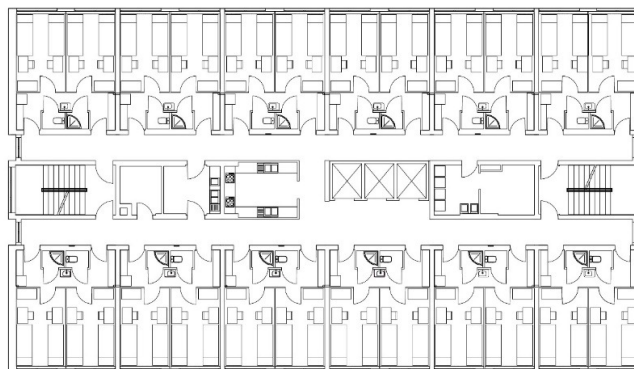
W latach 1970-2015 układ funkcjonalny czterech domów studenckich na osiedlu Wittiga był powtarzalny. Kondygnacje mieszkalne zostały zaprojektowane w sposób przedstawiony na Rys. 119. Jeden dom studencki, a właściwie dom asystenta różnił się układem funkcjonalnym. Przedstawiono go poniżej. Od roku 2015 rozpoczęto modernizację kolejnych domów studenckich. Obecnie (05.2018) zmodernizowano dom studencki T-15 oraz T-19 oraz dom asystenta, przekwalifikowany na dom studencki dla

doktorantów i studentów T-22. Modernizacja w budynkach T-15 i T-19 miała zbliżone założenia. Dziesięcioosobowe moduły zostały podzielone na dwa moduły czteroosobowe. Pokój trzyosobowy został zmniejszony. Z części pokoju trzyosobowego i przedsiönka wydzielono aneks kuchenny oraz strefę wejściową do modułu. Rzut domu studenckiego T-19 przedstawiono poniżej.



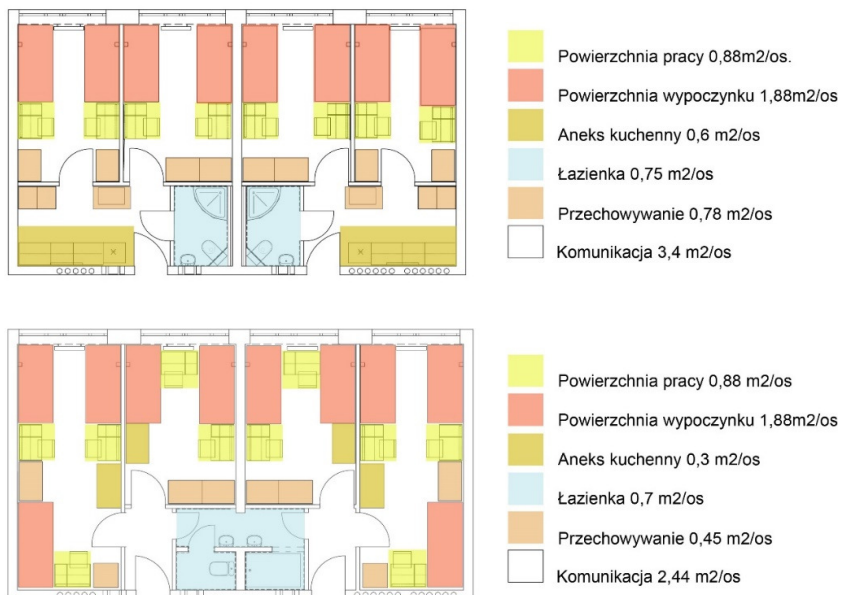
Rys. 133 Schematyczny rzut domu studenckiego T-19. Stan po modernizacji. Opracowanie: Mokrzecka M.

Na parterze domu studenckiego T-19 znajdują się pomieszczenia administracji oraz stołówka z zapleczem kuchennym. Stołówka nie funkcjonuje. W domu studenckim T-15 na parterze znajdują się pomieszczenia administracji, pomieszczenia biurowe oraz klub studencki. Podziały funkcjonalne w domu studenckim T-22 pozostały bez zmian. Modernizacja miała na celu poprawę stanu instalacji oraz warunków bytowych w domu studenckim. Na piętrach przeznaczonych dla doktorantów przewidziano pokoje jednoosobowe (moduły dwuosobowe). Na piętrach studenckich znajdują się pokoje dwuosobowe. Na parterze obiektu znajdują się pomieszczenia administracji, gabinet dentystyczny, sala nauki oraz sala telewizyjna. Rzut zmodernizowanego domu studenckiego przedstawiono poniżej.



Rys. 134 Schematyczny rzut domu studenckiego T-22. Stan po modernizacji. Opracowanie: Mokrzecka M.

Zmiany w kształtowaniu przestrzeni na piętrach mieszkalnych z podziałem na powierzchnię o określonych funkcjach przedstawia rysunek.



Rys. 135 Zmiany w kształtowaniu powierzchni mieszkalnych w domach studenckich na Wittiga. Na dole dom studencki przed modernizacją, na górze po modernizacji. Opracowanie: Mokrzecka M.

Modernizacja modułów mieszkalnych miała podnieść jakość zamieszkania studentów. Analizując powyższy schemat zauważa się, że zmianie ilościowej uległy przede wszystkim powierzchnie do przechowywania – studenci zyskali znacznie więcej miejsca na swoje rzeczy oraz otrzymali wydzielony aneks kuchenny znajdujący się poza pokojem. W aneksie przechowuje się produkty spożywcze oraz naczynia. W jego skład wchodzi lodówka oraz szafki kuchenne. Przed modernizacją lodówka oraz szafki z produktami spożywczymi znajdowały się w pokoju, co z punktu widzenia higieny i jakości powietrza w pomieszczeniach jest dyskusyjne. Studenci zyskali także miejsce na buty i płaszcze (wcześniej przechowywali je w pokojach). Większe łazienki, dzielone z mniejszą liczbą osób, umożliwiły przechowywanie w nich przyborów higienicznych. W odnowionych domach studenckich na jedną łazienkę przypadają cztery osoby (wcześniej dziesięć). Łazienka przed modernizacją była zaprojektowana w sposób, który pozwalał na jednoczesne korzystanie z niej czterech osób – osobna toaleta i kabina prysznicowa oraz dwie umywalki. Po remoncie wszystkie funkcje zamknięto w jednym pomieszczeniu, co ograniczyło jego przepustowość.

Niewielka powierzchnia modułów, układ konstrukcyjny budynku i wymagania przeciwpożarowe ograniczyły możliwości zmian układów funkcjonalnych. Studenci nie zyskali miejsca do spożywania wspólnych posiłków w modułach czy znacząco większej przestrzeni życiowej. Miejsca do wspólnych posiłków wprowadzono w kuchniach (T-19

oraz T-22), jednak brak dostępu do światła dziennego i intensywne wykorzystanie tej przestrzeni do gotowania i zmywania naczyń (z jednej kuchni korzysta 48 mieszkańców) mają negatywny wpływ na jej atrakcyjność. Analizując rzuty kondygnacji mieszkalnych stwierdza się ograniczoną możliwość ingerencji w przestrzeń modułów oraz przestrzeń wspólną na piętrze. Zidentyfikowano następujące problemy przestrzenne:

- niewielka powierzchnia mieszkalna przypadająca na osobę,
- brak doświetlenia światłem naturalnym środkowej części piętra oraz części modułów mieszkalnych,
- brak przestrzeni wspólnych doświetlonych światłem naturalnym,
- brak możliwości przewietrzania modułów mieszkalnych.

Studenci nie dysponują przestrzeniami wspólnymi na piętrach, jednak miejsce na nie przewidziano na parterach budynków. Poniżej przedstawiono schematyczny podział funkcji na przykładzie rzutu parteru budynku T-16.



Rys. 136 Schemat funkcjonalny parteru domu studenckiego T-16. Opracowanie: Mokrzecka M..

Zauważa się, że znaczną część kondygnacji zajmują pomieszczenia zaprojektowane jako części wspólne – kreślarnia (obecnie pokój do nauki), sala telewizyjna, świetlica,

w której do końca roku akademickiego 2016/17 funkcjonował sklep spożywczy, znajdował się stół do tenisa stołowego oraz bilard. Od roku 2017/18 pomieszczenie ze sklepem zostało przekazane organizacjom studenckim, które mają tam biura. Pokój do nauki i sala telewizyjna są wyposażone w podstawowym zakresie – brakuje niezbędnych mebli i gniazdek elektrycznych. W czasie roku akademickiego pomieszczenie jest wykorzystywane okazjonalnie, studenci wynajmują je na organizacje spotkań i wydarzeń tanecznych. Pomieszczenia znajdujące się od strony wschodniej budynku zajmuje administracja (kierownik, zastępca, portier) i zaplecze techniczne. Część pomieszczeń jest wynajmowanych – w ubiegłych latach znajdowało się w nich ksero.

Dom studencki T-16 posiada najwięcej przestrzeni wspólnych, które mogłyby być w dowolny sposób wykorzystane przez studentów, w porównaniu do innych domów studenckich przy Wittiga. Znaczna część parterów pozostałych akademików spełnia zdefiniowane ogólnie funkcje – znajduje się w nich klub studencki, stołówka, siłownia. Każdy z nich posiada jednak przestrzenie (takie jak hall wejściowy, pomieszczenia biurowe), które posiadają niewykorzystany potencjał aranżacyjny i które mogłyby służyć studentom jako miejsce spotkań i rekreacji.

6.4. Proekologiczne zachowania mieszkańców osiedla – badanie ankietowe

Przeprowadzono badania ilościowe wśród mieszkańców osiedla przy ulicy Wittiga. Celem badań było uzyskanie informacji na temat:

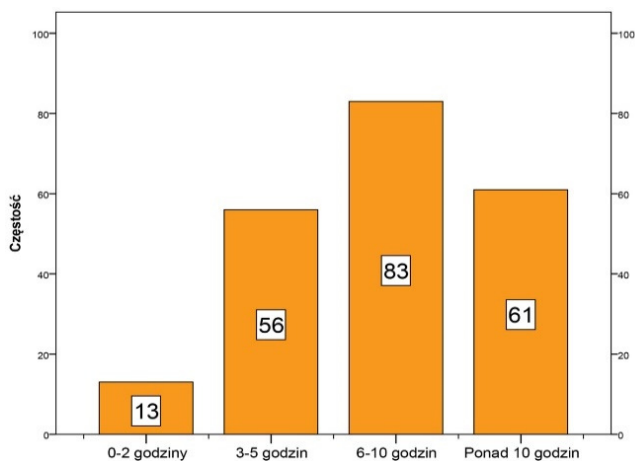
1. Nawyków związanych z gospodarowaniem wodą, energią elektryczną i ciepłą.
2. Nawyków związanych z sortowaniem odpadów.
3. Chęci udziału w interwencjach behawioralnych i edukacji rówieśniczej w akademikach.
4. Opinii na temat proekologicznych rozwiązań i zachowań.

Kwestionariusz został opracowany przez mgr inż. arch. Martynę Mokrzecką. Został skonsultowany z psychologiem mgr Magdaleną Zobek, socjologiem, dr Iwoną Borowik oraz promotorem pracy doktorskiej prof. dr inż. arch. Zbigniewem Baciem. Badania ilościowe zostały wykonane na grupie dwóch tysięcy mieszkańców osiedla przy Wittiga. Poziom realizacji próby wyniósł około 11% (213 wypełnionych i ukończonych kwestionariuszy). Kwestionariusze były dystrybuowane w dniach 16.06 - 18.06 2015 roku. Udział w badaniu był dobrowolny. Kwestionariusze były w większości wypełniane w strefach wejściowych domów studenckich, w przygotowanych wcześniej do tego celu miejscach. Studenci mieli możliwość zadawania pytań osobom przeprowadzającym badanie oraz wyjaśniania niejasności związanych ze sformułowaniami zawartymi

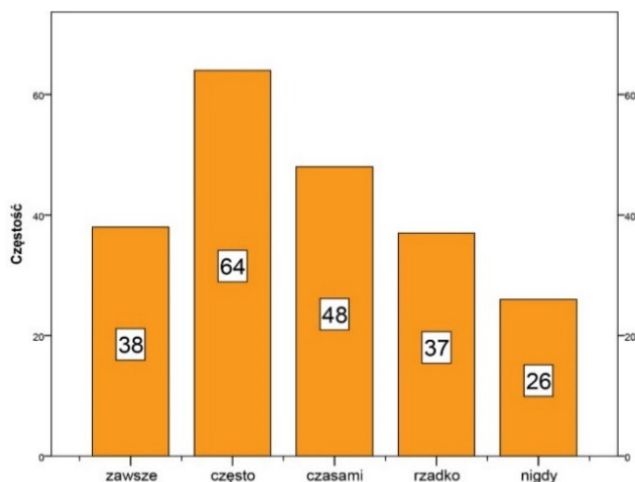
w kwestionariuszu. Kwestionariusz ankiety znajduje się w aneksie niniejszej pracy. W ankiecie wzięło udział 213 osób. Pierwsze sześć pytań stanowiły pytania metryczkowe, które pozwoliły ustalić cechy grupy badawczej. W badaniu wzięło udział 124 mężczyzn i 89 kobiet, co stanowi odpowiednio 58,3% i 41,7%. Badani studiowali na pierwszym, drugim i czwartym roku studiów (odpowiednio 22,3%, 22,3%, 21,7%). Mniej licznie reprezentowany był trzeci oraz piąty rok studiów (17,1%, 11,8%). Doktoranci to najmniejsza grupa badanych - 3,8%. Poszczególne domy studenckie były w badaniu reprezentowane na podobnym poziomie. Najwięcej uczestników badania mieszkało w domu studenckim pierwszy rok - 37,7% badanych. 21,1% mieszkało w akademiku drugi rok.

Istniejące nawyki - gospodarka wodą, energią i odpadami

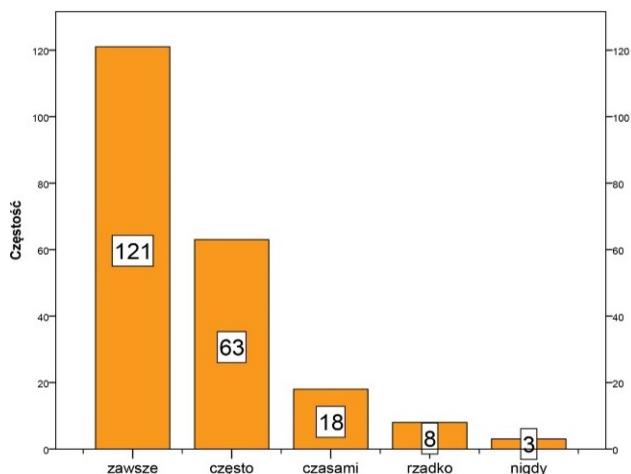
Udzielono odpowiedzi na czternaście pytań związanych z nawykami użycia energii, wody i segregacją odpadów. Wykresy na Rys. 137-Rys. 154 przedstawiają rozkład wyboru odpowiedzi na postawione pytania.



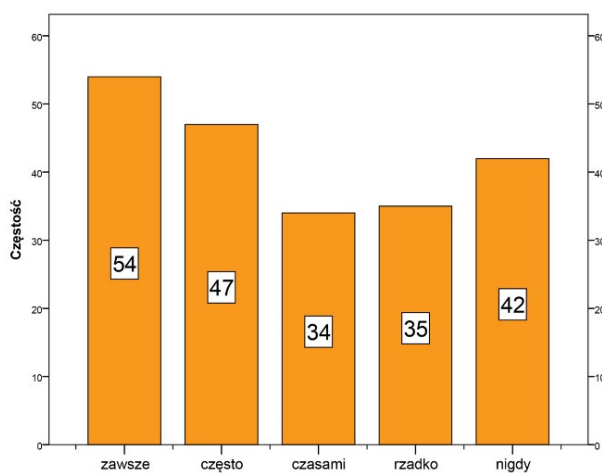
Rys. 137 Rozkład odpowiedzi na pytanie 7 "ile godzin (średnio) dziennie masz włączony komputer"



Rys. 138 Rozkład odpowiedzi na pytanie 8, "Czy wyłączasz urządzenia z trybu stand by (tryb czuwania)"

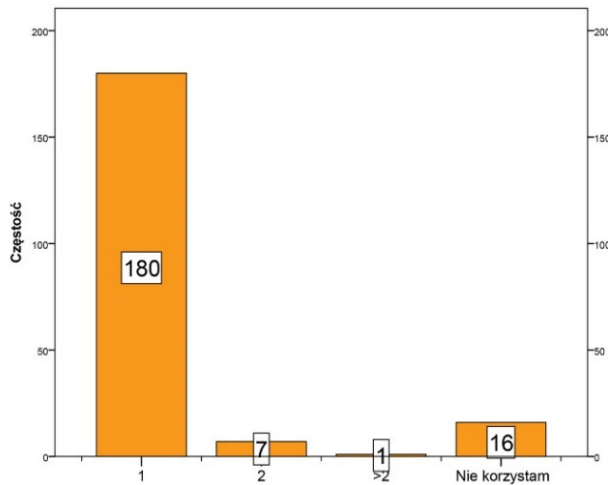


Rys. 139 Rozkład odpowiedzi na pytanie 9 "Czy wyłączasz światło opuszczając pomieszczenia w których przebywasz"

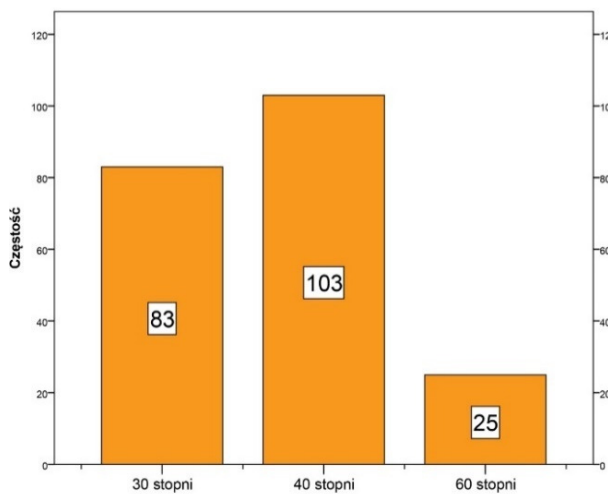


Rys. 140 Rozkład odpowiedzi na pytanie 10 "Czy w porze grzewczej zakręcasz kaloryfer, kiedy wszyscy mieszkańcy opuszczają pokój na dłuższy czas"

Pytania 7-12 dotyczyły zachowań dotyczących energii elektrycznej i ciepłej. Pytania zadano w formule zamkniętej, korzystając z pięciostopniowej skali lub przedziałów wartości. Przedziały wartości użyto w pytaniach o czas korzystania z komputera, częstość korzystania z pralni i o temperaturę prania. 39% pytanych ma włączony komputer od 6 do 10 godzin w ciągu dnia. Około 29% studentów ma włączony komputer ponad 10 godzin w ciągu dnia. Może to oznaczać, że studenci traktują swój pokój nie tylko jako sypialnię, ale także miejsce do pracy i rozrywki. Nie precyzowano, w jaki sposób komputer jest wykorzystywany. Istnieje również możliwość, że studenci zostawiają włączony sprzęt, kiedy wychodzą z pokoju. Studenci, którzy nie płacą rachunków za energię, 10% częściej deklarowali dłuższe korzystanie z komputera (ponad 6 godzin) niż studenci płacący. Zdecydowana większość studentów korzysta z pralni raz w tygodniu (84,5%), piorąc w temperaturze 40°C (48,4% odpowiedzi) lub 30°C (39%). Wszyscy studenci mieszkający na kampusie Wittiga płacą każdorazowo za pranie, jednak cena nie jest zależna od temperatury wykonywania prania.

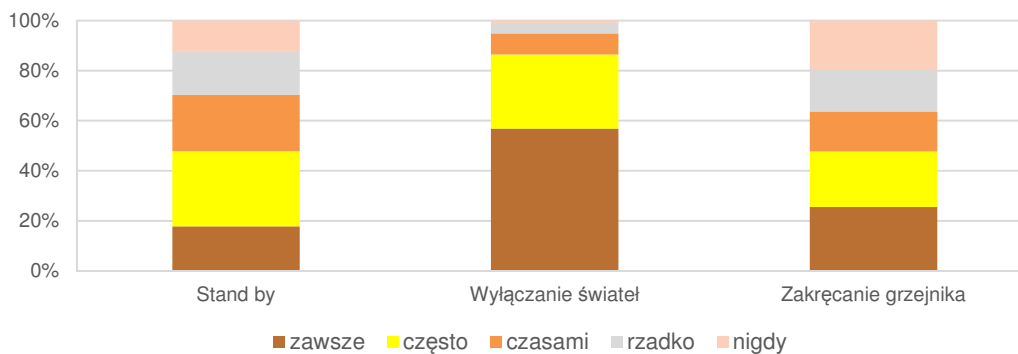


Rys. 141 Rozkład odpowiedzi na pytanie 11 "Ile razy w tygodniu korzystasz z pralni"



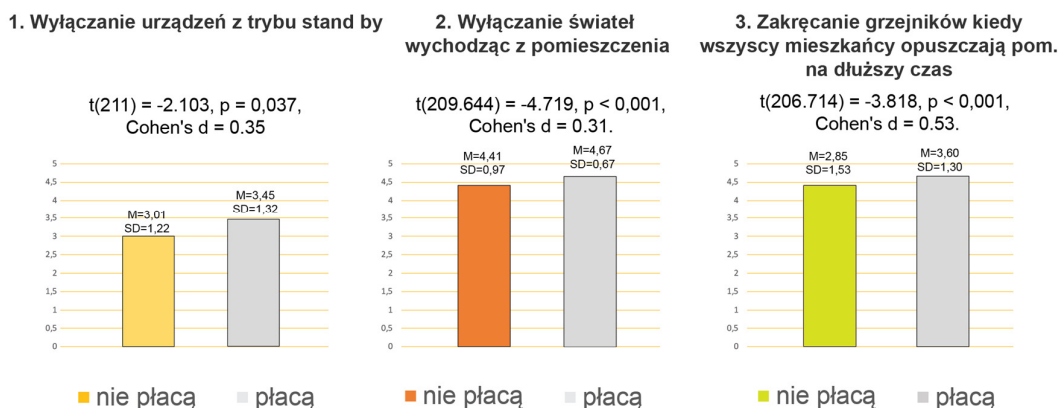
Rys. 142 Rozkład odpowiedzi na pytanie 12 "W jakiej temperaturze najczęściej robisz pranie"

Poniżej przedstawiono procentowe zestawienie odpowiedzi na pytania zamknięte (nr 8, 9, 10). Najczęstszym deklarowanym zachowaniem jest wyłączenie świateł (56,8% odpowiedzi „zawsze”, 29,6% „często”). 25,5% pytaných deklaruje, że zawsze zakręca grzejnik opuszczając pomieszczenie na dłuższy czas. 22% robi to często, natomiast 19,8% nigdy. Zdecydowanie mniej osób zawsze pamięta o wyłączeniu trybu stand by (17,8%). 12% pytaných nigdy nie wyłącza trybu stand by.



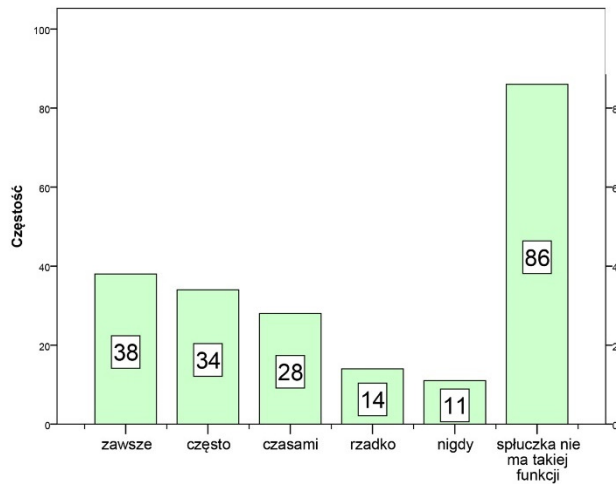
Rys. 143 Rozkład odpowiedzi - pytania dot. nawyków związanych z energią. Opracowanie: Mokrzecka M.

Odpowiedzi poddano analizie statystycznej. Sprawdzono istotność różnic między grupami związanymi z płcią, rokiem studiów, okresem zamieszkania w domu studenckim i wydziałem. Nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie. Wprowadzono więc podział ze względu na studentów płacących i nie płacących rachunków za zużycie mediów. Studenci mieszkający w domu studenckim T-15 i T-19 zostali włączeni do grupy „płacący”. Mieszkańcy domów studenckich T-16, T-17 zostali określani jako „niepłacący”. Liczebność grup wyniosła odpowiednio 91 osób i 121, co odzwierciedla strukturę zamieszkania na osiedlu (Akademiki przed modernizacją dysponują ok. 20% miejscami więcej). Wykorzystano metodę testu t-studenta. Poniżej przedstawiono szczegółowe dane dotyczące wartości średnich (M), odchylenia standardowego (SD) dla grupy płacącej i niepłacącej. Pod wykresami podano wartość testu t-studenta, wartość p oraz D Cohena. Wyniki pokazują, że studenci „płacący” częściej wyłączają urządzenia z trybu stand by, wyłączają światła, kiedy opuszczają pomieszczenia oraz zakręcają kaloryfer, gdy opuszczają pokój na dłuższy czas.

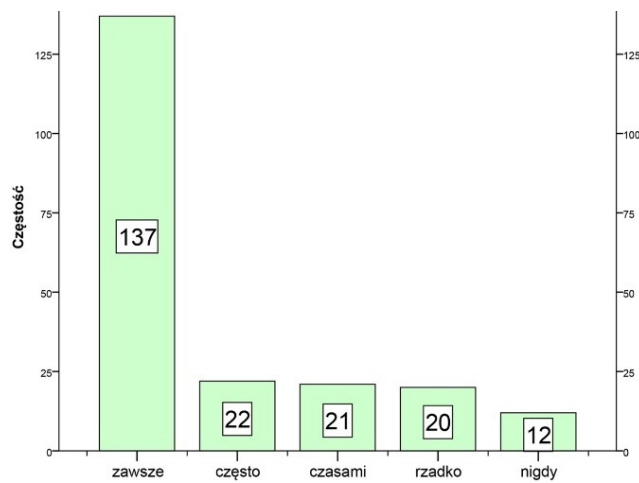


Rys. 144 Rozkład odpowiedzi na pytania uwzględniający podział studentów na grupę płacącą oraz niepłacącą rachunków za zużycie mediów. Opracowanie: Mokrzecka M.

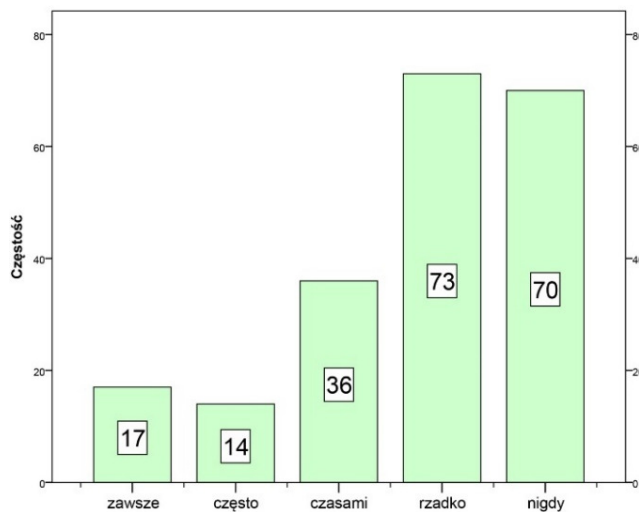
Kolejne trzy pytania dotyczyły przyzwyczajeń związanych z wodą:



Rys. 145 Rozkład odpowiedzi na pytanie 13 "Czy używasz eco-przycisku do spłukiwania toalet (uwalniającego mniejszą ilość wody)"



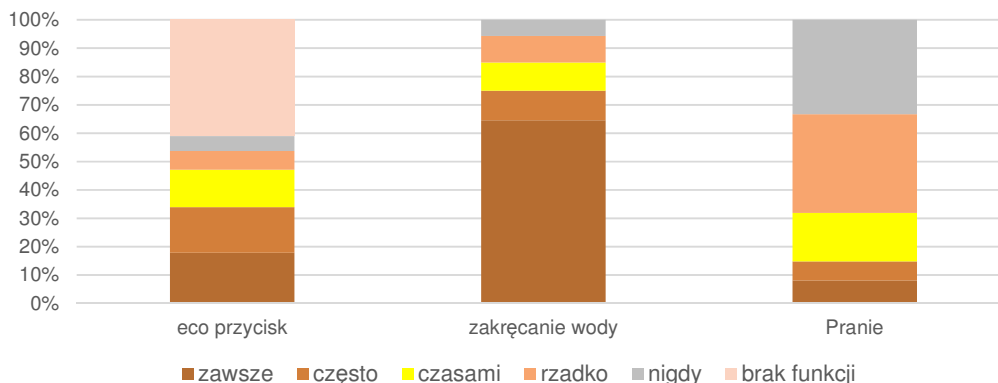
Rys. 146 Rozkład odpowiedzi na pytanie 14 "Czy zakręcasz wodę w czasie, gdy myjesz zęby"



Rys. 147 Rozkład odpowiedzi na pytanie 15 "Czy robisz pranie, jeżeli jesteś w stanie zapłacić pralkę w mniej niż połowie"

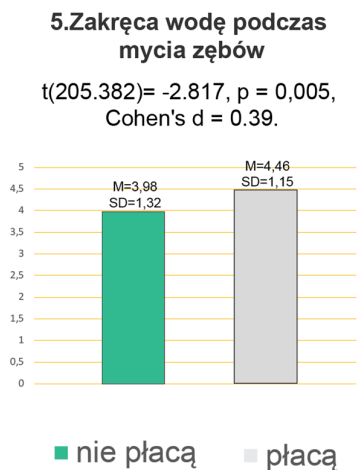
Najczęstszym z deklarowanych zachowań jest zakręcanie wody w trakcie mycia zębów. 65% respondentów deklaruje, że zawsze ją zakręca, 6% nie zakręca jej nigdy. Studenci

rzadko decydują się na pranie, jeżeli nie są w stanie zapełnić pralki. 33% pytanych deklaruje, że nigdy nie robi prania, jeżeli nie zapełni całego bębna.



Rys. 148 Rozkład odpowiedzi na pytania dotyczące nawyków związanych z wodą. Opracowanie: Mokrzecka M.

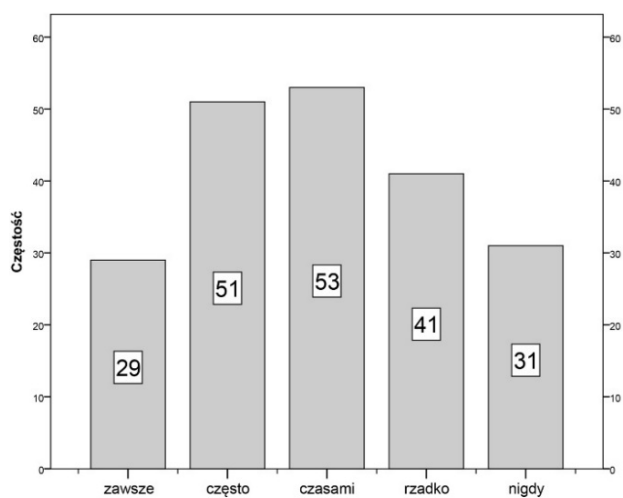
Odpowiedzi poddano analizie statystycznej. Sprawdzono istotność różnic między grupami związanymi z płcią, rokiem studiów, okresem zamieszkania w domu studenckim i wydziałem. Nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie. Podobnie jak w przypadku pytań związanych z energią, wprowadzono podział ze względu na studentów płacących i niepłacących rachunków za zużycie mediów. Poniżej przedstawiono szczegółowe dane dotyczące wartości średnich. (M), odchylenia standardowego (SD) dla grupy płacącej i niepłacącej. Nad wykresami podano wartość testu t-studenta, wartość p oraz D



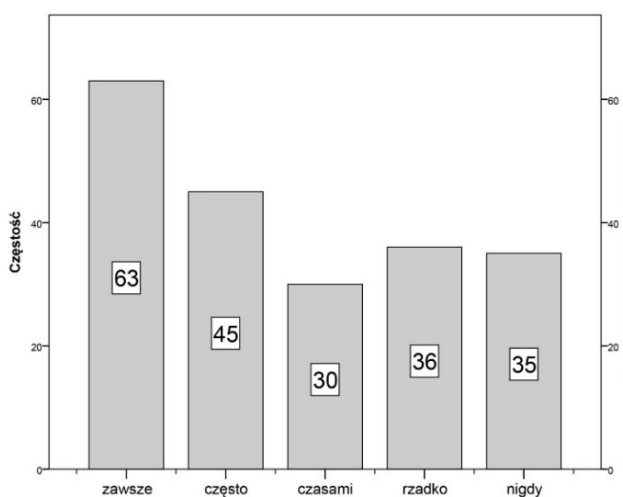
Rys. 149 Rozkład odpowiedzi na pytania uwzględniający podział na studentów płacących i niepłacących. Opracowanie: Mokrzecka M.

Cohena. Wyniki wykazały, że studenci „płacący” częściej zakręcają wodę w czasie mycia zębów, niż studenci niepłacący. Różnice w częstości prania nie były istotne statystycznie. Mógł wpłynąć na to fakt, że wszyscy studenci na kampusie płacą dodatkowo za pranie. Różnice w używaniu eco-przycisku były istotne statystycznie, jednak odrzucono je ze względu na to, że przeważająca część mieszkańców niemodernizowanych akademików nie posiada tego rodzaju spłuczki w toalecie. Oznacza to, że nie może jej użyć (patrz: rozkład odpowiedzi na pytanie 13).

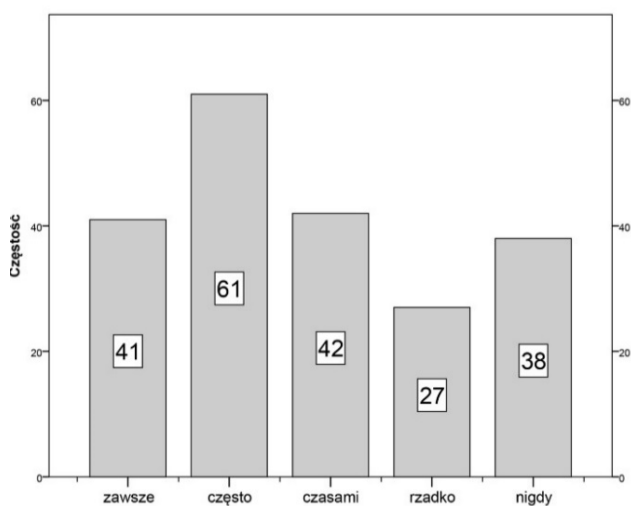
Kolejne pytania dotyczyły segregacji odpadów w domach studenckich.



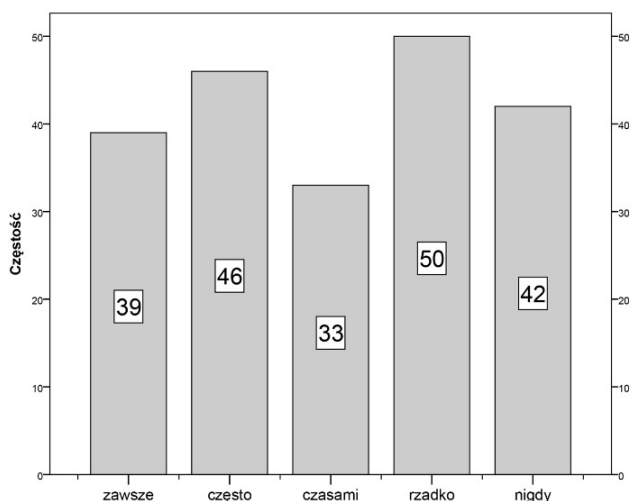
Rys. 150 Rozkład odpowiedzi na pytanie 16 "Czy segregujesz odpady domowe"



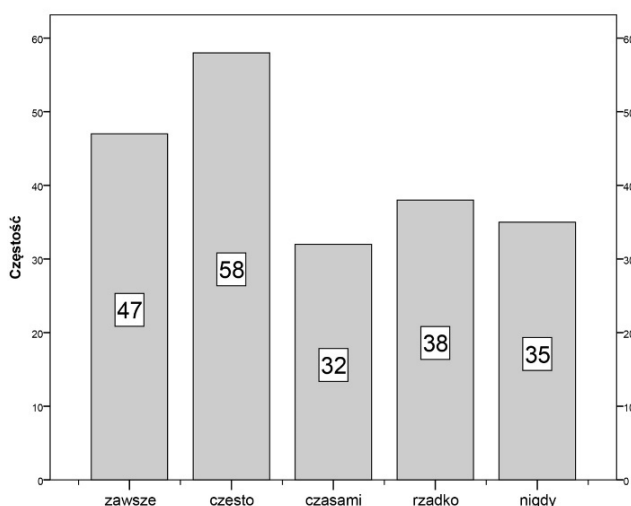
Rys. 151 Rozkład odpowiedzi na pytanie 17 "Czy oddajesz do recyklingu/ segregujesz zużyty sprzęt elektroniczny"



Rys. 152 Rozkład odpowiedzi na pytanie 18 "Czy oddajesz do recyklingu/ segregujesz szkło"



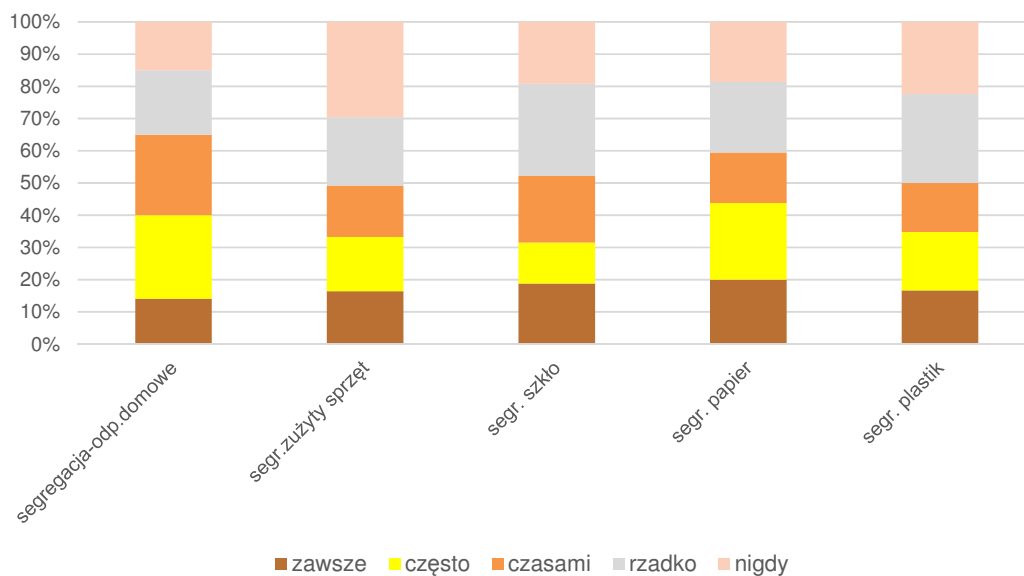
Rys. 153 Rozkład odpowiedzi na pytanie 19 "Czy oddajesz do recyklingu/segregujesz papier"



Rys. 154 Rozkład odpowiedzi na pytanie 20 "Czy oddajesz do recyklingu/segregujesz plastik"

Pierwsze pytanie dotyczące segregacji miało charakter ogólny – studenci odpowiadali, jak często i czy w ogóle segregują odpady domowe. Jedynie 14% mieszkańców zawsze segreguje odpady, 26% segreguje je czasami. Kolejne pytania uszczegóławiały zagadnienie segregacji i dotyczyły kolejno: sprzętu elektronicznego (16,4% odpowiedzi „zawsze”, 29,6% odpowiedzi „nigdy”), szkła (18,8% „zawsze”, 19,2% „nigdy”), plastiku (16,7% „zawsze”, 22,4% „nigdy”). Odpowiedzi poddano analizie. Różnice nie są istotne statystycznie. Segregacja odpadów w domach studenckich nie podlega regulacji finansowej ze strony studentów, to znaczy, że nie są oni rozliczani z tego, czy segregują odpady. Jest to jedyna grupa pytań, w której nie zaobserwowano żadnych różnic między studentami płacącymi i niepłacącymi. Może to oznaczać, że różnice między grupami pojawiają się, gdy bezpośrednio oddziałuje czynnik finansowy i związany z nim feedback – studenci wiedzą, ile zużywają wody i energii elektrycznej w danym miesiącu. Co więcej, zużywając więcej ponoszą konsekwencje swojego zachowania – w postaci wyższych opłat. Konsekwencje sprawiają, że w kolejnym miesiącu zaczynają uważniej podchodzić do zużycia, wypracowując zachowania takie jak wyłączenie światła czy

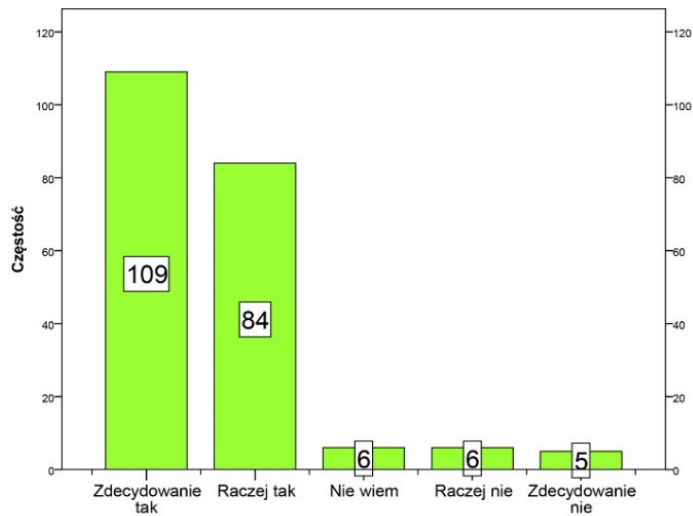
zakręcanie wody w czasie mycia zębów. W kontekście recyklingu nie mają potrzeby zmiany zachowań, ponieważ nie ponoszą za nie konsekwencji. Gdy brakuje konsekwencji finansowych, należy szukać innych motywacji, które mogą wpłynąć na zachowania użytkowników. W podrozdziale Deklaracje chęci udziału w interwencjach behawioralnych przedstawiono odpowiedzi na pytania dotyczące zainteresowania udziałem w wyszczególnionych interwencjach.



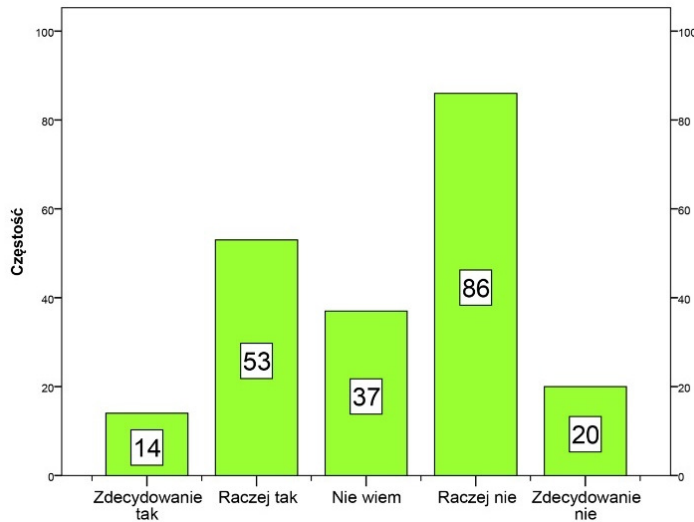
Rys. 155 Rozkład odpowiedzi na pytania dotyczące segregacji odpadów. Opracowanie: Mokrzecka M.

Deklaracje chęci udziału w interwencjach behawioralnych

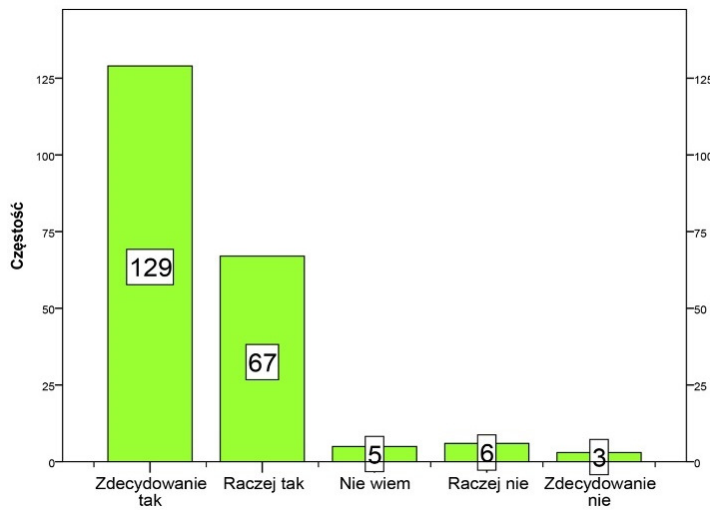
Studenci udzielili odpowiedzi na cztery pytania dotyczące ich chęci wzięcia udziału w interwencjach behawioralnych – takich jak konkurs czy warsztaty. Zapytano ich również o stosunek do zmian takich jak wprowadzenie koszy do recyklingu w kuchniach. Studenci udzielali odpowiedzi w pięciostopniowej skali (zdecydowanie tak, raczej tak, nie wiem, raczej nie, zdecydowanie nie). Poniżej przedstawiono rozkład odpowiedzi na poszczególne pytania. Pierwsze pytanie w serii interwencji dotyczyło chęci segregowania śmieci, przy założeniu, że we wspólnych kuchniach na piętrach akademika pojawią się specjalne kontenery (obecnie segregacja jest dla studentów utrudniona, ze względu na ograniczoną ilość miejsca w pokojach i brak odpowiednich kontenerów w częściach wspólnych). Kolejne pytania dotyczyły chęci udziału w: konkursie, programie motywującym do oszczędzania oraz w konkursie.



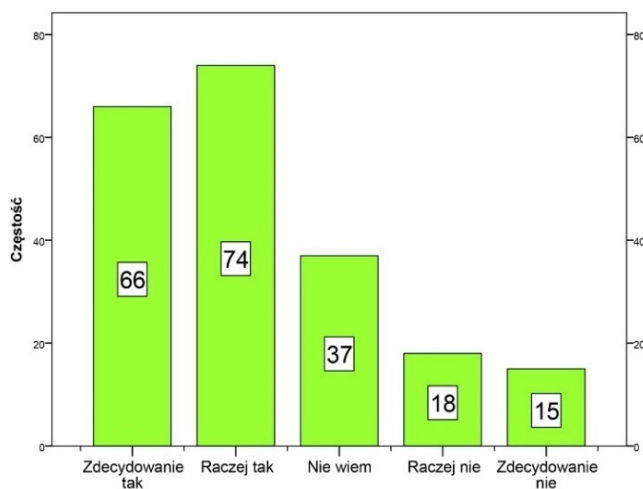
Rys. 156 Rozkład odpowiedzi na pytanie "Czy będziesz segregować śmieci, jeżeli w kuchni w akademikach pojawią się pojemniki na szkło/plastik/papier".



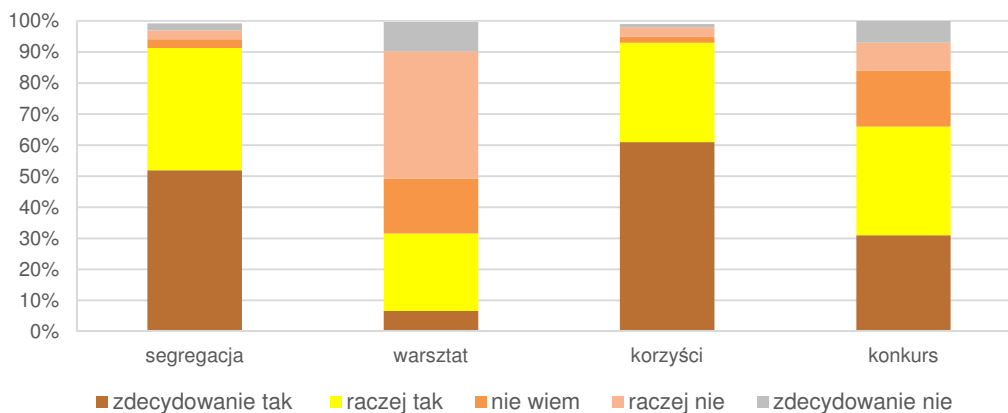
Rys. 157 Rozkład odpowiedzi na pytanie "Czy wzięłbyś udział w kursach, warsztatach prowadzonych na Tekach, które pokażą Ci jak oszczędzać wodę/energię".



Rys. 158 Rozkład odpowiedzi na pytanie "Czy jeżeli zaoferowano by Ci dodatkowe korzyści w związku z obniżeniem zużycia wody/energii/ilości odpadów w Twoim segmencie to czy byłbyś zainteresowany".



Rys. 159 Rozkład odpowiedzi na pytanie: „Czy jeżeli zużycie energii lub ilość segregowanych odpadów będzie przedmiotem konkursu między akademikami – z atrakcyjną nagrodą dla akademika, który wygra, czy weźmiesz udział w takim konkursie

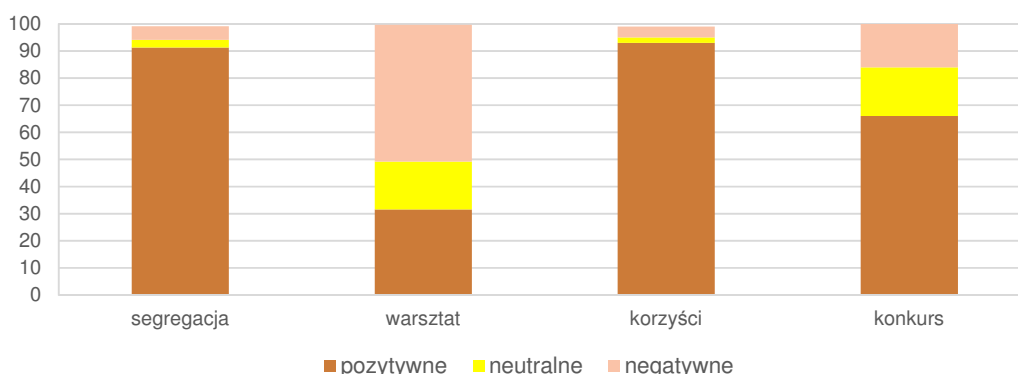


Rys. 160 Rozkład procentowy odpowiedzi na poszczególne pytania z podziałem na pozytywne (zdecydowanie tak, raczej tak), neutralne (nie wiem), negatywne (zdecydowanie nie, raczej nie). Opracowanie: Mokrzecka M.

Przeważającą ilość pozytywnych odpowiedzi udzielono na pytanie dotyczące korzyści (odpowiedzi: zdecydowanie tak, raczej tak. Ponad 60% pytanych było zainteresowanych (odpowiedź: zdecydowanie tak) wzięciem udziału w interwencji, w której studenci przez określony czas wypełniają zobowiązania, dotyczące zmniejszenia indywidualnego zużycia energii lub wody¹⁹¹. W zależności od efektywności wypełnienia zobowiązań uczestnicy otrzymują różnego rodzaju bonusy, np. darmowy posiłek w stołówce lub bilet do kina). Znaczącą liczbę pozytywnych odpowiedzi odnotowano również przy pytaniu o segregację odpadów. 52,9% studentów deklarowało zdecydowaną chęć segregacji. Około 39% procent było raczej zdecydowanych na segregowanie śmieci. 4% stanowiły odpowiedzi negatywne. 30% pytanych deklarowało zdecydowaną chęć udziału

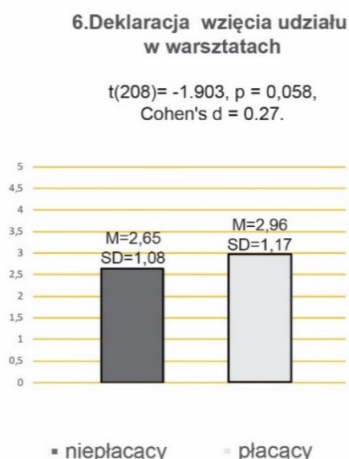
¹⁹¹ Opracowano na podstawie: Mokrzecka M. (2017). "Interwencje behawioralne jako technika wspierająca zmniejszenia zużycia energii w domach studenckich: podsumowanie stanu wiedzy oraz analiza możliwości zastosowania wybranych interwencji w domach studenckich w Polsce". *Edukacja Biologiczna i Środowiskowa*. 3 37-46.

w rywalizacji między akademikami, której celem byłoby zmniejszenie zużycia energii lub poprawna segregacja odpadów. Konkurs zakładał rywalizację zespołową, tzn. zaangażowanie jak największej liczby osób z każdego akademika. Nagroda miała być również grupowa, a zatem przekazana społeczności, a nie indywidualnym osobom (np. dodatkowe wyposażenie do sal wspólnych). 35% było raczej zdecydowanych wzięciem udziału. Negatywne nastawienie do udziału w konkursie wyraziło 7% badanych. Najmniej odpowiedzi pozytywnych udzielono na pytanie o udział w warsztacie pokazującym, jak oszczędzać energię i wodę w akademiku. 9% mieszkańców zdecydowanie nie wzięłoby w nich udziału, 41% pytanych raczej nie wzięłoby udziału w takich warsztatach. Zdecydowanych na udział było 6,7% studentów, a częściowo zdecydowanych na udział 25% studentów. Negatywna reakcja na udział w warsztacie czy kursie pokazującym, jak oszczędzać surowce, może być związana z koniecznością poświęcenia czasu na taką formę interwencji oraz brakiem gratyfikacji, która pojawiła się w dwóch pozostałych pytaniach (konkurs – nagrody, zobowiązanie – obiady w stołówce).



Rys. 161 Rozkład procentowy odpowiedzi na poszczególne pytania z podziałem na pozytywne (zdecydowanie tak, raczej tak), neutralne (nie wiem), negatywne (zdecydowanie nie, raczej nie). Opracowanie: Mokrzecka M.

Podobnie jak w poprzednich podrozdziałach odpowiedzi poddano analizie statystycznej. Sprawdzone istotność różnic między grupami związanymi z płcią, rokiem studiów, okresem zamieszkania w domu studenckim i wydziałem. Nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie. Podobnie jak w przypadku poprzednich pytań wprowadzono podział ze względu na studentów płacących i niepłacących rachunków za zużycie mediów. Obok przedstawiono szczegółowe dane dotyczące wartości średnich (M), odchylenia standardowego (SD) dla grupy płacącej i niepłacącej. Nad wykresami podano wartość testu t-studenta, wartość p oraz D Cohena. Wyniki wykazały, że studenci „płacący” częściej deklarują chęć wzięcia udziału w warsztatach pokazujących jak oszczędzać energię i wodę niż studenci niepłacący. Różnice w odpowiedziach na



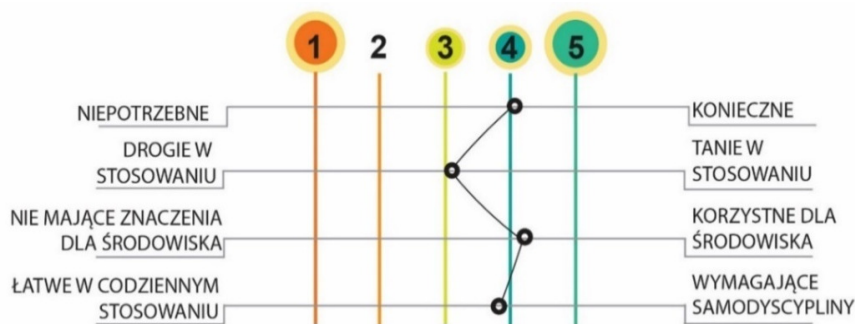
pozostałe pytania nie były istotne statystycznie. Może wynikać to z faktu, że udział w warsztatach jako jedyny nie posiadał elementu gratyfikacji – jedyną korzyścią mogła być wiedza, jak oszczędzać energię i wodę. Stąd większe zainteresowanie studentów, dla których zużycie mediów jest istotne, ponieważ za nie płacą.

Rys. 162 Rozkład odpowiedzi na pytania uwzględniający podział na studentów płacących i niepłacących.

Opinie mieszkańców na temat rozwiązań proekologicznych

Ostatnie dwa pytania zostały zadane w formie dyferencjału semantycznego. Jest to metoda badania oceny wrażenia, postawy badanego do poszczególnych zagadnień lub zjawisk. Zagadnienia opisuje się poprzez przymiotniki opozycyjne, umieszczone na skali dwubiegunowej. Respondenci określają wrażenie poprzez zaznaczenie wartości na skali. Poniżej przedstawiono profile graficzne dla całej grupy badanych. Przedstawione wartości na skali są wartościami uśrednionymi.

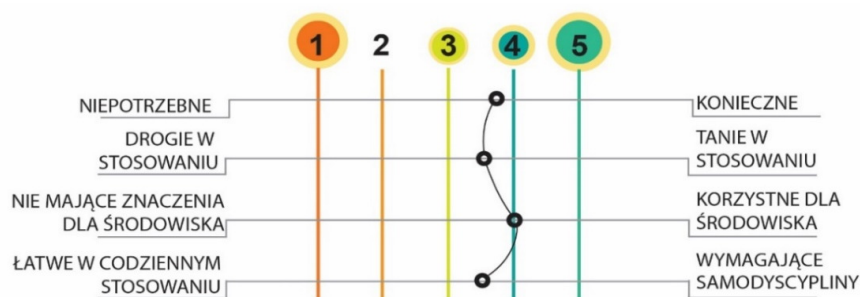
Pytanie: Według Ciebie: działania proekologiczne rozumiane jako: segregacja odpadów, oszczędzanie wody i energii są:



Rys. 163 Rozkład odpowiedzi na pytanie o opinie na temat rozwiązań proekologicznych (rozumianych jako segregacja odpadów, oszczędzanie wody i energii). Opracowanie: Mokrzecka M.

Krzywa odpowiedzi jest wyraźnie przesunięta w stronę odpowiedzi pozytywnych: konieczne, korzystne dla środowiska i wymagające samodyscypliny. Wyłącznie pytanie o koszt finansowy uzyskało wartość bliską obojętnej (na środku skali).

Pytanie: Według Ciebie: działania proekologiczne rozumiane jako kupowanie produktów spożywczych od lokalnych dostawców, korzystanie z komunikacji miejskiej lub roweru zamiast własnego samochodu, jest:



Rys. 164 Rozkład odpowiedzi na pytanie o opinie na temat rozwiązań proekologicznych (rozumianych jako kupowanie produktów spożywczych od lokalnych dostawców, korzystanie z komunikacji miejskiej itp.). Opracowanie: Mokrzecka M.

Podobnie jak w poprzednim pytaniu, krzywa odpowiedzi jest przesunięta w stronę odpowiedzi: konieczne, korzystne dla środowiska i wymagające samodyscypliny. Jednak w porównaniu do poprzedniego pytania, odpowiedzi rozłożone są bliżej środka wykresu (punktu obojętnego). Pytanie o koszt finansowy jest przesunięte w stronę odpowiedzi pozytywnych (tanie w stosowaniu).

Można zaobserwować, że krzywe odpowiedzi różnią się między sobą, jednak obydwie znajdują się po stronie odpowiedzi o pozytywnych konotacjach. Respondenci odpowiadają, że proekologia rozumiana zarówno jako oszczędzanie zasobów, jak i kupowanie lokalnej żywności czy rezygnowanie z samochodu jest konieczna, korzystna dla środowiska, wymagająca samodyscypliny.

6.5. Warunki termiczne w domu studenckim T-16 – badania ankietowe

Wstępne, nieformalne rozmowy z mieszkańcami T-16 oraz doświadczenia własne autora z okresu zamieszkania w domach studenckich na kampusie Wittiga pozwoliły na sformułowanie wstępnej hipotezy o występowaniu problemów związanych z temperaturą w budynku. Aby zweryfikować hipotezę przeprowadzono badania ankietowe oraz pomiary temperaturowe.

Pytania metryczkowe

Badania ankietowe przeprowadzono w czerwcu 2017 roku. Wykorzystano platformę do zbierania danych online. Ankietę dystrybuowano za pomocą mediów społecznościowych. Studenci byli zachęceni do jej wypełniania możliwością wygrania vouchera zakupowego o wartości 20 euro. Kwestionariusz składał się z 13 pytań. Został wypełniony przez 90 mieszkańców akademika T-16. Pytania 1-6 służyły zebraniu podstawowych danych na temat mieszkańców akademika. Pytania 7-10 dotyczyły komfortu termicznego studentów mieszkających w akademiku. Pytania 11-12 dotyczyły ogólnej jakości powietrza w pokojach. Pytanie 13 dotyczyło wpływu temperatury i jakości

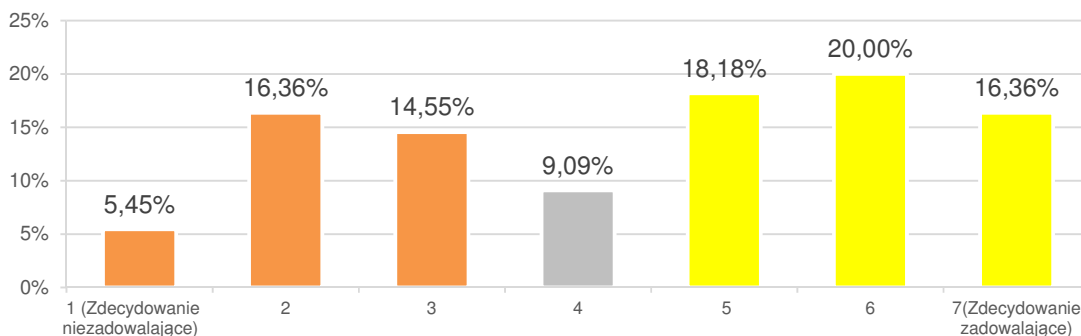
powietrza w pokojach na zdrowie studentów, natomiast pytanie 14 dotyczyło wpływu temperatury i jakości powietrza na produktywność studentów.

W badaniu wzięło udział 90 osób, 62% mężczyzn i 38% kobiet. Dla 29% badanych był to ich pierwszy rok w akademiku, kolejne 29% badanych mieszkało w akademiku T-16 krócej niż jeden semestr. Badanie zostało przeprowadzone w czerwcu, co oznacza, że nawet osoby mieszkające w akademiku pierwszy semestr (od lutego 2017) przebywały w nim zarówno w okresie grzewczym (zimowym), jak i wiosenno-letnim. Z tego względu ich odpowiedzi zostały uwzględnione w badaniach. W ankiecie pojawiły się odpowiedzi mieszkańców każdego z pięter. Najmniej licznie reprezentowane było piętro pierwsze i drugie (po 3,64% mieszkańców), najliczniej piętro ósme (16,36%). Odpowiedzi z pozostałych pięter stanowiły po około 10% wszystkich odpowiedzi. Odpowiedzi dotyczące wschodniej i zachodniej części budynku były reprezentowane na zbliżonym poziomie (45,5% zachód, 54,55% wschód). Zdecydowanie przeważały odpowiedzi osób z pokoi dwuosobowych (ok. 78%). Studenci na pytanie o czas spędzany dziennie w pokoju odpowiedzieli następująco: 45,5% ankietowanych spędza od 11 do 13 godzin dziennie w pokoju. Ok. 42% ankietowanych spędza w pokoju od 14 do 20 godzin dziennie. Odpowiedzi mniej niż 8 godzin oraz 8-10 godzin stanowiły ok. 7% wszystkich odpowiedzi. Można na tej podstawie założyć, że 7% osób wykorzystuje pokój jedynie jako sypialnię, pozostałe osoby wykorzystują go również w ciągu dnia. Około 5,5% badanych spędza w nim ponad 20 godzin.

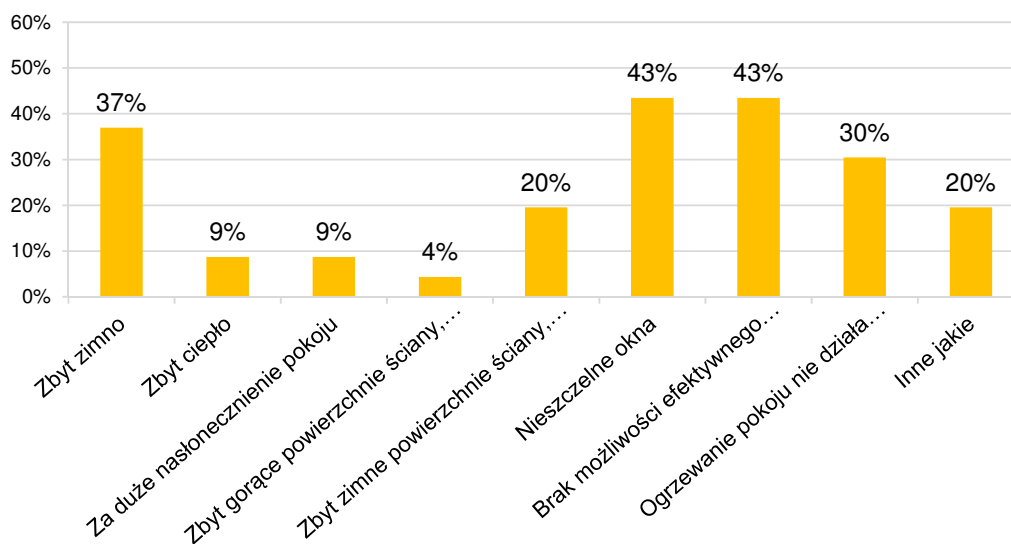
Pytania o komfort cieplny i jakość powietrza w pokojach

Poniżej przedstawiono zestawienie odpowiedzi na pytania dotyczące warunków temperaturowych w pokojach w okresie jesienno-zimowym oraz wiosenno-letnim. W pytaniu o warunki temperaturowe w okresie jesieni oraz zimy 5,5% ankietowanych oceniło je jako zdecydowanie niezadowolające, 16,36% uznało je za zdecydowanie zadowolające. Negatywnie warunki oceniło ok. 37% pytanych, pozytywnie ok. 54%. Główne czynniki wpływające negatywnie na komfort to nieszczelne okna (43% odpowiedzi) oraz brak możliwości efektywnego przewietrzania pokoi.

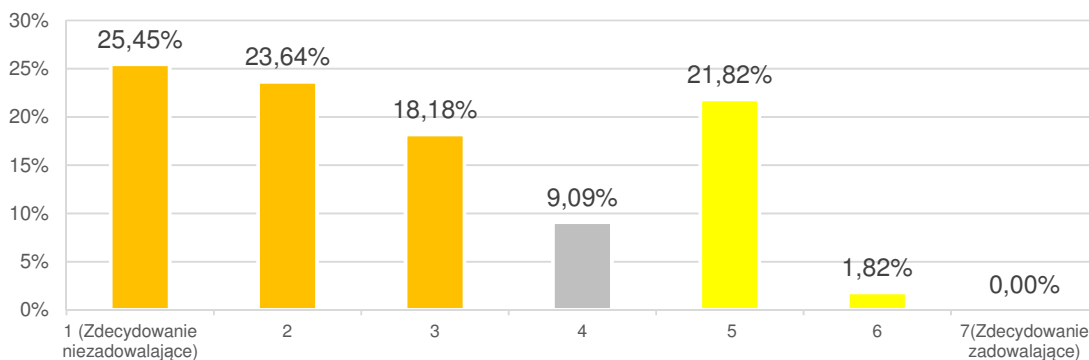
Zagadnienia proekologiczne w domach studenckich. Aspekt architektoniczno-behavioralny



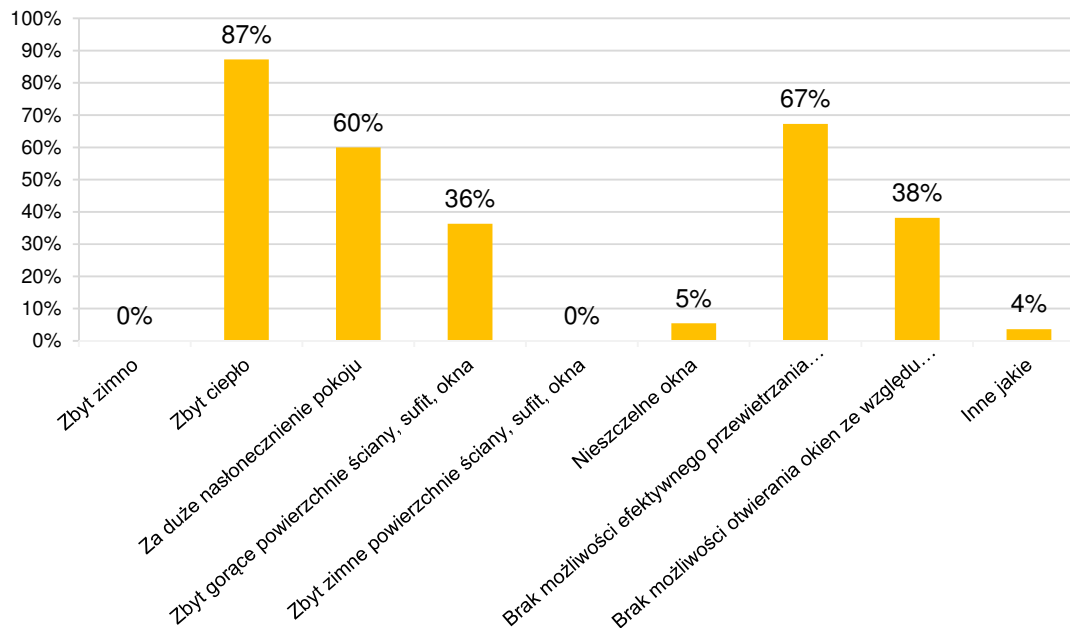
Rys. 165 Pytanie 7: Oceń proszę warunki temperaturowe w Twoim pokoju w okresie późnej jesieni oraz zimy (skala siedmiostopniowa, 1=zdecydowanie niezadowolające, 7= zdecydowanie zadowolające). Rozkład odpowiedzi.



Rys. 166 Pytanie 8: Zaznacz proszę wszystkie czynniki, które powodują, że warunki temperaturowe w okresie późnej jesieni oraz zimy w Twoim pokoju nie są w pełni zadowolające (jeżeli występują).

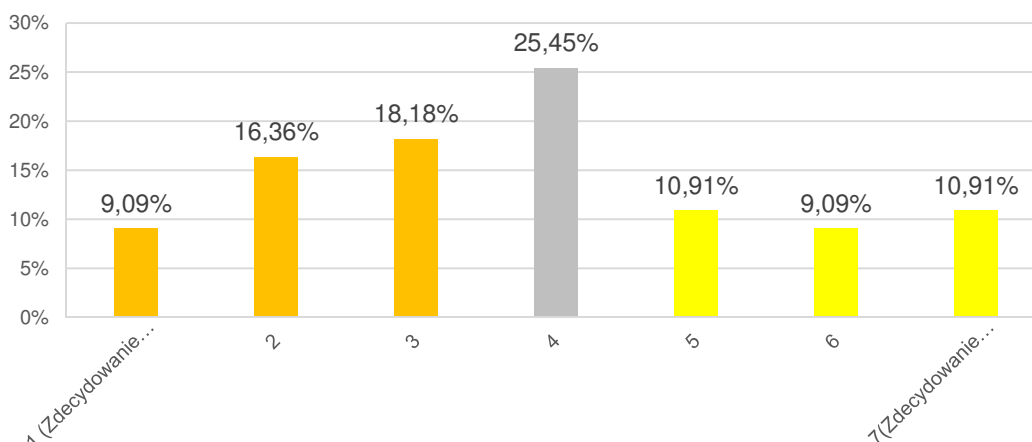


Rys. 167 Pytanie 9: Oceń proszę warunki temperaturowe w Twoim pokoju w okresie późnej wiosny oraz lata (skala siedmiostopniowa, 1=zdecydowanie niezadowolające, 7= zdecydowanie zadowolające).

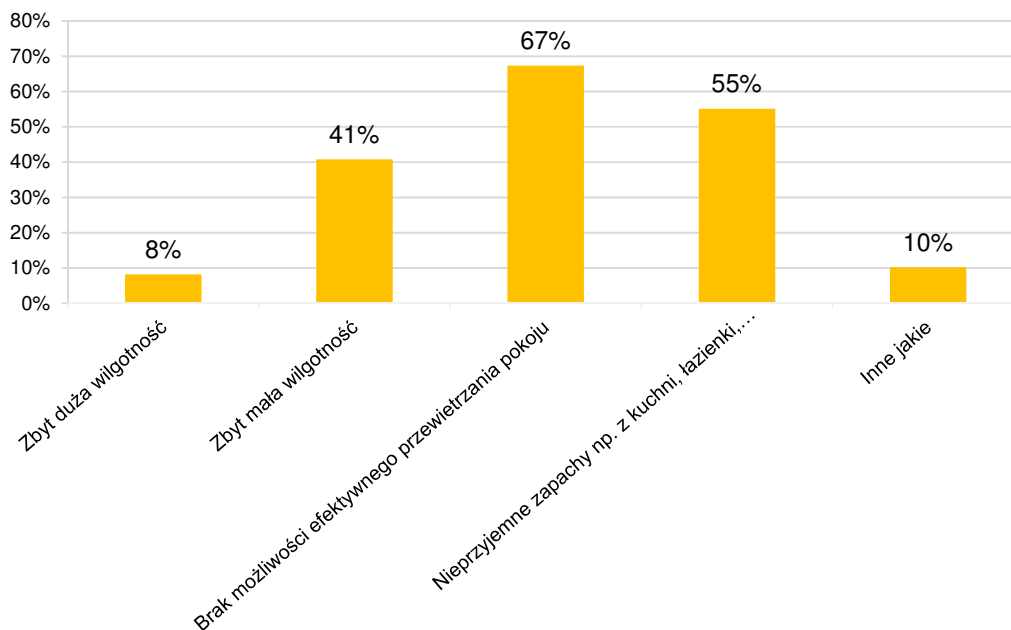


Rys. 168 Pytanie 10: Zaznacz proszę wszystkie czynniki, które powodują, że warunki temperaturowe w okresie późnej wiosny oraz lata w Twoim pokoju nie są w pełni zadowalające (jeżeli występują). Rozkład odpowiedzi.

25,5% pytanych uznało warunki termiczne w pokojach w okresie wiosny i lata za zdecydowanie niezadowalające. Żaden z pytanych nie ocenił warunków jako zdecydowanie zadowalających. Negatywnie warunki oceniło ok. 67% pytanych. Pozytywnie 23,64%. Za główne problemy uznano zbyt wysoką temperaturę (87% odpowiedzi), brak możliwości efektywnego przewietrzania pokoju (67%) oraz za duże nasłonecznienie pokoju (60%).

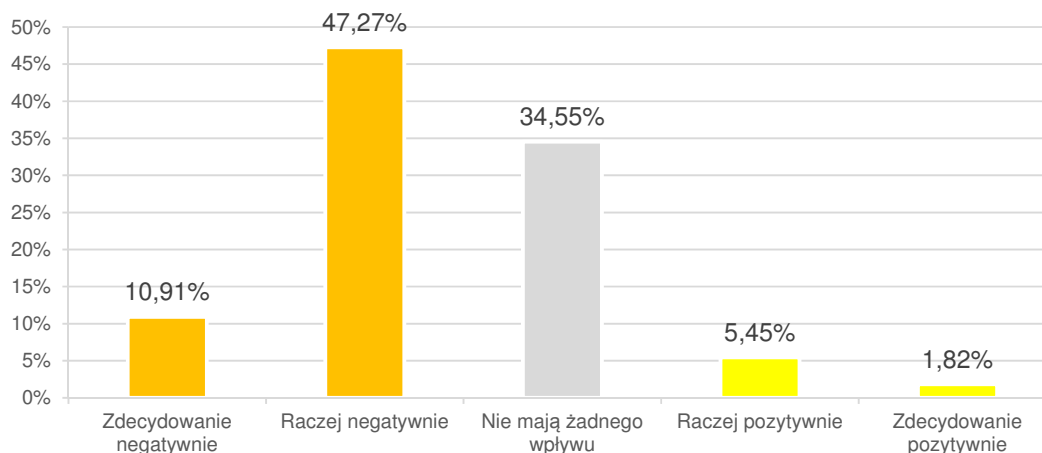


Rys. 169 Pytanie 11: Oceń proszę ogólną jakość powietrza w Twoim pokoju (wilgotność powietrza, ruch powietrza, zapachy) (skala siedmiostopniowa, 1=zdecydowanie niezadowalające, 7= zdecydowanie zadowalające).

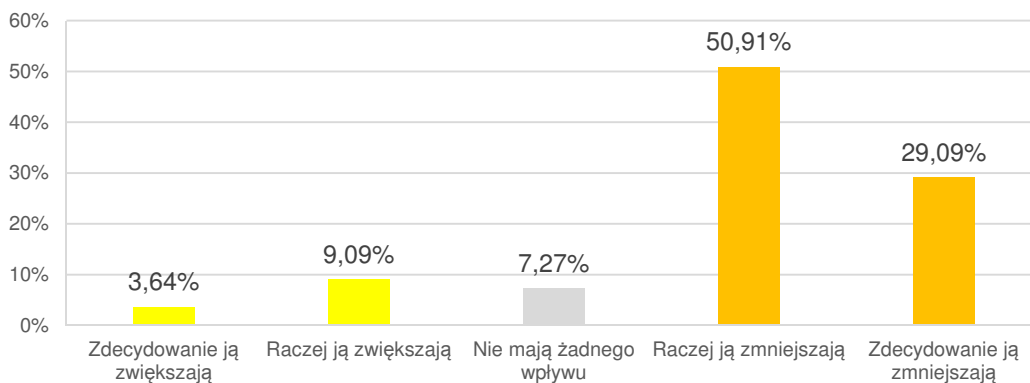


Rys. 170 Pytanie 12: Zaznacz proszę wszystkie czynniki, które powodują, że jakości powietrza w Twoim pokoju nie jest w pełni zadowalająca (jeżeli występują).

Pytanie 11 i 12 dotyczyło ogólnej jakości powietrza w pokojach. 9,09% pytanych określiło je jako zdecydowanie niezadowalające, 10,9% jako zdecydowanie zadowalające. Około 44% pytanych było niezadowolonych z jakości powietrza w pokojach, 31% pytanych było z niej zadowolonych. Po raz kolejny głównym problemem dla mieszkańców był brak możliwości efektywnego przewietrzania pokoju. Innymi czynnikami były: nieprzyjemne zapachy z kuchni i innych pokoi (55% odpowiedzi), zbyt mała wilgotność powietrza (41% odpowiedzi).



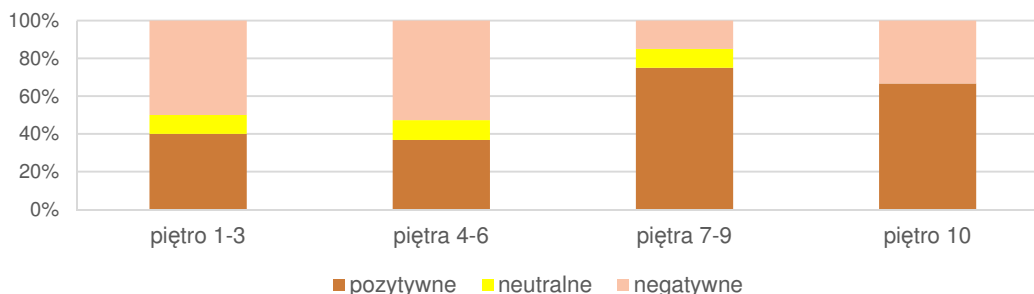
Rys. 171 Pytanie 13: Jak warunki w Twoim pokoju (temperatura, jakość powietrza) wpływają na Twoje zdrowie? Rozkład odpowiedzi.



Rys. 172 Pytanie 14: Jeżeli uczysz się/pracujesz w swoim pokoju to czy wymienione wcześniej czynniki (temperatura, jakość powietrza itd.) mają wpływ na Twoją produktywność? Rozkład odpowiedzi.

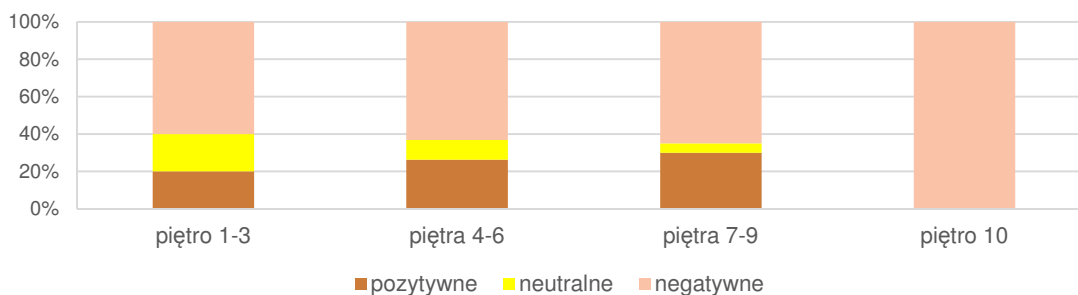
Pytanie 13 i 14 dotyczyło opinii studentów na temat wpływu warunków panujących w ich pokojach na ich zdrowie i produktywność. Około 58% studentów stwierdziło, że warunki w pokoju wpływają negatywnie na ich zdrowie. 35% uznało, że nie mają one żadnego wpływu. Około 7% badanych uznało, że mają pozytywny wpływ. W przypadku produktywności ok. 80% badanych stwierdziło, że warunki panujące w pokoju zmniejszają ich produktywność. 13% badanych stwierdziło, że ich produktywność się zwiększa. Na podstawie badań ankietowych stwierdza się, że mieszkańcy T-16 oceniają najbardziej negatywnie warunki w pokojach w okresie wiosenno-letnim. Aż 67% pytanych uważa, że są one niezadowolające. Dość jednoznacznie wskazują również problem występujący w tym okresie – zbyt wysokie temperatury, niemożność przewietrzenia pokoju (choć ten problem pojawia się zarówno w lecie, jak i w zimie) oraz zbyt duże nasłonecznienie pokoju. Jako drugi w kolejności problem studenci wskazują ogólną jakość powietrza – poziom wilgotności i zapachy. 44% respondentów ocenia je negatywnie. Zdecydowanie mniej osób negatywnie ocenia warunki w pokojach w okresie jesienno-zimowym. Jest to jednak wciąż prawie 40% pytanych. Studenci jako powód niezadowolenia wskazują nieszczelne okna, chłód i brak możliwości przewietrzania. Biorąc pod uwagę ekspozycję pokoi, deklarowany stopień zadowolenia z warunków w okresie zimowym jest zbliżony zarówno dla studentów mieszkających w pokojach od strony wschodniej, jak i zachodniej (ok 50%). Podobnie rozkładają się również odpowiedzi o ogólną jakość powietrza. Różnice występują w odpowiedziach na temat warunków panujących w pokojach w okresie wiosenno-letnim. 27% osób mieszkających od strony wschodniej pozytywnie ocenia warunki w swoich pokojach. Wśród osób mieszkających od strony zachodniej tylko 20% uznaje warunki w swoim pokoju za zadowolające. 80% osób mieszkających od strony zachodniej i 57% mieszkających od strony wschodniej ocenia je negatywnie. Uwzględniając podział na piętra 1-3, 4-6, 7-8 i 10, rozkład odpowiedzi jest następujący:

Zagadnienia proekologiczne w domach studenckich. Aspekt architektoniczno-behavioralny

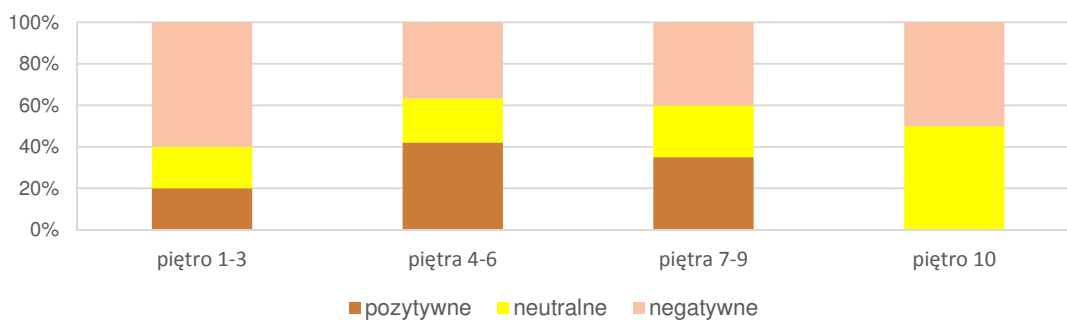


Rys. 173 Rozkład odpowiedzi: stopień zadowolenia z warunków termicznych w pokojach w okresie jesienno-zimowym (1-4 -negatywne, 4 neutralne,4-7 pozytywne). Opracowanie: Mokrzecka M.

Wśród osób oceniających pozytywnie warunki termiczne w swoim pokoju w okresie jesienno-zimowym najczęściej mieszka na piętrach 7-9 (75%). Najlepiej oceniane w okresie jesienno-zimowym są piętra 7-9. 75% mieszkańców uważa, że warunki termiczne są zadowalające. Najgorzej oceniane są piętra 1-3 oraz 4-6 (40% mieszkańców określa warunki w pokojach jako zadowalające). W okresie wiosenno-letnim zdecydowanie najgorzej oceniane jest piętro 10 – żaden z mieszkańców nie uznał warunków termicznych za zadowalające. Na wszystkich piętrach przeważają odpowiedzi negatywne, jednak najmniej jest ich na piętrach 1-3 (60%).



Rys. 174 Rozkład odpowiedzi: stopień zadowolenia z warunków termicznych w pokojach w okresie wiosenno-letnim (1-4 -negatywne, 4 neutralne,4-7 pozytywne). Opracowanie: Mokrzecka M.



Rys. 175 Rozkład odpowiedzi na pytanie o stopień zadowolenia z ogólnej jakości powietrza panujących w pokojach(1-4 -negatywne, 4 neutralne,4-7 pozytywne). Opracowanie: Mokrzecka M.

W przypadku ogólnej jakości powietrza znów najgorzej oceniane jest piętro 10 – żaden z mieszkańców nie uznał jakości powietrza za zadowalającą, jednak 50% mieszkańców uznało, że jest neutralna. Najbardziej zadowoleni z jakości powietrza byli mieszkańcy pięter 4-6. Analizując wyniki pod kątem płci respondentów zauważono, że kobiety były bardziej niezadowolone z warunków panujących w zimie w ich pokojach niż mężczyźni (43% negatywnych odpowiedzi u kobiet, 32% u mężczyzn). Mężczyźni z kolei byli bardziej niezadowolone z warunków panujących w pokojach w okresie wiosenno-letnim (71% negatywnych odpowiedzi u mężczyzn, 62% u kobiet).

Biorąc pod uwagę zmienną czasu spędzonego w pokoju, w okresie jesienno-zimowym, najwięcej pozytywnych ocen (75%) przyznali pytani spędzający mniej niż 10 godzin dziennie w pokoju (studenci byli pytani o standardowy dzień w tygodniu roboczym, wliczając sen). Najmniej pozytywnych ocen (44%) przyznali studenci spędzający w pokoju od 11-13 godzin dziennie. Studenci przebywający najdłużej w pokoju (powyżej 14 godzin) odpowiedzieli następująco: pozytywnie: 62%, neutralnie: 8%, negatywnie: 31%. W okresie wiosenno-letnim najmniej zadowoleni z warunków panujących w pokojach byli studenci spędzający w nich najwięcej czasu (77% odpowiedzi negatywnych).

6.6. Warunki termiczne w domu studenckim T-16 – pomiary temperatury

Aby w sposób obiektywny zweryfikować warunki termiczne w domu studenckim T-16, przeprowadzono pomiary temperaturowe w wybranych, reprezentacyjnych pokojach akademika. Pomiary były prowadzone w trybie ciągłym (odczyt w interwale półgodzinnym) w okresie od lutego do lipca 2017 roku.

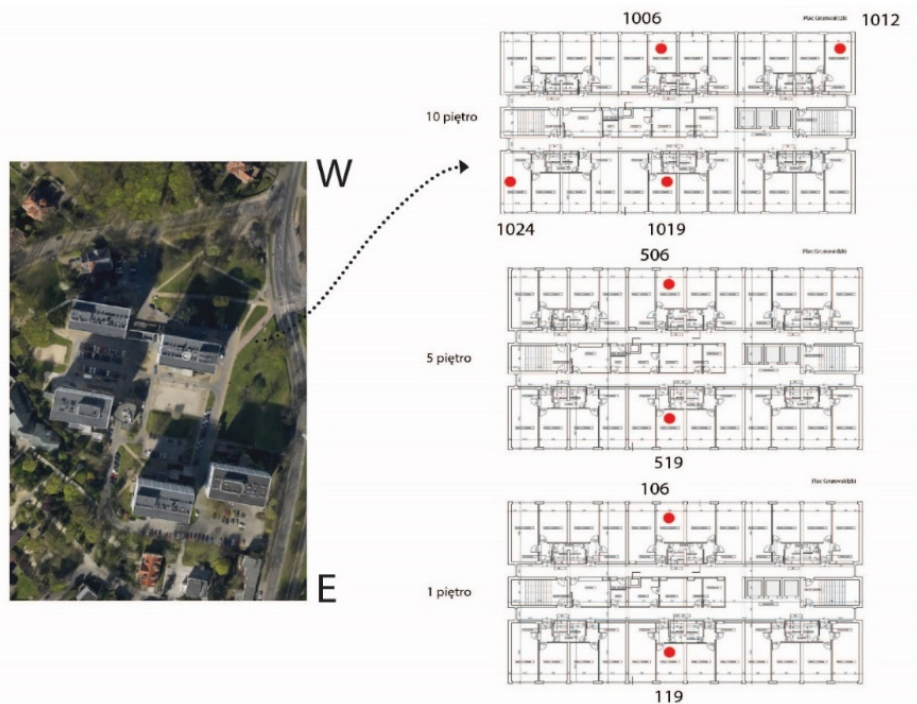
Scenariusz badania i metoda

Przygotowanie do wykonania badania rozpoczęto w styczniu 2017 roku. Przyjęto cztery hipotezy badawcze:

1. Temperatura powietrza w pokojach w okresie wiosenno-letnim przekracza wartości zalecane dla tego typu pomieszczeń (Humphreys 2006).
2. Wysoka temperatura powietrza w pokojach jest związana z nadmiernym nasłonecznieniem pokoi oraz nadmiernym nagrzewaniem się powierzchni (głównie powierzchni dachu).
3. Temperatura powietrza w środkowych modułach budynku jest wyższa niż w modułach skrajnych (zarówno w okresie zimowym, jaki i wiosenno-letnim).

4. Temperatura powietrza w okresie zimowym i wczesnowiosennym osiąga minimalne wartości określane jako zalecane dla tego typu pomieszczeń (Humphreys 2006).

W celu sprawdzenia hipotez wybrano osiem charakterystycznych pokoi w budynku i zamontowano w nich rejestratory temperatury typu Ibutton. Do badania wybrano 4 pokoje położone od strony wschodniej budynku i 4 pokoje położone od strony zachodniej. Wybrano miejsca charakterystyczne, tzn. najniższą, środkową i najwyższą kondygnację mieszkalną w budynku. Początkowo wybrano pokoje: 106, 119, 506, 519, 1006, 1012, 1024, 1019. Ze względu na utrudniony dostęp do pokoju 519, przed rozpoczęciem pomiarów został on zmieniony na pokój 419. Pokoje z ekspozycją wschodnią to 119, 419, 1019 oraz 1024. Pokoje 119, 419 i 1019 to pokoje dwuosobowe, znajdujące się w środkowych modułach mieszkalnych. Pokój 1024 to pokój 3-osobowy, znajdujący się w krańcowym module budynku, od strony północno-wschodniej. Pokój jest zlokalizowany przy ścianie szczytowej. Pokoje z ekspozycją zachodnią to 106, 506, 1006 i 1012. 106, 506 i 1012 to pokoje dwuosobowe znajdujące się w środkowych modułach mieszkalnych. Pokój 1012 to pokój trzyosobowy, znajdujący się w skrajnym module, położonym przy ścianie szczytowej od strony południowej. Dokładne położenie wybranych pokoi oraz ich ekspozycję i szczegóły dotyczące montażu przedstawia Rys. 176 i Tab. 21.

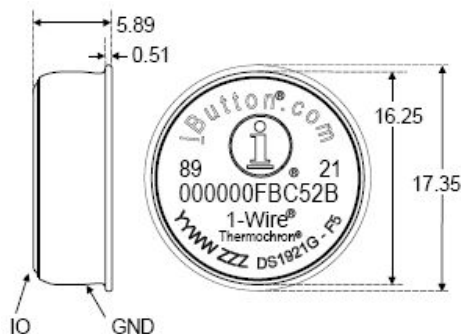


Rys. 176 Umiejscowienie urządzeń do pomiaru temperatury w domu studenckim T-16. Opracowanie: Mokrzecka M.

Nr pokoju	Kondygnacja	Liczba mieszkańców	Ekspozycja okien	Elementy przesłaniające (drzewa, budynki)	Okres pomiaru	Miejsce montażu czujnika
106	3	2 (pokój żeński)	zachodnia	Tak, wysokie drzewa	16.02.2017 – 03.08.2017	H=1,9 m, Odległość od okien: 2m
119	3	2 (pokój żeński)	wschodnia	brak	16.02.2017 – 03.08.2017	H=1,9 m, Odległość od okien: 2 m
419	7	2 (pokój męski)	wschodnia	brak	16.02.2017 – 03.08.2017	H=1,9 m, Odległość od okien: 2 m
506	8	2 (pokój męski)	zachodnia	brak	16.02.2017 – 15.06.2017	H=1,9 m, Odległość od okien: 3 m
1006	13	2 (pokój żeński)	zachodnia	brak	16.02.2017 – 03.08.2017	H=1,9 m, Odległość od okien: 1,6m
1012	13	3 (pokój męski)	zachodnia	brak	16.02.2017 – 15.06.2017	H=1,9 m, Odległość od okien: 3 m
1019	13	2 (pokój męski)	wschodnia	brak	16.02.2017 – 03.08.2017	H=1,9 m, Odległość od okien: 2 m
1024	13	3 (pokój męski)	wschodnia	brak	16.02.2017 – 15.06.2017	H=1,9 m, Odległość od okien: 2 m

Tab. 21 Zestawienie szczegółowych informacji na temat montażu czujników. Opracowanie: Mokrzecka M.

Pomiary zostały przeprowadzone za pomocą rejestratorów temperatury Ibuttons model DS1922L. Jest to rejestrator typu pastylka o niewielkich wymiarach, mierzący temperaturę w interwałach czasowych zdefiniowanych przez użytkownika i zapisujący wyniki w pamięci wewnętrznej. Model DS1922L posiada pamięć wewnętrzną umożliwiającą zapis do 8192 odczytów. Mierzy temperaturę w zakresie od -10°C to $+65^{\circ}\text{C}$, w rozdzielczości $0,5^{\circ}\text{C}$ lub $0,0625^{\circ}\text{C}$ z dokładnością do $0,5^{\circ}\text{C}$. Rejestratory zostały zaprogramowane do pomiarów w interwałach 30-minutowych w rozdzielczości pomiarów $0,0625^{\circ}\text{C}$. Zostały zamontowane w każdym pokoju na boku szafy ubraniowej, na wysokości około 190 cm za pomocą taśmy dwustronnej.



Rys. 177 Rejestratory Ibuttons wraz z portem do programowania i odczytu pomiarów. Fot. Mokrzecka M.

Dane i przyjęte założenia

Do analizy temperatur wewnątrz budynku użyto historycznych danych pogodowych dla badanego okresu. Użyte dane to: temperatura powietrza analizowana w odstępach godzinnych oraz natężenie promieniowania słonecznego, wyrażone jako średnia w godzinach przed- i popołudniowych. Dane pozyskano z baz danych IMGW, portalu: <https://freemeteo.pl> oraz dzięki uprzejmości Zakładu Klimatologii i Ochrony Atmosfery Uniwersytetu Wrocławskiego.

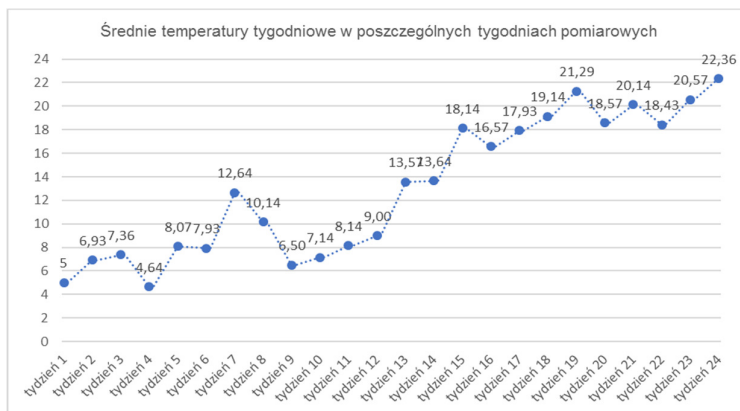
Ogrzewanie budynku i jego wpływ na pomiary¹⁹²:

Metoda¹⁹³

Limitacje¹⁹⁴

Temperatura i warunki pogodowe

Na podstawie historycznych danych pogodowych uzyskanych z portalu www.freemeteo.pl obliczono średnie dobowe temperatury powietrza. Na podstawie danych otrzymanych od zakładu klimatologii UW obliczono średnie dobowe natężenie promieniowania (w godz. 9-15.00). Następnie obliczono średnie temperatury i natężenia promieniowania kolejno dla 24 tygodni pomiarowych. Średnie temperatury tygodniowe przedstawia rys. nr 175, średnie natężenia promieniowania rys. 176.



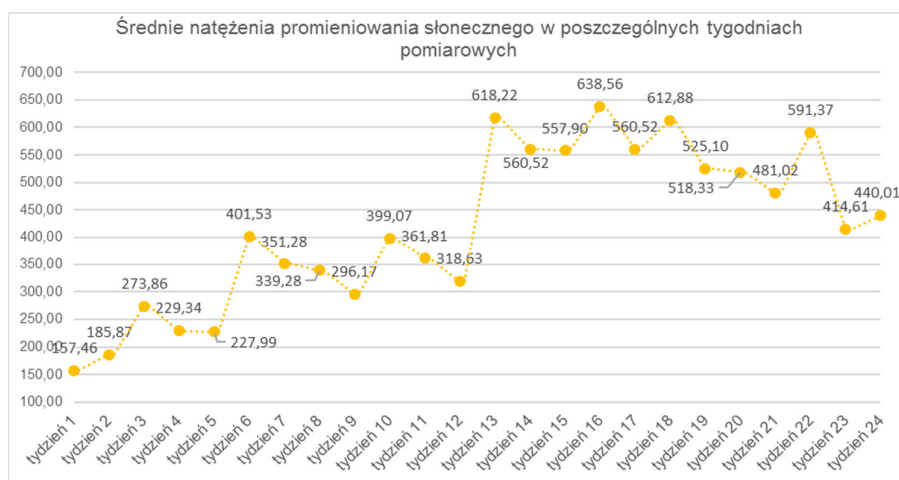
Rys. 178 Średnie tygodniowe temperatury powietrza w okresie pomiarowym. Źródło: www.freemeteo.pl

¹⁹² Ogrzewanie budynku jest sterowanie centralnie. Dodatkowo w każdym pokoju znajduje się termostat, który umożliwia indywidualne regulowanie temperatury. W okresie prowadzonych badań ogrzewanie w budynku było włączone od początku pomiarów, tj. 15.02.2017 do 11.05. 2017 roku do godziny 7.30 rano.

¹⁹³ Dane były zbierane w odstępach półgodzinnych, co oznacza, że w ciągu doby rejestrator wykonywał 48 pomiarów. Po wykonaniu wstępnej analizy zdecydowano się na prezentację danych przy pomocy pomiarów reprezentatywnych. Wybrano sześć przedziałów czasowych (6.00-7.00 rano, 10.00-11.00, 11.30-12.30, 14.00-15.00, 17.00-18.00, 21.30-22.30) i w każdym z przedziałów obliczono średnią temperaturę na podstawie 3 pomiarów wykonanych w półgodzinnych odstępach. To oznacza, że pomiar określony jako 6.00-7.00 rano jest średnią arytmetyczną temperatur zmierzonych o godzinie 6.00, 6.30 i 7.00.

¹⁹⁴ W trakcie badań trzy z ośmiu czujników zamontowanych w budynku zostały skradzione, co oznacza, że pełne dane, tzn. dane ze wszystkich ośmiu pokoi były zbierane w okresie od 03.02.2017 roku do 15.06.2017 roku. W okresie od 15.06.2017 do 02.08.2017 roku pomiary były kontynuowane w pokojach: 106,119, 419, 1006, 1019. Po 3.08.2017 roku wszystkie czujniki zostały zdemonstrowane.

Tygodnie pomiarowe zgrupowano w cztery okresy pomiarowe. Pierwsze dwa okresy pomiarowe zawierają dane z okresu grzewczego. Pierwszy okres pomiarowy przyjęto od 16.02.2017 do 29.03.2017 (tydzień 1-6). Drugi okres pomiarowy przyjęto od 30.03.2017 do 10.05.2017 (tydzień 7-12). Trzeci i czwarty okres pomiarowy znajduje się poza okresem grzewczym. Okres trzeci – 11.05.2017 do 14.06.2017 (tydzień 13-17). Okres czwarty – od 15.06.2017 do 02.08.2017 roku (tydzień 18-24). W każdym z okresów wybrano do analizy tydzień o najniższej średniej temperaturze powietrza, najwyższej średniej temperaturze powietrza oraz standardowy, rozumiany jako tydzień o temperaturze najbardziej zbliżonej do średniej temperatury dla całego okresu. Dodatkowo w dwóch okresach obejmujących okres wiosenno-letni wybrano po jednym tygodniu, w którym wartości natężenia promieniowania słonecznego (W/m²) były najwyższe.



Rys. 179 Wykres przedstawia średnie tygodniowe natężenia promieniowania słonecznego. Opracowanie: Mokrzecka M. na podstawie danych Zakładu Klimatologii i Ochrony Atmosfery Uniwersytetu Wrocławskiego.

W tabelach zaprezentowano szczegółowe zestawienia dotyczące pierwszego i trzeciego okresu pomiarowego. Wyszczególniono: dobowe temperatury (minimalną, maksymalną i średnią dobową), średnią temperaturę w okresie siedmiu dni oraz wartości średniego natężenia promieniowania. Wskazano również tygodnie charakterystyczne (dla okresu zimowego: najzimniejszy, standard, najcieplejszy, dla okresu letniego: dodatkowo najwyższe natężenie promieniowania).

	Temp. Min. °C	Temp. maks. °C	Średnia dobowa °C	Podział na tygodnie	Średnia temp.w okresie 7 dni °C	Tygodnie charakterystyczne	Średnie natężenie promieniowania w okresie 7 dni W/m ²
16-02	-6	11	2,5	tydzień 1	5		157,46
17-02	1	7	4				
18-02	2	6	4				
19-02	1	9	5				
20-02	1	10	5,5				

Zagadnienia proekologiczne w domach studenckich. Aspekt architektoniczno-behavioralny

	Temp. Min. °C	Temp. maks. °C	Średnia dobowa °C	Podział na tygodnie	Średnia temp. w okresie 7 dni °C	Tygodnie charakterystyczne	Średnie natężenie promieniowania w okresie 7 dni W/m2
21-02	4	10	7				
22-02	1	13	7				
23-02	4	12	8	tydzień 2	6,93	standardowy	185,87
24-02	-1	12	5,5				
25-02	-2	6	2				
26-02	1	11	6				
27-02	2	16	9				
28-02	6	13	9,5				
1-03	5	12	8,5				
2-03	2	13	7,5	tydzień 3	7,36		273,86
3-03	2	12	7				
4-03	1	16	8,5				
5-03	8	14	11				
6-03	1	12	6,5				
7-03	2	8	5				
8-03	1	11	6				
9-03	2	8	5	tydzień 4	4,64	najzimniejszy	229,34
10-03	3	8	5,5				
11-03	-1	9	4				
12-03	-2	8	3				
13-03	-3	8	2,5				
14-03	-3	11	4				
15-03	3	14	8,5				
16-03	2	13	7,5	tydzień 5	8,07	najcieplejszy	227,99
17-03	0	16	8				
18-03	3	12	7,5				
19-03	1	8	4,5				
20-03	4	14	9				
21-03	7	16	11,5				
22-03	5	12	8,5				
23-03	4	8	6	tydzień 6	7,93		401,53
24-03	1	12	6,5				
25-03	0	13	6,5				
26-03	-2	12	5				
27-03	-2	16	7				
28-03	1	21	11				
29-03	8	19	13,5				
średnia temp. w danym okresie					6,65°C		

Tab. 22 Zestawienie: temperatury powietrza (minimalnej, maksymalnej, średniej dobowej i tygodniowej), średniego, tygodniowego natężenia promieniowania słonecznego oraz wskazanie najcieplejszego, standardowego i najzimniejszego tygodnia do dalszych analiz. Pierwszy okres pomiarowy (16.02-29.03).

	Temp. min. °C	Temp. maks. °C	Średnia dobowa °C	Podział na tygodnie	Średnia temp. w okresie 7 dni °C	Tygodnie charakterystyczne	Średnie natężenie promieniowania w okresie 7 dni W/m2
11-05	3	20	11,5	tydzień 13	13,57	najzimniejszy	618,22
12-05	6	23	14,5				
13-05	1	22	11,5				
14-05	9	24	16,5				
15-05	1	22	11,5				
16-05	9	21	15				
17-05	6	23	14,5				
18-05	1	27	14	tydzień 14	13,64		560,52
19-05	1	27	14				

	Temp. min. °C	Temp. maks. °C	Średnia dobowa °C	Podział na tygodnie	Średnia temp. w okresie 7 dni °C	Tygodnie charakterystyczne	Średnie natężenie promieniowania w okresie 7 dni W/m2
20-05	1	24	12,5				
21-05	1	22	11,5				
22-05	1	22	11,5				
23-05	8	24	16				
24-05	10	22	16				
25-05	11	19	15	tydzień 15	18,14	najcieplejszy	557,90
26-05	8	23	15,5				
27-05	9	22	15,5				
28-05	8	27	17,5				
29-05	14	30	22				
30-05	13	31	22				
31-05	15	24	19,5				
1-06	9	23	16	tydzień 16	16,57	standardowy	638,56
2-06	8	25	16,5			najwyższe natężenie promieniowania	
3-06	8	26	17				
4-06	13	25	19				
5-06	9	13	11				
6-06	14	27	20,5				
7-06	11	21	16				
8-06	8	22	15	tydzień 17	17,93		560,52
9-06	10	26	18				
10-06	13	24	18,5				
11-06	9	26	17,5				
12-06	15	28	21,5				
13-06	13	23	18				
14-06	12	22	17				
średnia temp. w danym okresie				15,97			

Tab. 23 Zestawienie: temperatury powietrza (minimalnej, maksymalnej, średniej dobowej i tygodniowej), średniego, tygodniowego natężenia promieniowania słonecznego oraz wskazanie najcieplejszego, standardowego i najzimniejszego tygodnia do dalszych analiz. Trzeci okres pomiarowy (11.05-14.06). Opracowanie na podst. danych pogodowych Mokrzecka M.

Zdefiniowanie zakresów oczekiwanych wysokości temperatur

Polskie prawo określa minimalną wysokość temperatury wewnątrz pomieszczeń w następujący sposób: *W budynku zasilanym z sieci ciepłowniczej oraz w budynku z własnym (indywidualnym) źródłem ciepła na olej opałowy, paliwo gazowe lub energię elektryczną, regulatory dopływu ciepła do grzejników powinny działać automatycznie, w zależności od zmian temperatury wewnętrznej w pomieszczeniach, w których są zainstalowane. Wymaganie to nie dotyczy budynków jednorodzinnych, mieszkalnych w zabudowie zagrodowej i rekreacji indywidualnej, a także poszczególnych mieszkań oraz lokali użytkowych wyposażonych we własne instalacje ogrzewcze.*

Urządzenia, o których mowa powinny umożliwiać użytkownikom uzyskanie w pomieszczeniach temperatury niższej od obliczeniowej, przy czym nie niższej niż 16°C w pomieszczeniach o temperaturze obliczeniowej 20°C i wyższej¹⁹⁵.

Dla pomieszczeń przeznaczonych na stały pobyt ludzi bez okryć zewnętrznych, niewykonujących w sposób ciągły pracy fizycznej, w tym m.in. pokoi mieszkalnych, temperatura powinna wynosić +20°C. W przypadku maksymalnej temperatury wewnątrz pomieszczeń, w budynkach nieposiadających klimatyzacji, warunki pośrednio określa norma PN-EN 13779:2007. Norma przyjmuje orientacyjne wartości wynikające z zależności temperatury na zewnątrz i wewnątrz budynku¹⁹⁶. Jako, że celem badania nie jest sprawdzenie zgodności z normami prawnymi, a próba oszacowania warunków określanych jako komfortowe dla danego typu pomieszczenia, zdecydowano się na przyjęcie wartości referencyjnych zalecanych przez CIBSE (ang. *The Chartered Institution of Building Services Engineers*), międzynarodowej organizacji z siedzibą w Londynie, zrzeszającej inżynierów z branży budowlanej i instalacyjnej. Zalecenia zawarte w publikacji *Environmental Design* są dostosowane do określonych typów budynków i pomieszczeń. Poniżej tabela przedstawia wybrane typy budynków i pomieszczeń oraz zalecenia dotyczące minimalnej i maksymalnej temperatury w ich wnętrzu.

Typ budynku	Typ pomieszczenia	Prognozowana aktywność	Zakres zalecanych temperatur w okresie zimowym	Maksymalna temperatura zalecana w okresie letnim
mieszkalny	salon	1.1	22°C -23°C	25°C
mieszkalny	sypialnia	0.9	17°C -19°C	23°C
hotelowy	pokój	1.0	19°C -21°C	23°C
biurowy	biuro	1.2	21°C -23°C	25°C
<i>Dom studencki</i>	<i>akademik</i>	<i>każda z wymienionych</i>	<i>20°C -22°C (20-22,5°C)</i>	<i>25°C w godzinach 08.00-22 23°C w godzinach 22.00-08.00</i>

Tab. 24 Wartości zalecanych temperatur w pomieszczeniach. Źródło: (Humphreys 2006)¹⁹⁷.

Ze względu na specyfikę pokoi w domu studenckim do zestawienia wybrano kilka rodzajów pomieszczeń. Pokój w domu studenckim jest zarówno sypialnią jak i salonem oraz miejscem pracy. Wyniki ankiet przeprowadzonych wśród mieszkańców

¹⁹⁵ Rozporządzenia Ministra Infrastruktury W sprawie warunków w technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Na podstawie art. 7 ust. 2 pkt 1 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz. U. z 2013 r. poz. 1409, z późn. zm., dostęp internetowy: <https://uprawnieniabudowlane.pl/wp-content/uploads/2018/04/Dz.U.15.1422-Warunki-Techniczne-2018.pdf>, dostęp: 26.08.2018.

¹⁹⁶ Obliczane wzorem: $\Theta_i \max = 0,33 \Theta_{rm} + 18,8 + 3$, Gdzie: $\Theta_i \max$ = maksymalna temperatura wewnątrz pomieszczenia, Θ_{rm} =temperatura zewnętrzna.

¹⁹⁷ Humphreys M.N., Fergus „Environmental criteria for design”, The Chartered Institution of Building Services Engineers London 2006.

jednoznacznie potwierdziły, że niezależnie od intencji projektantów przestrzeni w akademiku (pokoje nauki i spotkań na parterze) zdecydowana większość studentów nie tylko śpi, ale również spędza w pokoju swój wolny czas oraz uczy się i pracuje przy komputerze. Co więcej, w tym samym czasie, kiedy jeden z mieszkańców użytkuje pokój jako sypialnię, dla drugiego może to być miejsce pracy. Innym zagadnieniem jest to, że domy studenckie są częściej klasyfikowane jako jeden typ zamieszkania wraz z pokojami hotelowymi niż mieszkalnymi. Z tego względu w zestawieniu ujęto również pokój hotelowy. Biorąc pod uwagę wszystkie wymienione aspekty, zdecydowano się na:

- Uśrednienie zakresów zalecanych temperatur w okresie zimowym.
- Rozgraniczenie maksymalnej temperatury w okresie letnim na maksymalną temperaturę w ciągu dnia i w ciągu nocy.

Wyniki pomiarów temperaturowych w pokojach

Okres zimowy:

W tabelach znajdują się szczegółowe zestawienia temperatur w dwóch wybranych pokojach w najzimniejszym, standardowym i najcieplejszym tygodniu pierwszego okresu pomiarowego. Kolorem białym zaznaczono komórki, w których temperatura wynosi między 20 a 22°C (przyjęto tolerancję do 22,5°C). Kolorem żółtym zaznaczono wartości od 22,5°C do 24°C. Kolorem czerwonym zaznaczono wartości powyżej 24°C. Wszystkie wartości powyżej 24°C uznaje się jako temperatury wysokie.

okres pomiarowy	tydzień pomiarowy	data	Pokój 119					
			6.00-7.00	10.00-11.00	11.30-12.30	14.00-15.00	17.00-18.00	21.30-22.30
1	najzimniejszy	106						
		9-03	25,01	25,49	25,59	25,30	24,34	25,13
		10-03	24,57	25,61	25,55	24,99	24,45	23,24
		11-03	23,43	24,49	23,78	23,34	23,05	24,20
		12-03	23,97	23,78	23,68	23,36	22,53	23,99
		13-03	24,51	25,26	24,51	23,90	22,80	23,45
		14-03	24,55	24,99	23,65	22,93	24,18	24,22
	standard	15-03	24,53	24,38	24,28	24,76	24,07	25,28
		23-02	23,74	23,80	23,86	23,78	23,78	23,74
		24-02	23,74	23,93	23,97	24,01	24,01	23,97
		25-02	23,76	24,05	24,03	23,95	23,72	23,74
		26-02	23,55	23,57	23,61	23,57	23,49	23,43
		27-02	23,68	24,80	24,53	24,15	23,86	24,03
		28-02	24,03	23,82	23,74	23,90	24,13	24,88
	najcieplejszy	1-03	24,86	24,57	24,38	24,72	24,26	25,22
		16-03	24,88	25,57	24,68	25,09	25,09	25,43
		17-03	25,40	25,28	24,97	24,30	24,93	25,78
		18-03	25,93	25,55	25,20	25,36	23,51	24,55
		19-03	24,49	24,86	24,34	23,63	24,53	24,99
		21-03	24,55	24,36	24,32	24,01	24,49	24,22
		22-03	24,84	25,24	24,59	24,88	24,38	24,76
23-03	24,18	24,86	24,59	24,24	23,01	24,24		

Tab. 25 Zestawienie pomiarów z pierwszego okresu pomiarowego w pokoju 119. Kolor biały – temperatury zalecane, kolor pomarańczowy temp. między 22,5-24°C, kolor czerwony temp. powyżej 24°C.

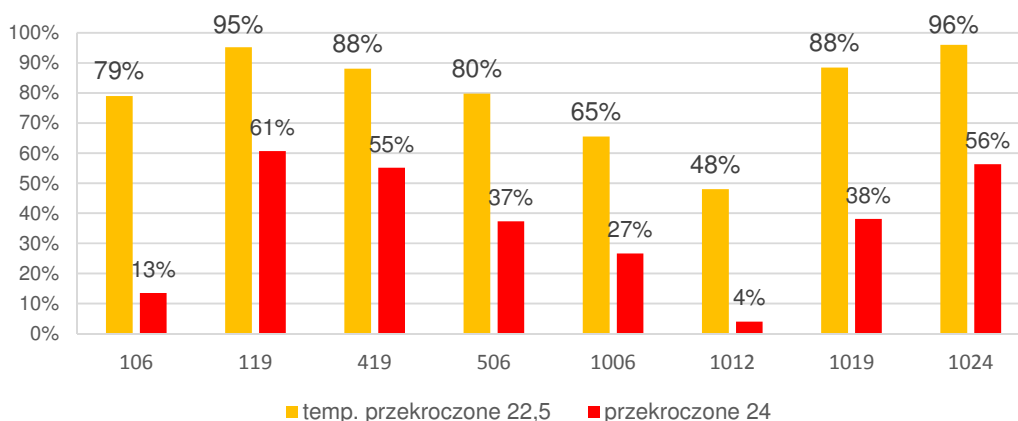
okres pomiarowy	tydzień pomiarowy	data	Pokój 1006					
			106	6.00-7.00	10.00-11.00	11.30-12.30	14.00-15.00	17.00-18.00
1	najzimniejszy	9-03	24,95	24,47	22,95	24,10	24,53	24,22
		10-03	23,89	24,62	24,89	23,51	24,08	21,85
		11-03	23,03	23,28	23,01	23,58	23,53	24,45
		12-03	23,87	24,03	23,99	23,72	23,89	23,66
		13-03	24,12	24,39	23,89	23,78	23,85	23,80
		14-03	24,41	24,30	23,95	24,26	23,97	24,58
		15-03	23,68	23,47	23,47	23,18	23,95	22,30
	standard	23-02	22,47	22,35	22,45	22,55	22,66	22,72
		24-02	22,37	21,93	21,74	21,59	21,84	22,05
		25-02	21,78	21,55	21,55	21,72	21,78	22,03
		26-02	21,97	21,99	22,10	22,05	22,07	22,05
		27-02	22,51	22,74	22,95	23,57	23,72	23,76
		28-02	24,08	23,68	23,07	23,87	23,83	24,58
	najcieplejszy	1-03	22,07	23,41	23,55	24,26	23,89	24,47
		16-03	22,76	21,57	21,03	22,64	22,91	23,89
		17-03	24,14	23,99	23,58	23,76	23,49	22,95
		18-03	23,58	23,80	23,89	22,14	23,91	21,78
		19-03	22,43	22,43	22,45	21,91	22,55	22,60
		21-03	23,68	23,26	24,05	23,58	24,01	23,28
		22-03	24,22	23,45	23,99	24,30	23,72	24,20
	23-03	24,72	23,45	23,22	23,87	24,18	23,89	

Tab. 26 Zestawienie pomiarów z pierwszego okresu pomiarowego w pokoju 1006. Kolor biały – temperatury zalecane, kolor pomarańczowy temp. między 22,5-24°C, kolor czerwony temp. powyżej 24°C.

Poniżej zestawiono uśrednione dobowe temperatury we wszystkich pokojach w czasie pierwszego okresu pomiarowego.

okres pomiarowy	tydzień pomiarowy	data	106	119	419	506	1006	1012	1019	1024
1	najzimniejszy	9-03	23,81	25,14	24,04	23,90	24,20	21,56	24,44	24,76
		10-03	23,68	24,73	24,36	22,25	23,80	21,49	24,36	24,59
		11-03	22,61	23,71	24,50	24,21	23,48	22,00	24,78	24,27
		12-03	22,80	23,55	23,38	24,50	23,86	22,53	24,91	23,71
		13-03	23,30	24,07	24,22	21,98	23,97	22,41	25,00	23,52
		14-03	23,35	24,08	24,54	23,15	24,25	22,60	24,78	24,64
		15-03	23,55	24,55	24,27	21,09	23,34	21,89	23,90	24,88
	standard	23-02	24,46	23,78	25,05	24,06	22,53	21,22	21,42	24,28
		24-02	24,15	23,94	25,19	23,74	21,92	21,02	21,71	23,75
		25-02	23,62	23,87	24,50	23,75	21,74	18,50	22,08	24,92
		26-02	23,41	23,54	24,82	24,08	22,04	19,48	21,72	23,95
		27-02	23,86	24,18	25,10	22,61	23,21	20,89	23,21	24,32
		28-02	24,01	24,08	25,13	22,85	23,85	21,67	22,84	24,49
	najcieplejszy	1-03	24,07	24,67	24,86	21,69	23,61	22,33	23,19	24,34
		16-03	23,23	25,12	24,20	19,72	22,47	22,13	23,70	24,43
		17-03	23,42	25,11	23,90	22,19	23,65	22,17	23,91	25,11
		18-03	23,09	25,02	22,80	24,47	23,18	22,19	23,41	24,08
		19-03	22,03	24,47	23,42	23,34	22,39	21,98	23,63	25,41
		21-03	23,38	24,32	24,84	22,12	23,64	21,76	23,95	24,48
		22-03	23,60	24,78	23,94	23,16	23,98	22,53	24,28	24,05
	23-03	23,73	24,19	22,96	22,13	23,89	22,36	24,11	23,88	

Tab. 27 Zestawienie uśrednionych, dobowych temperatur w pokojach. Pierwszy okres pomiarowy.

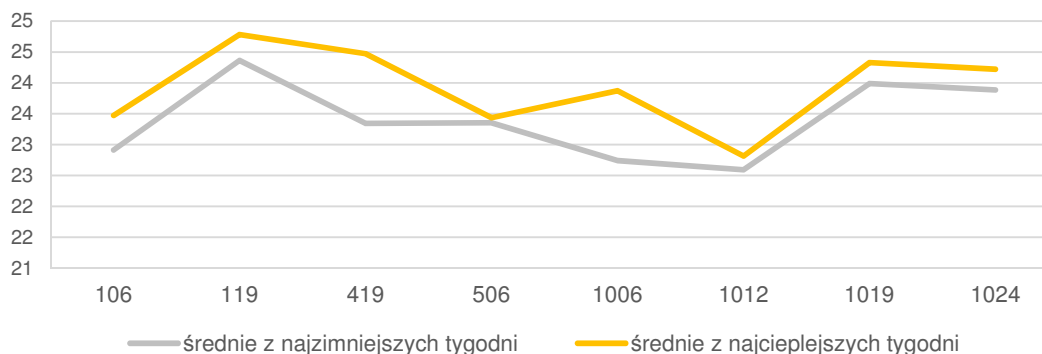
Wnioski – okres zimowy

Rys. 180 Uśrednione wartości pomiarów – średnia dobowa we wszystkich pokojach. Wykres przedstawia stosunek temperatur przekraczających 22,5°C do wszystkich zmierzonych temperatur (kolor pomarańczowy) w ośmiu pokojach w okresie zimowym. Wykres przedstawia również stosunek temperatur przekraczających 24°C do wszystkich zmierzonych temperatur w ośmiu pokojach w okresie zimowym (pierwszy i drugi okres pomiarowy). Dane wyrażone procentowo. Opracowanie: Mokrzecka M.

Temperatury przekraczają zalecane wartości w każdym z analizowanych pokoi. Temperatury zalecane najczęściej są przekraczane (ponad 80% pomiarów) w pokojach: 119, 419, 506, 1019, 1024. Skrajnie wysokie temperatury (powyżej 24°C) najczęściej (ponad 50% pomiarów) są przekraczane w pokojach: 119, 419, 1024. Temperatura powietrza kilkakrotnie nie osiągnęła minimalnej wartości 20°C, nie osiągając nawet 1% analizowanych pomiarów. Najniższe temperatury występują w pokoju 1012 (wszystkie przekraczają wymaganą, minimalną wartość 20°C). Jest w nim również najmniej temperatur przekraczających 24°C. Średnia temperatura dobowa w całym okresie grzewczym wynosi 22,3°C, co można uznać za optymalną wartość. W przypadku analiz okresu grzewczego problematyczne jest określenie bezpośredniego powodu najniższej temperatury, ze względu na możliwość indywidualnej regulacji temperatury w pokoju. Pierwsza możliwość jest więc taka, że mieszkańcy zakręcili grzejnik w pokoju. Biorąc jednak pod uwagę, że pokój 1012 jest również jednym z najchłodniejszych pokoi w okresie wiosenno-letnim, można założyć, że ze względu na to, że przylega do północnej ściany szczytowej, wychładza się w większym stopniu niż inne analizowane pokoje. Aby stwierdzić, na ile jest to problem związany ze ścianą szczytową, należałoby przeprowadzić monitoring w innych pokojach do niej przylegających. Drugi w kolejności, najchłodniejszy z badanych pokoi to 106. Posiada dużą liczbę pomiarów przekraczających 22,5°C, jednak nie są to duże przekroczenia. Średnia dobowa w całym okresie wynosi 23,18°C. Pokój 106 zarówno w okresie zimowym, jak i wiosenno-letnim jest jednym z chłodniejszych pokoi. Po pierwsze może to być związane z preferencjami mieszkańców pokoju (sugerują to również odpowiedzi ankietowe,

w których zarówno warunki w okresie zimowym, jak i letnim określili jako satysfakcjonujące). Po drugie może być związane z położeniem pokoju – ze względu na liczne drzewa przed oknami w okresie letnim pokój nie jest narażony na bezpośrednią ekspozycję na słońce.

Pokoje z najwyższymi temperaturami wewnątrz to przede wszystkim 119 i 1024. W pokoju 119 średnia dobowa temperatura w okresie grzewczym wyniosła 24,19°C, w pokoju 1024 wyniosła 24,02°C. Obydwa pokoje są również jednymi z cieplejszych w okresie wiosenno-letnim: 25,55°C w pokoju 119, 25,6°C w pokoju 1024 (dane z chłodniejszego okresu, późniejszych brak). W przypadku obydwu pokoi przyczyną może być ekspozycja słoneczna oraz indywidualne preferencje mieszkańców. Należy zwrócić uwagę na to, że pokój 119 to pokój żeński. Kobiety posiadają inny zakres komfortu cieplnego niż mężczyźni, co może przekładać się na preferowaną temperaturę w pomieszczeniu (Kingma, van Marken Lichtenbelt 2015). Z kolei pokój 1024 przylega do południowej ściany szczytowej, co może zwiększać temperaturę w jego wnętrzu.



Rys. 181 Średnie tygodniowe temperatury w pokojach w najzimniejszych i najcieplejszych tygodniach okresu grzewczego. Opracowanie: Mokrzecka M.

Powyżej przedstawiono tygodniowe średnie temperatury w najzimniejszych i najcieplejszych tygodniach okresu grzewczego. Temperatura w żadnym z pokoi nie spada poniżej 22,5°C nawet w najzimniejszym okresie badań (średnia temp. powietrza na zewnątrz to około 5°C do 6°C). W najcieplejszych tygodniach pomiarowych temperatura w pokojach przekracza 24°C. Należy zwrócić uwagę, że w najzimniejszych okresach pomiarowych temperatura wynosiła 5,6°C. To oznacza, że była zdecydowanie wyższa od średniej temperatury w okresie zimowym (0°C dla okresu 1971-2000 na podstawie danych IMGW). Jednakże biorąc pod uwagę ostatnie lata, była to temperatura niewiele przekraczająca średnią dla danego okresu (luty-marzec 2014-2017, średnia temp= 5°C). Należy przyjąć, że w przyszłości temperatury w danym okresie będą zbliżone lub wyższe niż w ostatnich trzech latach, co oznacza, że w przypadku braku

podjęcia działań w budynku, temperatury w pokojach będą najprawdopodobniej również na podobnym poziomie.

Wyniki pomiarów temperaturowych w pokojach – okres wiosenno-letni

W poniższych tabelach znajdują się szczegółowe zestawienia temperatur w dwóch wybranych pokojach w najzimniejszym, standardowym (będącym jednocześnie najbardziej nasłonecznionym) i najcieplejszym tygodniu trzeciego okresu pomiarowego. Kolorem białym zaznaczono komórki, w których temperatura wynosi między 20 a 22°C (przyjęto tolerancję do 22,5°C). Dla okresu nocnego (21.30-07.00) wyszczególniono przekroczenia powyżej zalecanych 23°C (kolor pomarańczowy) i powyżej 26°C (kolor ciemnoczerwony). Dla okresu dziennego (10.00-18.00) wyszczególniono przekroczenia powyżej 25°C (kolor czerwony) i powyżej 27°C (kolor zielony).

okres pomiarowy	tydzień pomiarowy	data	Pokój 119					21:30 - 22:30
			6.00-7.00	10.00-11.00	11.30-12.30	14.00-15.00	17.00-18.00	
3	najzimniejszy	11-05	23,32	22,86	23,88	23,30	23,30	22,42
		12-05	22,32	25,63	24,74	24,28	23,70	23,26
		13-05	23,11	24,97	24,11	23,99	23,93	24,45
		14-05	24,09	26,28	25,90	25,05	25,01	24,90
		15-05	24,80	24,88	25,15	25,24	24,82	24,80
		16-05	24,57	25,78	25,34	24,95	24,53	23,99
		17-05	23,86	26,22	25,38	24,82	24,51	24,26
	Standard/nasłonecznienie	1-06	24,65	26,45	25,95	25,36	25,03	25,22
		2-06	24,34	27,32	26,38	25,99	25,70	25,07
		3-06	25,03	29,07	26,80	26,18	26,05	25,22
		4-06	25,13	25,93	26,15	25,61	25,26	24,53
		5-06	24,26	26,82	26,57	25,90	25,38	24,51
		6-06	24,43	25,13	25,59	25,63	25,45	24,84
	najcieplejszy	7-06	24,51	25,72	24,86	24,49	24,36	24,36
		25-05	23,93	25,53	24,51	24,05	23,74	23,36
		26-05	23,76	26,22	25,32	24,78	24,63	24,99
		27-05	23,72	26,68	25,97	25,07	24,86	24,36
		28-05	23,82	26,80	25,61	25,30	25,20	25,13
		29-05	24,74	26,26	25,99	26,70	26,57	25,57
		30-05	25,15	28,63	28,34	26,97	26,07	25,86
		31-05	25,36	26,18	25,99	25,70	25,53	25,22

Tab. 28 Zestawienie pomiarów w pokoju 119 w trzecim okresie pomiarowym. Temperatury podzielono na dzienne (10.00-18.00) i nocne (21.30-07.00). Oznaczenie temperatur w dzień: kolor biały - temperatury poniżej 25°C, kolor czerwony - temp. w zakresie 25-27°C, kolor zielony temp. powyżej 27°C. Oznaczenie temperatur w nocy: kolor biały: poniżej 23°C, kolor pomarańczowy - temp. w zakresie 23-26°C, kolor ciemnoczerwony temp. powyżej 26°C.

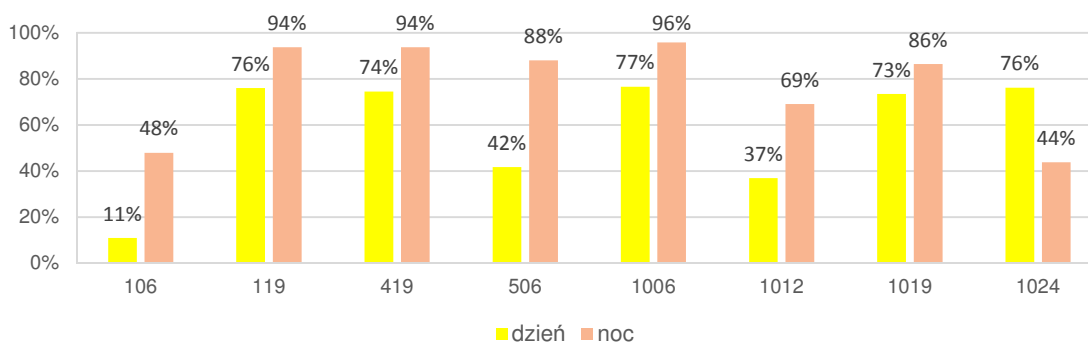
okres pomiarowy	tydzień pomiarowy	data	Pokój 1006						
3	najzimniejszy		6.00-7.00	10.00-11.00	11.30-12.30	14.00-15.00	17.00-18.00	21:30 - 22:30	
		11-05	22,78	22,95	22,99	22,82	25,16	23,91	
		12-05	23,83	24,14	24,24	24,41	25,05	24,62	
		13-05	24,43	24,51	24,47	24,97	25,07	24,80	
		14-05	24,70	24,91	24,49	24,87	25,28	23,62	
		15-05	24,49	24,05	24,39	24,74	24,55	24,93	
		16-05	25,01	24,72	24,78	24,60	25,64	25,12	
	Standard/nasłonecznienie	17-05	25,12	24,66	24,99	25,51	27,32	25,68	
		1-06	24,68	25,01	24,78	24,76	26,66	25,16	
		2-06	24,99	24,51	24,30	25,01	27,47	25,25	
		3-06	25,14	26,24	26,26	26,51	28,45	27,25	
		4-06	25,25	27,16	27,26	27,16	25,93	25,14	
		5-06	25,51	25,66	25,51	25,68	27,97	25,25	
		6-06	25,25	26,60	26,70	26,89	26,62	25,25	
	najcieplejszy	7-06	25,25	25,51	25,03	25,82	25,83	25,22	
		25-05	24,14	24,22	23,93	23,68	23,47	23,87	
		26-05	24,05	23,64	23,80	24,28	25,39	24,66	
		27-05	24,10	24,30	24,53	24,45	27,72	25,25	
		28-05	25,93	25,97	25,85	26,39	28,74	25,25	
		29-05	25,25	26,64	26,66	27,76	28,51	27,25	
		30-05	27,25	27,59	27,82	28,18	27,35	27,25	
31-05	25,60	25,53	25,68	25,35	26,76	24,49			

Tab. 29 Zestawienie pomiarów w pokoju 1006 w trzecim okresie pomiarowym. Temperatury podzielono na dzienne (10.00-18.00) i nocne (21.30-07.00). Oznaczenie temperatur w dzień: kolor biały-temperatury poniżej 25°C, kolor czerwony - temp. w zakresie 25-27°C, kolor zielony temp. powyżej 27°C. Oznaczenie temperatur w nocy: kolor biały: poniżej 23°C, kolor pomarańczowy - temp. w zakresie 23-26°C, kolor ciemnoczerwony temp. powyżej 26°C.

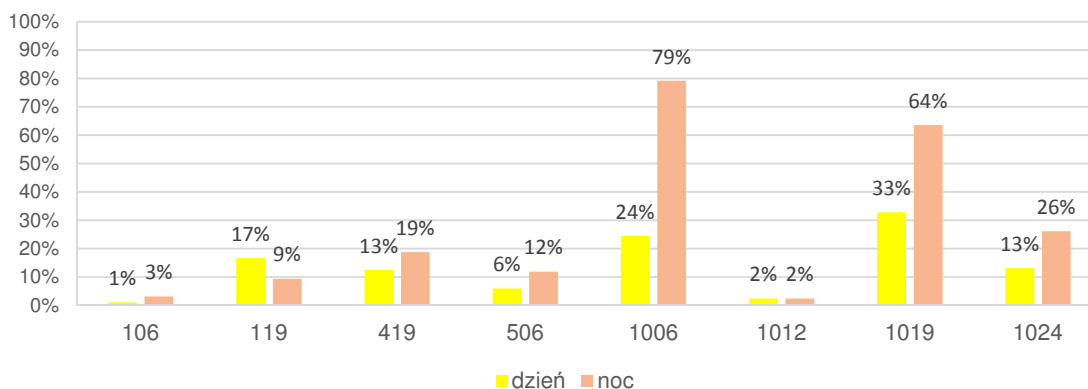
okres pomiarowy	tydzień pomiarowy	data	106	119	419	506	1006	1012	1019	1024
3	najzimniejszy	11-05	22,15	23,49	23,43	25,28	23,48	22,20	24,59	24,37
		12-05	22,47	24,24	23,47	24,28	24,46	22,33	23,87	24,39
		13-05	22,69	24,01	24,78	25,26	24,76	22,63	24,63	25,63
		14-05	22,56	25,32	24,78	24,75	24,89	22,84	24,42	25,09
		15-05	22,70	25,07	24,72	23,75	24,43	23,60	22,90	25,11
		16-05	22,92	24,94	25,26	25,02	24,93	23,70	24,19	25,06
		17-05	22,89	24,90	25,56	25,46	25,62	24,10	24,69	24,64
	Standard/nasłonecznienie	1-06	23,02	25,45	27,00	24,94	25,30	25,22	25,96	26,03
		2-06	23,29	26,02	26,66	24,46	25,32	24,77	25,97	26,80
		3-06	23,88	26,34	26,49	25,25	26,87	25,57	27,02	27,06
		4-06	23,89	25,68	26,23	24,71	26,88	25,44	27,84	26,53
		5-06	23,77	25,95	26,39	25,13	26,20	25,92	27,89	26,18
		6-06	24,06	25,56	26,29	25,69	26,70	26,06	27,40	25,32
		7-06	23,59	24,57	25,62	24,13	25,55	25,00	27,09	25,16
	najcieplejszy	25-05	22,85	24,10	24,48	23,87	23,82	22,79	24,13	24,88
		26-05	22,56	24,91	25,37	24,38	24,28	23,81	24,70	25,05
		27-05	22,83	25,30	25,65	25,71	25,25	24,63	24,22	25,98
		28-05	23,46	25,37	26,28	26,33	26,74	25,10	26,04	25,96
		29-05	25,18	26,42	26,36	26,51	27,39	26,06	27,40	27,09
		30-05	25,71	27,13	27,75	26,17	27,74	26,24	26,89	28,22
		31-05	23,89	25,74	26,07	24,24	25,83	24,74	25,06	26,79

Tab. 30 Zestawienie średnich dziennych temperatur w pokojach w trzecim okresie pomiarowym. Kolorem białym zaznaczono temperatury poniżej 25°C, kolorem czerwonym - temp. w zakresie 25-27°C, kolorem zielonym temp. powyżej 27°C.

Wnioski - okres wiosenno-letni



Rys. 182 Stosunek liczby temperatur przekraczających zalecane wartości 25°C w ciągu dnia i 23,0°C (z tolerancją do 23,5°C) w nocy do wszystkich pomiarów w okresie wiosenno-letnim (wyrażony procentowo). Opracowanie: Mokrzecka M.



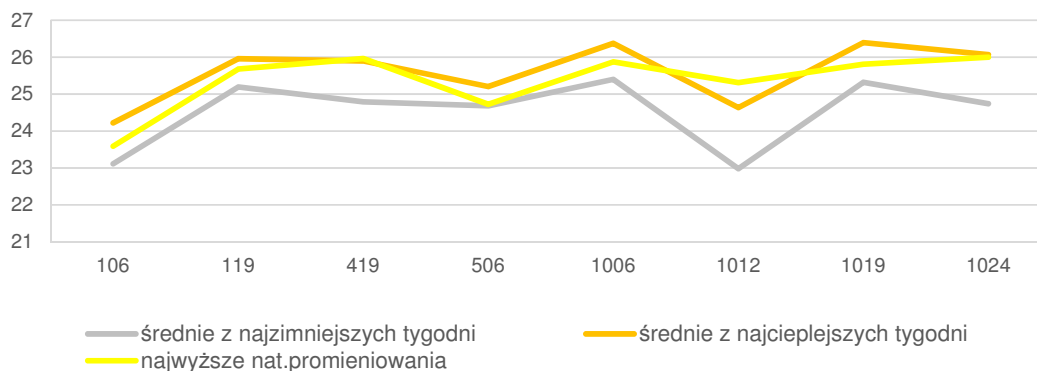
Rys. 183 Stosunek temperatur powyżej 27°C w ciągu dnia i 26°C w ciągu nocy do wszystkich analizowanych pomiarów w okresie wiosenno-letnim (wyrażone procentowo). Opracowanie: Mokrzecka M.

Na podstawie analizy pomiarów w ośmiu pokojach w okresie wiosenno-letnim (11.05. do 03.08) można stwierdzić, że:

1. Temperatry przekraczają zalecane wartości w każdym z pokojów.
2. Temperatura przekracza zalecane wartości w godz. 8.00-22.00 najczęściej (**ponad 70% pomiarów**) w pokojach 119, 419, 1006, 1019, 1024.
3. Temperatura przekracza zalecane wartości w godzinach 22.00-08.00 najczęściej (**powyżej 80% pomiarów**) w pokojach 119, 419, 506, 1006, 1019.
4. Skrajnie wysokie temperatury w ciągu dnia przekraczają **20%** analizowanych pomiarów w pokojach 1006 i 1019 oraz 1006, 1019 i 1024 w ciągu nocy.

W przypadku pokojów położonych na tych samych (lub zbliżonych) piętrach i mających okna na przeciwne strony świata, można zauważyć, że **wyższe temperatury występują w pokojach z ekspozycją wschodnią**. Są to znaczące różnice: 65% więcej przekroczeń zalecanej temperatury dziennej w pokoju 119 w stosunku do pokoju 106,

32% więcej przekroczeń zalecanej temperatury w ciągu dnia w pokoju 419 w stosunku do pokoju 506. Reguła ta nie dotyczy ostatniej kondygnacji, w której zwłaszcza środkowe pokoje (1006 i 1019) nagrzewają się w podobnym, alarmująco wysokim stopniu. Najwyższe temperatury występują w pokojach z ekspozycją wschodnią i w pokojach na najwyższej kondygnacji. W ciągu dnia wyjątkiem wśród pokoi na kondygnacji 10 jest pokój 1012 przylegający do północnej, szczytowej ściany budynku. Okazuje się mieć to istotne znaczenie dla temperatur w jego wnętrzu - są one znacząco niższe w ciągu dnia. W nocy są w dalszym ciągu niższe niż w innych pokojach na dziesiątym piętrze, jednak wzrastają. Może być to spowodowane oddawaniem ciepła zgromadzonego w dachu budynku. Należy zwrócić uwagę na wysokie temperatury pokoi w modułach środkowych, które ze względu na położenie w środku budynku mają najmniejszą możliwość korzystania z naturalnej wentylacji, a zwłaszcza nie mają możliwości przewietrzania „na przestrzał”. Na podstawie analizy pomiarów można jednoznacznie stwierdzić, że pokoje znajdujące się w środkowych modułach na 10. kondygnacji mają wyższą temperaturę niż pokoje skrajne. Aby sprawdzić tę prawidłowość na niższych piętrach należałoby wykonać odpowiednie pomiary. W okresie między 22.00 a 8.00 rano należy zwrócić uwagę na wielokrotne przekroczenia zalecanych temperatur w pomiarach między 21.30 a 22.30. Może być to spowodowane po pierwsze oddawaniem ciepła przez konstrukcje budynku, która nagrzewa się w ciągu dnia, ale również obecnością wszystkich lokatorów w pokoju. Nie badano wpływu liczby osób w pokoju na temperaturę, jednak wiadomym jest, że w przypadku dużego zagęszczenia osób na niewielkiej powierzchni przy działających sprzętach elektronicznych oraz włączonym oświetleniu temperatura w pokojach będzie wyższa. Okres późnowieczorny wydaje się być tu krytyczny ze względu na duże prawdopodobieństwo występowania wszystkich wymienionych wyżej czynników. Poniżej przedstawiono średnie tygodniowe wartości temperatur w poszczególnych pokojach.



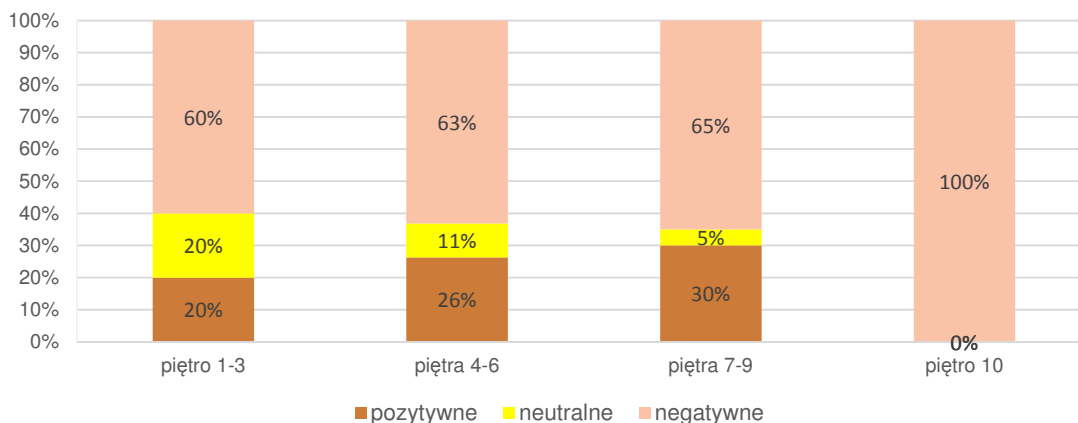
Rys. 184 Średnie tygodniowe temperatury w pokojach w najzimniejszym, najcieplejszym i najbardziej nasłonecznionych tygodniach okresu wiosenno-letniego. Opracowanie: Mokrzecka M.

Zauważono, że:

1. Zarówno temperatura powietrza na zewnątrz, jak i natężenie promieniowania słonecznego mają istotny wpływ na temperaturę w pokojach.
2. Największe wahania w temperaturach wewnątrz w zależności od warunków zewnętrznych można zaobserwować w pokoju 1012.
3. Analizując najcieplejsze tygodnie pomiarowe, których średnia temp. powietrza wynosiła 22,5°C i porównując je do tygodni z najwyższymi wartościami natężenia promieni słonecznych (średnia temp. powietrza=17,85°C), można zauważyć, że mimo ok. 5° różnicy w temp. powietrza, temperatura w pokojach z ekspozycją wschodnią oraz pokoju 1024, który przylega do szczytowej, południowej ściany budynku są bardzo zbliżone.

Pokoje znajdujące się przy ścianach szczytowych budynku posiadają najwyższe wahania temperatury wewnątrz w zależności od warunków atmosferycznych panujących na zewnątrz. Jest to najprawdopodobniej spowodowane niewystarczającą izolacją ścian szczytowych budynku. Ponadto, tak duży wpływ natężenia promieniowania słonecznego na temperaturę w pokojach pokazuje, iż mieszkańcy nie mają możliwości blokowania promieni słonecznych dostających się do pokoi, co skutkuje dodatkowym nagrzewaniem się pomieszczeń.

Analizując temperaturę w pokojach w trzecim i czwartym okresie pomiarowym można zauważyć, że z wyjątkiem pokoju 106 we wszystkich pokojach występuje problem z przekraczaniem zalecanych temperatur (występujący w min. 40% analizowanych pomiarów), które na potrzeby badania przyjęto z wytycznych CIBSE (*ang. The Chartered Institution of Building Services Engineers*). Są to wytyczne przyjmowane dla budynków mieszkalnych, niewyposażonych w klimatyzację. Ze względu na specyfikę pokoju studenckiego, który na niewielkiej przestrzeni grupuje wiele funkcji, w tym miejsca do nauki, pracy, spania i wypoczynku, przyjęto pewne uśrednione wartości (Szczegółowy sposób przyjmowania optymalnych temperatur do badania znajduje się w podrozdziale 0). 40% pomiarów, w których przekroczono zalecane temperatury budzi poważne obawy na temat komfortu studentów mieszkających w pokojach akademika T-16. Wyniki badań potwierdzają wyniki ankiet przeprowadzonych w akademiku T-16. 70% pytanych ocenia warunki termiczne w swoim pokoju jako niezadowolające. Poniżej przytoczono rozkład odpowiedzi studentów uwzględniając piętro zamieszkania.



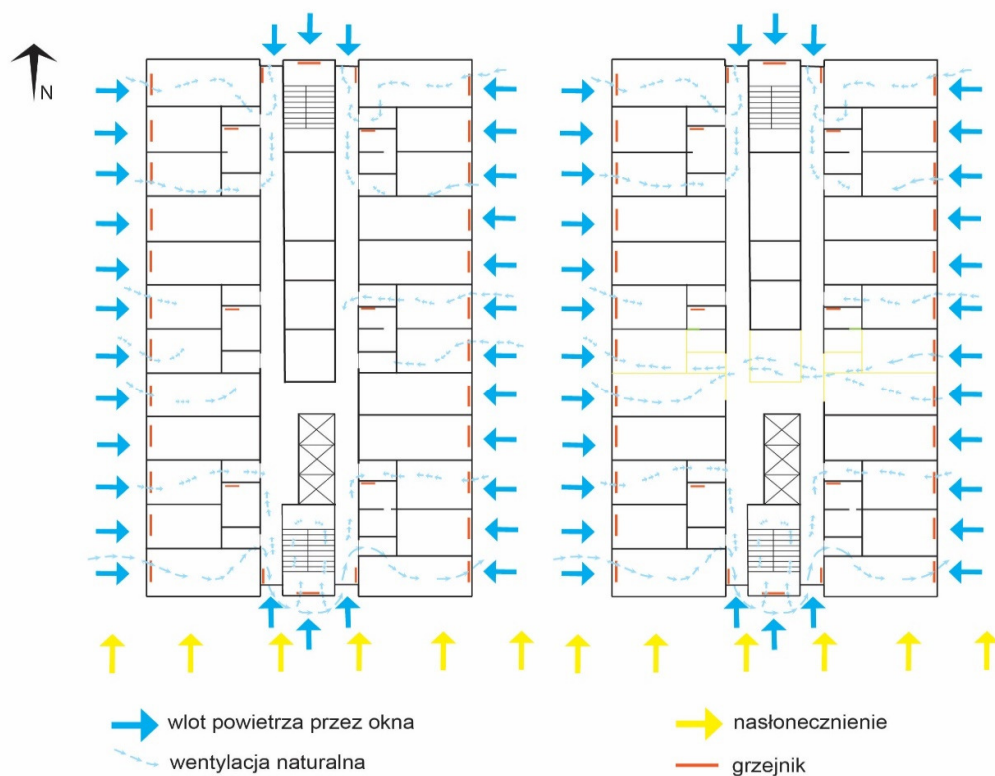
Rys. 185 Rozkład odpowiedzi na pytanie o stopień zadowolenia z warunków termicznych panujących w pokojach w okresie wiosenno-letnim (1-4 -negatywne, 4 neutralne,4-7 pozytywne). Opracowanie: Mokrzecka M.

Dane przedstawione na wykresie potwierdzają również problem z przegrzewaniem się piętra 10, na którym 100% pytanych jest niezadowolonych z warunków termicznych w swoim pokoju. Należy dodać, że w kolejnym pytaniu, w którym studenci mogli wyszczególnić czynniki, jakie wpływają na ich niezadowolenie, 80% pytanych określiło, że problemem jest temperatura powietrza, 67% wskazało brak możliwości efektywnego przewietrzania pokoju, 60% natomiast zbyt duże nasłonecznienie.

6.7. Kierunki poszukiwań poprawy warunków zamieszkania mieszkańców domów studenckich na przykładzie domu studenckiego T-16

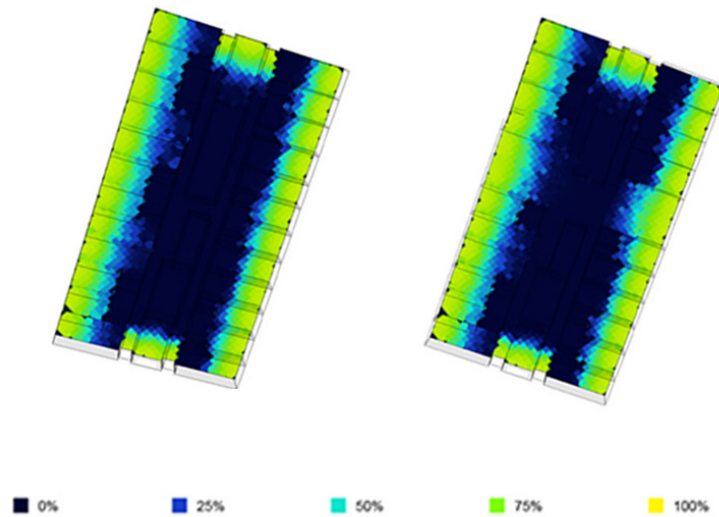
Komfort termiczny i zamieszkania a układ funkcjonalny budynku

W poprzednim rozdziale wykazano, iż czynnikiem, który negatywnie wpływa na komfort termiczny mieszkańców jest wysoka temperatura w pokojach w okresie wiosenno-letnim. Dom studencki T-16 zaprojektowano w sposób, który ogranicza możliwość swobodnego przepływu powietrza. Jest to odczuwalne zwłaszcza w środkowej części budynku – okna znajdujące się na końcach korytarzy nie zapewniają na tyle silnego ruchu powietrza, żeby mogło dotrzeć ono do środkowej części obiektu, z kolei środkowy trakt blokuje możliwość potencjalnej wentylacji dwustronnej, którą można by uzyskać przez otwieranie okien po dwóch stronach budynku przy pozostawieniu otwartych drzwi do pokoi i modułów. Ponadto kanały wentylacyjne w budynku są w większości niedrożne. Jednocześnie długie korytarze nie zapewniają wystarczającej ilości światła w środkowej części budynku. Schematy przedstawione poniżej ilustrują studium nad możliwościami zmian funkcjonalnych w budynku w celu poprawy wymienionych wyżej parametrów.

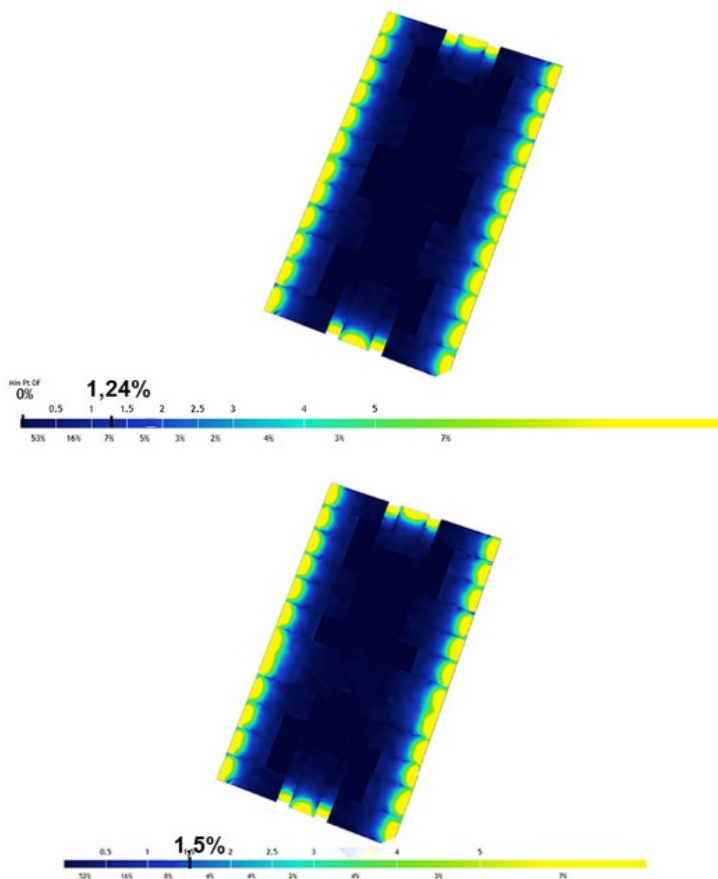


Rys. 186 Schemat wentylacji w budynku – po lewej stan istniejący, po prawej proponowane zmiany. Opracowanie: Mokrzecka M.

Zwrócono uwagę, że przy ograniczonej ingerencji w strukturę konstrukcyjną budynku można uzyskać dwustronne przewietrzenie w strefie najbardziej narażonej na przegrzanie. Likwidując cztery pokoje (16% pokoi na piętrze) zyskuje się nowy rodzaj przestrzeni, który może być różnorodnie wykorzystany np. jako miejsce do nauki, spotkań, jadalnie. Zarządca mógłby również rozważyć przeniesienie do jednego z nich kuchni, która obecnie znajduje się wśród pomieszczeń środkowego traktu.



Rys. 187 Analiza ilości światła dziennego w budynku. Na rys. po lewej przedstawiono schemat istniejącej kondygnacji, po prawej proponowane zmiany funkcjonalne. Kolory na rzutach oznaczają procent czasu w ciągu dnia (rocznie), kiedy dana powierzchnia na wysokości 0,85 m jest oświetlona naturalnym światłem o natężeniu min 300 luxów. Opracowanie: Mokrzecka M.



Rys. 188 Analiza ilości światła dziennego w budynku przed i po wprowadzeniu proponowanych zmian. Ilość światła jest wyrażona jako współczynnik oświetlenia dziennego (ang. daylight factor). Współczynnik jest miarą względną natężenia oświetlenia dziennego w danym punkcie wnętrza budynku do równocześnie występującego natężenia oświetlenia poza budynkiem – na otwartej przestrzeni. Na potrzeby obliczeniowe wyłącza się bezpośrednie światło słoneczne przyjmując zasadę 'zachmurzonego nieba'.

Analiza ilości światła dziennego w istniejącym i proponowanym układzie funkcjonalnym wykazała, iż jego sumaryczna ilość na kondygnacji pozostaje zbliżona. Niewielka różnica na korzyść proponowanego układu wynika z usunięcia części ścian co umożliwiło wniknięcie światła w głębsze partie piętra. Światło zauważalnie dociera do wcześniej niedoświetlonych miejsc – na Rys. 187 obserwuje się zwiększenie powierzchni oświetlonej światłem naturalnym o natężeniu 300 luxów. Na Rys. 188 obserwuje się, iż pewna ilość światła dziennego dociera również do ciągów komunikacyjnych, których znaczna część nie była wcześniej doświetlona.

Zmiany w układzie funkcjonalnym piętra pozytywnie wpłyną na komfort termiczny mieszkańców oraz zwiększą liczbę doświetlonych światłem naturalnym pomieszczeń, w których przebywają studenci. Przekształcenie pomieszczeń znajdujących się w środkowym trakcie domu studenckiego na techniczne (magazyny, pralnie) i zmiana położenia kuchni pozwala na jej doświetlenie i przewietrzanie. Należy podkreślić, iż obecny układ funkcjonalny nie zawiera przestrzeni wspólnych, w których studenci mogliby spędzać czas. Badania wykonane m.in. przez Devlin et al. (2008)¹⁹⁸ wykazują znaczne różnice między poczuciem wspólnoty studentów, którzy mieszkają w domach studenckich o układzie korytarzowym a modułowym, na korzyść pierwszych (patrz rozdział: *Zagadnienia funkcjonalno-przestrzenne a zużycie energii –podsumowanie*). W założeniach badaczy układy modułowe posiadają jednak przestrzenie wspólne – np. wspólną jadalnię czy salon. Układ budynku T-16 jest w tym kontekście mieszany – modułowy ze względu na obecność wydzielonych modułów mieszkalnych posiadających przedsionki i wspólne łazienki oraz korytarzowy – ze względu na brak przestrzeni wspólnych w modułach oraz wspólną kuchnię. Interakcje na piętrze zachodzą obecnie na korytarzach lub w kuchni. Interakcje w module zachodzą w przedsionkach i łazienkach. Heilweil¹⁹⁹ (1973) w swojej pracy badawczej opisuje problem wymuszonych interakcji społecznych w akademikach (*ang. enforced social interactions*), które pojawiają się kiedy studenci są zmuszeni do ciągłej interakcji z innymi w miejscach, w których woleliby przebywać sami (sypialniach, łazienkach). Valins i Baum (1973)²⁰⁰ wykonali serię badań szukając różnic w społecznych zachowaniach mieszkańców domów studenckich o układzie korytarzowym i modułowym. Mieszkaniec w akademiku korytarzowym był zmuszony do interakcji z trzydziestoma osobami, z którymi dzielił kuchnię i łazienkę, mieszkaniec modułu z sześcioma-siedmioma

¹⁹⁸ Devlin A.S., Donovan S., et al. (2008) „Residence Hall Architecture and Sense of Community: Everything Old Is New Again”. *Environment and Behavior*. 40 (4),487-521.

¹⁹⁹ Heilweil M. (1973) „The Influence of Dormitory Architecture On Resident Behavior”. *Environment and Behavior*. 5 (4),377-412.

²⁰⁰ Valins S., Baum A. (1973) „Residential Group Size, Social Interaction, and Crowding”. *Environment and Behavior*. 5 (4),421-439.

osobami. Studenci w układach korytarzowych w pierwszej serii badań zdecydowanie częściej raportowali: zbyt dużą liczbę mieszkańców na piętrze, niechciane spotkania z innymi mieszkańcami, nielubiane osoby, których woleliby nie widzieć. W drugim badaniu naukowcy prosili studentów o umieszczenie w miniaturowych modelach pomieszczeń tylu osób, ile ich zdaniem się w nich zmieści tak, aby pomieszczenie nie było zatłoczone. Studenci z akademików korytarzowych umieszczali mniej osób w pomieszczeniach niż mieszkańcy układów modułowych. Sformułowano tezę, że mieszkańcy układów korytarzowych są wrażliwsi na negatywne efekty społecznych interakcji i bardziej podatni na efekt zatłoczenia (*ang. crowding effect*)²⁰¹. Występowanie poczucia crowdingu u studentów potwierdziło ostatnie badanie, w którym byli oni zmuszeni do interakcji z obcą osobą. Osoby mieszkające w układach korytarzowych częściej unikały kontaktu wzrokowego i usiłowały ograniczyć interakcje.

W domu studenckim T-16 mieszkańcy są zmuszeni do interakcji z ok. 60 osobami na piętrze – dwukrotnie większą liczbą niż studenci w badaniu. Interakcje następują w korytarzach, na klatkach schodowych, w windach (w całym budynku mieszka 600 osób). Studenci są narażeni na podobne czynniki jak studenci w przedstawionych badaniach. Nie należy jednak zapominać, iż mimo negatywnych efektów wykazanych przez Valins i Baum (1973)²⁰², studenci raportują wyższe poczucie wspólnoty mieszkając w układach korytarzowych. Może to oznaczać, iż mimo że znaczna część interakcji jest dla nich niekomfortowa, to jednak pewien ich procent wpływa pozytywnie na poczucie wspólnoty i staje się początkiem bliższych relacji. Uważa się, iż przestrzenie wspólne przyczyniają się do kontaktów niewymuszonych – zachodzących w neutralnych częściach budynku, w czasie który studenci sami wybiorą. Istotność przestrzeni wspólnych (oraz miejsc, w których studenci mogą spędzać czas poza pokojem) znajdujących się w pobliżu codziennej aktywności studentów potwierdzają badania: (Heilweil 1973, Hajehzadeh, Vale 2016)^{199, 203}.

²⁰¹ Crowding (psychologia społeczna) – poczucie, iż ilość fizycznej przestrzeni wokół jest niewystarczająca. Crowding jest indywidualnym odczuciem, które może, ale nie musi być powiązane z rzeczywistą liczbą osób przypadających na daną powierzchnię. Często spotykane są dwie reakcje osób doświadczających crowdingu: próba separacji psychologicznej, kiedy fizyczna jest niemożliwa, lub irytacja, złość, a nawet agresja.

²⁰² Valins S., Baum A. (1973) „Residential Group Size, Social Interaction, and Crowding”. *Environment and Behavior*. 5 (4), 421-439.

²⁰³ Hajehzadeh I., Vale B. (2016) „Shared student residential space: a post occupancy evaluation”. *Journal of Facilities Management*. 14 (2), 102-124.



Rys. 189 Schematy funkcjonalne kondygnacji mieszkalnej – po lewej stan istniejący, w środku studium wykorzystania przestrzeni. Przykłady rozwiązań funkcjonalnych (patrzac od góry) Dom studencki Teknobynen²⁰⁴, Queen's Mary (Australia)²⁰⁵, Teknobynen, HSB Living Lab²⁰⁶. Opracowanie: Mokrzecka M.

Komfort termiczny a przegrody zewnętrzne

Na komfort termiczny w pokojach wpływa: temperatura powietrza, wilgotność, ruch powietrza i temperatura promieniowania. Rozważmy temperaturę promieniowania, czyli temperaturę powierzchni otaczających mieszkańców akademika T-16. Mają one znaczący wpływ na komfort termiczny zwłaszcza w przypadku dużych różnic temperatur między powierzchniami w pomieszczeniu (np. temperaturą powierzchni ścian lub okien) a temperaturą powietrza (Lechner 2009)²⁰⁷.

²⁰⁴ Dom studencki Teknobynen, źródło internetowe: <https://www.archdaily.com/284331/trondheim-student-housing-mek-architects>, dostęp 26.08.2018.

²⁰⁵ Dom studencki Queen's Mary, fot. M. Mokrzecka

²⁰⁶ Dom studencki HSB, źródło internetowe: <https://en.tengbom.se/project/hsb-living-lab/>, dostęp: 26.08.2018.

²⁰⁷ Lechner N. „Heating, cooling, lighting : sustainable design methods for architects”, John Wiley & Sons, New Jersey 2009.

Materiał wykończeniowy i kolorystyka dachu wpływają na temperatury wewnątrz budynku. Badania wykonane dla budynków strefy klimatu umiarkowanego (Bozonnet, Doya et al. 2011)²⁰⁸ wykazały różnice 10°C w temperaturze operacyjnej pomieszczeń położonych pod dachem pokrytym papą a dachem pokrytym tzw. farbą chłodzącą (albedo=88%)²⁰⁹. Dom studencki T-16 posiada dach pokryty papą. Jego izolacyjność jest niewielka. Pozwala to sądzić, iż powierzchnie sufitów pokoi na dziesiątym piętrze charakteryzują się wysokimi temperaturami w okresie wiosenno-letnim. Wyniki ankiet oraz badania temperatury w pokojach na ostatnim piętrze potwierdzają to przypuszczenie. Rozwiązaniem tego zagadnienia mogłaby być wymiana pokrycia dachowego i zwiększenie izolacyjności termicznej przegrody.

Wszystkie fasady domu studenckiego T-16 są eksponowane na bezpośrednie promieniowanie słoneczne. Materiał wykończeniowy fasad to jasna blacha, której albedo kształtuje się na poziomie ok. 70%. Albedo fasady jest czynnikiem, który wpływa na temperaturę wewnątrz budynku. Jego istotność zwiększa się odwrotnie proporcjonalnie do izolacyjności termicznej przegród. Jasna kolorystyka fasad jest korzystnym rozwiązaniem. Badania nad zależnością między kolorem farby pokrywającej fasady w budynku o średniej izolacyjności ($u=0,35\text{W/m}^2\text{K}$), położonym w klimacie umiarkowanym (Kielce), przeprowadził Lesiak (2018)²¹⁰. Obliczył on obciążenie chłodnicze²¹¹ dla nieprzeźroczystej przegrody pionowej w budynku wielorodzinnym, skierowanej na południe. Różnice wyniosły odpowiednio: kolor biały – 57,11 W/m², kolor zielony 68,45 W/m², kolor czarny 79,6 W/m². Jasna kolorystyka fasady sprzyja więc odbijaniu promieni słonecznych. Fasada domu studenckiego T-16 to jednak w 19% okna. Okna w akademiku są wyposażone wyłącznie przesłony wewnętrzne (rolety). Głównym zadaniem przesłon okiennych w kontekście przepływu energii cieplnej jest blokowanie promieni słonecznych zanim dostaną się do budynku – dlatego przesłony zewnętrzne są najbardziej efektywne. Przesłony położone wewnątrz wpuszczają znaczną część ciepła do środka. Ponadto blokują widok oraz światło dzienne. Brak możliwości kontroli ilości

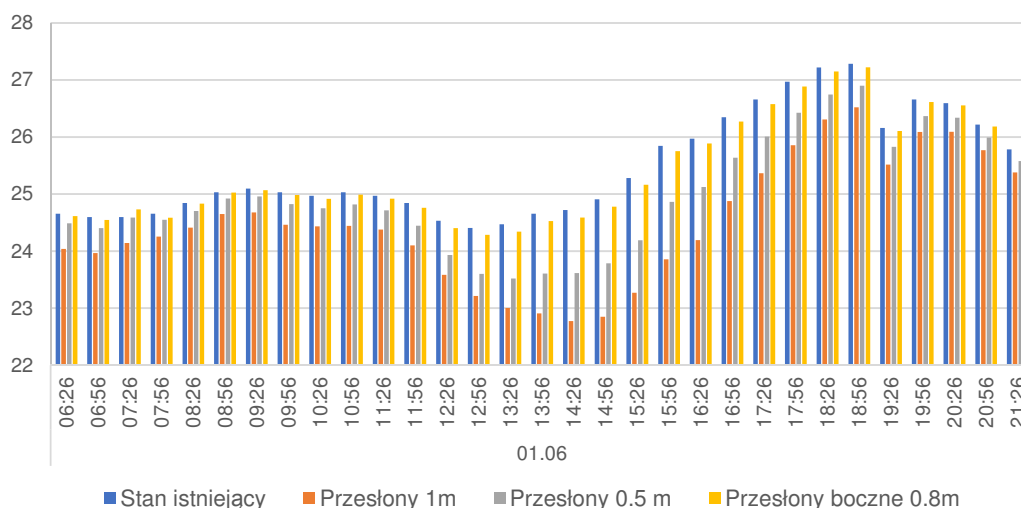
²⁰⁸ Bozonnet E., Doya M., et al. (2011). „Cool roofs impact on building thermal response: A French case study”. *Energy and Buildings*. 43 (11),3006-3012.

²⁰⁹ Albedo (współczynnik odbicia) wyraża stosunek promieniowania odbitego do padającego na powierzchnię danego materiału. Wielkość odbicia zależy od: rodzaju powierzchni, jej barwy, zawartości wilgoci, kąta odbicia. Przykładowe wartości albedo materiałów budowlanych: 5-20% asfalt, 10-35% beton, 20-35% kamienie, 10-35% dachówka, 50% aluminium, 50% jasna stal, 75% biały tynk

²¹⁰ Lesiak P. (2018). „Passive energy reduction technologies in environmental engineering”. *Structure and Environment*. 10 (2), 161-169.

²¹¹ Obciążenie chłodnicze zależy od: przepływu ciepła, zysku ciepła od zmiany powietrza przez drzwi / pokrywy / otwartych frontów, promieniowania słonecznego, zysków wewnętrznych

promieni słonecznych, które dostają się do pokoi skutkuje wyższymi temperaturami w ich wnętrzu oraz znacznym nagrzewaniem się powierzchni szyb. Problem ten ilustrują pomiary przedstawione w rozprawie jak i odpowiedzi studentów (60% wskazało za duże nasłonecznienie pokoju jako przyczynę dyskomfortu termicznego). Ten problem można w pewnym stopniu ograniczyć wprowadzając zewnętrzne przesłony w budynku. Wszystkie okna w pokojach są skierowane na północny zachód i południowy wschód, co ogranicza efektywność przesłon poziomych. Z kolei przesłony pionowe, aby były efektywne, muszą być rozmieszczone dość gęsto, co w znaczny sposób ogranicza widok (Lechner 2009)²⁰⁷. Poniżej przedstawiono symulacje pokazujące obniżenie temperatur w pokojach w zależności od zastosowanych przesłon zewnętrznych. Dane uzyskano na podstawie symulacji wykonanych w programie Design Builder²¹². Model budynku został poddany kalibracji²¹³ na podstawie wykonanych pomiarów temperaturowych (patrz podrozdział 6.6). Przedstawione poniżej wyniki dotyczą pokoju dwuosobowego w module środkowym o ekspozycji zachodniej, położonego na ostatnim piętrze budynku.

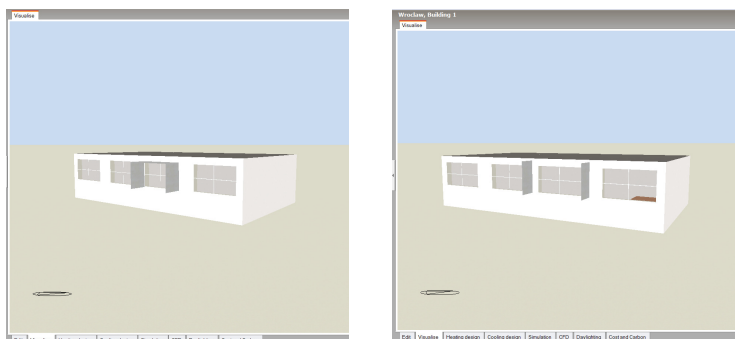


Rys. 190 Rozkład temperatur w pokoju dwuosobowym zlokalizowanym na 10 piętrze środkowego modułu budynku T-16. Przedstawiono stan istniejący i różnice w temp. pomieszczenia wynikające z zastosowania zewnętrznych przesłon różnego typu. Przedstawiono wyniki dla dnia 01.06. Opracowanie: Mokrzecka M.

²¹² Design Builder to brytyjski program do tworzenia wirtualnego modelu budynku. Program pozwala na wykonywanie symulacji zużycia energii, ale także na określenie warunków wewnątrz budynku. Na podstawie wprowadzonych danych dotyczących: lokalizacji, materiałów konstrukcyjnych, izolacyjności przegród, systemów wentylacyjnych i grzewczych, schematów użytkowania budynku, liczby osób wewnątrz itd. oblicza się temperaturę w pomieszczeniach, nasłonecznienie, straty i zyski ciepłe, zapotrzebowanie na energię cieplną itd.

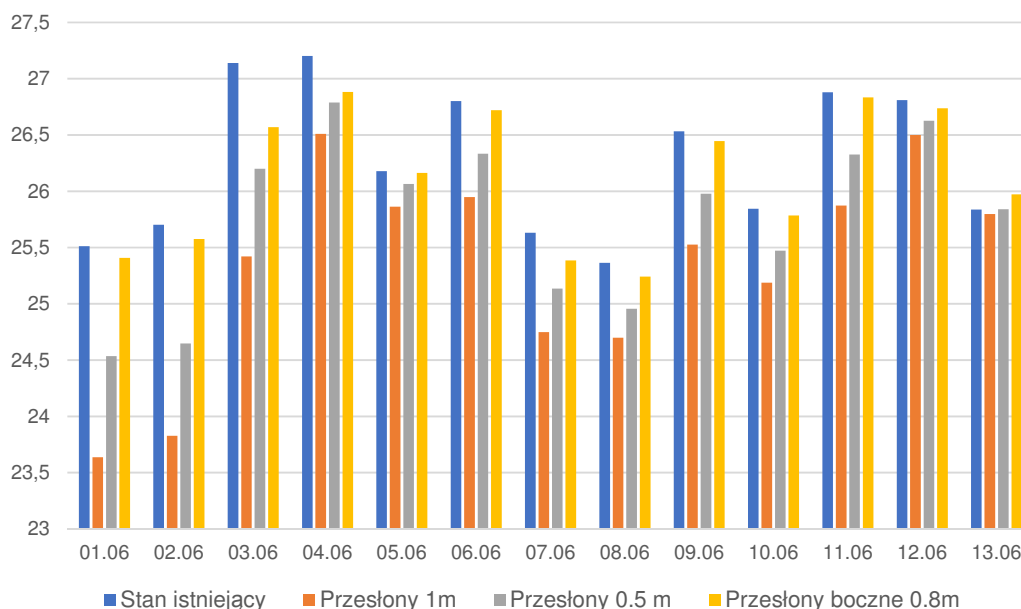
²¹³ Przez kalibrację rozumie się porównanie temperatur wewnątrz pomieszczeń uzyskanych w trakcie symulacji oraz faktycznych pomiarów. Jeżeli temperatury są zbliżone (matematycznie wyraża to wartość współczynnika determinacji, $R^2 \geq 75\%$) zakłada się, że model odzwierciedla rzeczywisty budynek i warunki w nim panujące.

Zastosowano przesłony zewnętrzne różnego typu, zdecydowano się jednak na typy nie ograniczające widoku z okien. Położenie wszystkich jest stałe. 'Przesłony 1 m' i 'Przesłony 0,5 m' różnią się głębokością. Schematyczny sposób montażu przedstawia rys. 191. 'Przesłony boczne' mają głębokość 0,8 m. Sposób montażu przedstawia Rys. 192.



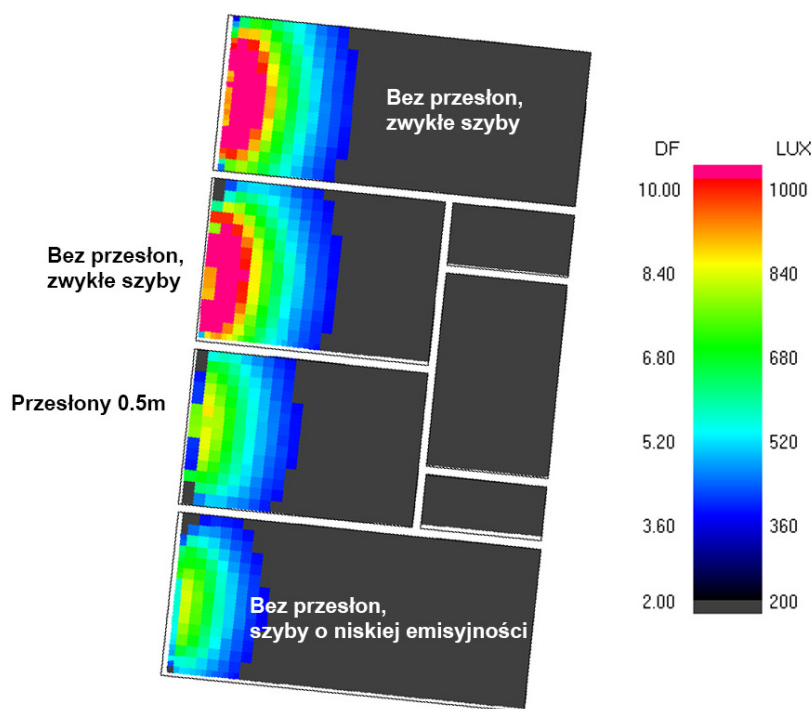
Rys. 191 Montaż przesłon '1m' i '0,5m'. **Rys. 192** Montaż przesłon '0,8m.-bocznych

Przeprowadzone symulacje wykazały, iż najefektywniejszy z analizowanych sposobów przesłaniania okien w domu studenckim T-16 to połączenie przesłon poziomych i pionowych o głębokości 1 m. Średnia temperatura powietrza w godzinach 13.00-17.00 obniżyła się w danym okresie (15.05.-15.06) średnio o 1,5°C, w niektóre dni osiągając różnicę 2°C.



Rys. 193 Średnie temperatury powietrza w pokoju wyliczone z pomiarów wykonanych w godzinach 13-17.30 w dniach 01.06-13.06. Przedstawiono zależności temperatury od rodzaju zastosowanych przesłon. Opracowanie: M. Mokrzecka

Stosując nieruchome przesłony należy uwzględnić ich wpływ na: ilość światła dziennego w pokojach w okresie letnim oraz zimowym i wygląd fasady. Poniżej przedstawiono analizę ilości dziennego światła wyrażoną jako współczynnik oświetlenia dziennego (DF). Wartość DF poniżej 2% oznacza obszar niewystarczająco doświetlony światłem dziennym. Poniżej, na rysunku 191 przedstawiono moduł, w którym w jednym z pokoiów dwuosobowych zamontowano przesłony o głębokości 0,5 m, a w drugim nie. W obydwu zastosowano standardowe, dwuszybowe okna. Kolorem grafitowym zaznaczono współczynnik oświetlenia światłem dziennym poniżej 2%, kolorem różowym powyżej 10%. Na Rys. 191 przedstawiono również różnicę między zwykłymi szymbami a szymbami o niskiej emisyjności. Różnica w średnim rocznym poziomie oświetlenia dziennego wyniosła 13%.



Rys. 194 Ilość światła dziennego w środkowym module domu studenckiego T-16 w zależności od: zastosowania przesłon zewnętrznych lub niskoemisyjnych szymb. Opracowanie: Mokrzecka M.

Analizując wszystkie typy przesłon, procent powierzchni pokoju dwuosobowego, gdzie współczynnik oświetlenia światłem dziennym wynosi powyżej 2% jest następujący:

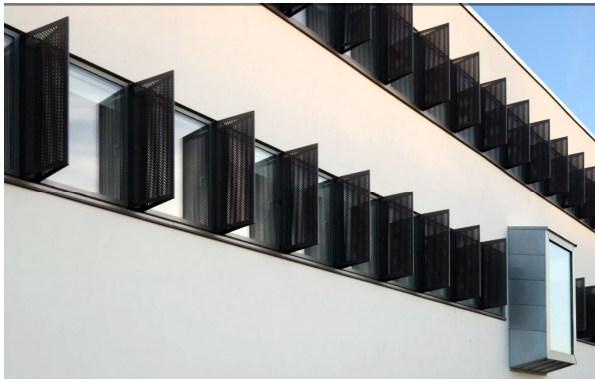
- 54% - okna bez przesłon,
- 43% - okna z przesłonami 0.5 m (montaż: patrz Rys. 191),
- 30% - okna z przesłonami 1 m,
- 53% - przesłony boczne (patrz Rys.192)

Uwzględniając ilość światła dziennego w pomieszczeniach i komfort termiczny mieszkańców, uważa się, iż rozwiązaniem, które ograniczy część zysków solarnych i w ograniczony sposób wpłynie na ilość dziennego światła w pokojach są przesłony poziome oraz pionowe o głębokości 0,5 m (typ '0.5m').

Montaż przesłon znacząco wpłynie na wygląd fasady budynku. Poniżej przedstawiono wybrane przykłady fasad z przesłonami o różnym sposobie montażu i przy wykorzystaniu zróżnicowanych materiałów.



Rys. 195 Przesłony pionowe wkomponowano w fasadę budynku. Zastosowano również zewnętrzne aluminiowe żaluzje. Źródło internetowe: <https://www.architectsjournal.co.uk/buildings/specification/external-blinds/8636859.article>, dostęp 01.09.2018.



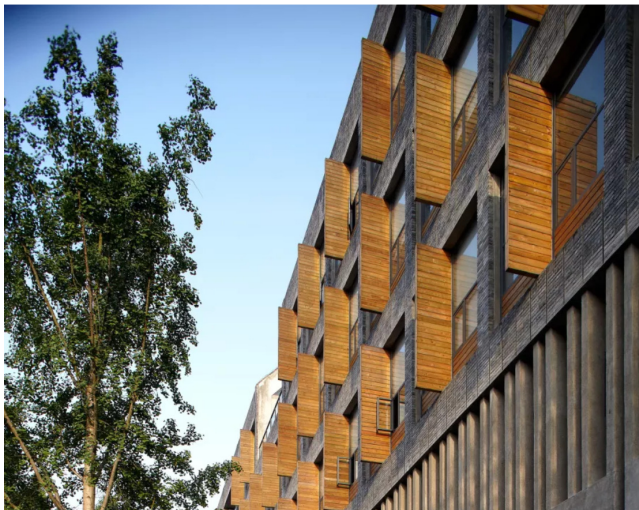
Rys. 196 Nowa siedziba Schneider Electric w Kopenhadze, Dania, źródło internetowe: <https://divisare.com/projects/313599-bauen-schneider-electric-new-nordic-headquarter>, dostęp: 01.09.2018



Rys. 197 Biblioteka wydziału sztuk pięknych w Sichuan, Chiny, źródło internetowe: <https://divisare.com/projects/313599-bauen-schneider-electric-new-nordic-headquarter>, dostęp: 01.09.2018



Rys. 198 Szkoła w Navarze, Hiszpania, <https://divisare.com/projects/268682-otxotorena-arquitectos-jose-manuel-cutillas-ruben-p-bescos-new-building-in-el-redin-high-school> źródło internetowe: <https://divisare.com/projects/268682-otxotorena-arquitectos-jose-manuel-cutillas-ruben-p-bescos-new-building-in-el-redin-high-school>, dostęp: 01.09.2018



Rys. 199 Biblioteka wydziału sztuk pięknych w Sichuan, Chiny, źródło internetowe: <https://divisare.com/projects/313599-bauen-schneider-electric-new-nordic-headquarter>, dostęp: 01.09.2018, dostęp: 01.09.2018.

6.8. Kierunki poszukiwań ograniczenia zużycia wody i energii w domach studenckich. Podsumowanie

Aspekt architektoniczny i infrastruktura

Analiza 60 domów studenckich klimatu umiarkowanego (patrz: rozdział 3) wykazała, iż w celu minimalizowania strat ciepła przez przegrody w proekologicznych domach studenckich stosuje się materiały o wysokiej izolacyjności. Współczynniki przenikania ciepła są bardzo niskie.

Izolacyjność budynku T-16 odpowiada standardom budownictwa z lat siedemdziesiątych XX wieku. Aby obniżyć straty ciepła zasadna jest kompleksowa termomodernizacja budynku. Autor nie badał szczelności domu studenckiego, ale na podstawie badań wykonanych przez Dębowski et al. (2014)²¹⁴ zakłada się, że szczelność obiektu wynosi około 5 ach/h przy próbie ACH50²¹⁵. Konsekwencją kompleksowej

²¹⁴ Dębowski J., Nowak K., et al. (2014) „Szczelność budynków wielopłytowych przed i po termomodernizacji”. Czasopismo techniczne. Architektura. 8-A 66-69.

²¹⁵ Krotność wymiany powietrza w budynku w czasie godziny przy różnicy ciśnienia wynoszącej 50 Pa.

termomodernizacji budynku może być pogorszenie warunków termicznych wewnątrz w okresie wiosenno-letnim. Uwagę na problem przegrzewania się budynków wielkopłytowych po modernizacji zwraca Nowak-Dzieszko et al. (2015)²¹⁶.

Rozwiązaniem pośrednim mogłaby być częściowa termomodernizacja, która objęłaby wybrane elementy zakresu działań naprawczych (Ostańska, Taracha 2012)²¹⁷ np. docieplenie ścian przyziemia i stropu nad piwnicą oraz dachu budynku. Konieczne są również działania naprawcze związane z wentylacją (nieδροżność kanałów) oraz modernizacją instalacji grzewczej.

Rozważając zużycie energii elektrycznej, konieczna jest modernizacja instalacji oraz optymalizacja źródeł światła w pokojach i częściach wspólnych. Zaleca się również wprowadzanie energooszczędnych urządzeń elektrycznych. Liczba urządzeń zapewnianych przez zarządcę powinna być dostosowana do liczby mieszkańców.

Zmiany funkcjonalne w budynku powinny zostać wprowadzone z myślą o współczesnych standardach zamieszkania – ograniczać liczbę studentów mieszkających w jednym pokoju oraz liczbę osób przypadających na jedną łazienkę. Nawiązując do analizy układów funkcjonalnych w kontekście zużycia energii (patrz: rozdział 4) oraz komfortu mieszkańców (patrz podrozdział 6.7) zmiany w T-16 powinny uwzględniać obydwie te czynniki. Powinno się ograniczyć formy zamieszkania typu 'studio' na rzecz układów modułowych (mniej energochłonnych niż typu studio), w których oprócz sypialni i łazienek znajdują się przestrzenie wspólne. Kuchnie powinny być projektowane jako ogólnodostępne.

Aspekt behawioralny

Aspekt behawioralny – rozumiany jako edukacja mieszkańców oraz stosowanie interwencji behawioralnych uczących studentów jak oszczędzać zasoby, zachęcających i motywujących ich do podejmowania działań, powinien być wprowadzany w różnych formach w każdym domu studenckim. Badania naukowe przedstawione w rozdziale trzecim oraz analiza domów studenckich w rozdziale czwartym wskazują, iż brak zagadnień behawioralnych ogranicza efektywność rozwiązań architektonicznych i infrastrukturalnych. Badania ankietowe przeprowadzone w domach studenckich na Wittiga wskazują potencjał implementacji wybranych zagadnień behawioralnych. Studenci deklarują chęć udziału w wybranych interwencjach. Ich deklarowane nawyki wskazują, obszary na które powinno zwracać się uwagę przy projektowaniu scenariuszy interwencji behawioralnych. Aspekt finansowy – opłaty za zużycie mediów, które są

²¹⁶ Nowak Dzieszko K., Rojewska-Warchał M., et al. (2015) „Wpływ docieplenia budynku wielkopłyтового na komfort cieplny lokali mieszkalnych”. Czasopismo techniczne. Architektura. 8-A 66-69.

²¹⁷ Ostańska A., Taracha K. (2012) „Analiza możliwości działań naprawczych służących oszczędzaniu energii na przykładzie budynku klatkowego”. Przegląd Budowlany. 2/2012 17-22.

formą nagrody lub kary adekwatną do zachowania – jest również rozpatrywany w kontekście zagadnień behawioralnych. Na podstawie różnic w zużyciu energii elektrycznej i wody przyjmuje się, iż jest to skuteczna metoda ograniczania zużycia zasobów.

7. Podsumowanie pracy

Prośrodowiskowe domy studenckie w miastach Europy i Świata coraz bardziej powszechne w Polsce są wciąż nowym zagadnieniem. W niniejszej rozprawie doktorskiej opisano i usystematyzowano zagadnienia proekologiczne występujące w domach studenckich klimatu umiarkowanego. Analiza zagranicznych przykładów pozwoliła na opracowanie bazy założeń proekologicznych, którą autor wykorzystał w drugiej części pracy – wskazując kierunki poszukiwań prośrodowiskowej modernizacji domów studenckich w Polsce. Baza założeń proekologicznych daje również możliwość wykorzystania w konstruowaniu założeń architektonicznych – przy projektowaniu nowych i modernizowaniu istniejących domów studenckich.

Wybór przykładów potwierdził zasadność związków między formą obiektu i układami funkcjonalno-przestrzennymi a zapotrzebowaniem na energię. Wykazano również nieodzowność uzupełniania efektywnej architektury i infrastruktury zagadnieniami behawioralnymi – prośrodowiskową edukacją, informacjami na temat użytkowania zaawansowanych systemów w budynku oraz interwencjami behawioralnymi. Wykazano, że wprowadzanie w budynku zagadnień behawioralnych skutecznie wpływa na prośrodowiskowe wybory i zachowania mieszkańców domów studenckich. Scharakteryzowane tendencje w projektowaniu domów studenckich występują wyłącznie w zagranicznych przykładach, jednak wykazano potencjał do ich implementacji w Polsce. W pracy wykazano, iż polscy studenci – mieszkańcy akademików – posiadają niską wiedzę na temat współczesnych problemów środowiskowych. Zachowania wielu z nich prowadzą do nieuzasadnionego nadużycia wody i energii w budynkach. Co jednak istotne, studenci są zainteresowani udziałem w określonych interwencjach behawioralnych i zmianą swoich nawyków i zachowań. Jednocześnie domy studenckie, w których studenci mieszkają, wykazują znaczny potencjał modernizacyjny – w kontekście efektywności energetycznej, ale także poprawy komfortu termicznego mieszkańców. Są to wnioski istotne z punktu widzenia zarządców domów studenckich. Skuteczna diagnoza problemów, jak i wskazanie kierunków adaptacji zagadnień proekologicznych mogą służyć jako materiał do wykorzystania przez zarządców domów studenckich przy planowaniu modernizacji obiektów tego typu. W niniejszej pracy wykazano, iż zagadnienia proekologiczne nie są w znaczącej skali obecne w projektowaniu czy modernizacji domów studenckich w Polsce. Wynika to przede wszystkim z braku nakładów finansowych i innych priorytetów Uczelni Wyższych, które są właścicielem większości domów studenckich. W ostatnich latach Uczelnie inwestowały przede wszystkim w budynki dydaktyczne i rozbudowę kampusów. Domy studenckie były modernizowane w celu podwyższenia standardu zamieszkania,

w niektórych przypadkach wykonywano również podstawowe prace termomodernizacyjne. Z kilkoma wyjątkami od roku 2000 nie powstawały jednak nowe budynki. Sektor prywatnych akademików jest z kolei w początkowej fazie rozwoju. W krajach wysokorozwiniętych: Niemczech, Wielkiej Brytanii czy Stanach Zjednoczonych prywatne domy studenckie stanowią znaczącą część rynku i ich rola wciąż rośnie. Wiele z nich stanowią budynki proekologiczne, co jest odpowiedzią m.in. na rosnące zainteresowanie tego typu budynkami wśród studentów i ich rodziców. Aby utrzymać konkurencyjność oraz wypełniać misję wyznaczania standardów zrównoważonego rozwoju, Uczelnie Wyższe również coraz częściej inwestują w proekologiczne domy studenckie. Analizując zagraniczne przykłady prośrodowiskowych akademików zakłada się, iż impulsem koniecznym do zapoczątkowania tego trendu w Polsce jest zwiększenie świadomości proekologicznej studentów i ich rodziców, a także uwidocznienie roli Uczelni Wyższych jako jednostek kształtujących standardy zrównoważonego rozwoju.

Do ważniejszych osiągnięć zalicza się:

- Usystematyzowanie wiedzy na temat proekologicznych zagadnień architektoniczno-behawioralnych w domach studenckich klimatu umiarkowanego
- Wykazanie ważności współistnienia proekologicznych zagadnień architektonicznych i behawioralnych
- Wykonanie oryginalnych badań, które pozwoliły na diagnozę zachowań i przekonań proekologicznych mieszkańców polskiego wybranego osiedla domów studenckich
- Wykonanie badań terenowych i symulacyjnych, które umożliwiły diagnozę: warunków termicznych i kierunków modernizacyjnych wybranego typu domów studenckich w Polsce.

Wykonana analiza teoretyczna oraz badania eksperymentalne wykonane w kolejnych rozdziałach pracy zweryfikowały postawione hipotezy badawcze. Udowodniono, iż w domach studenckich klimatu umiarkowanego zagadnienia architektoniczne występują częściej niż behawioralne. Brak zagadnień behawioralnych ogranicza efektywność rozwiązań architektonicznych. Wykazano także, iż domy studenckie w Polsce posiadają wysoki potencjał implementacji wybranych zagadnień proekologicznych.

Spis literatury:

- Adeyeye K. "Water efficiency in buildings: theory and practice", Wiley, Hoboken 2013.
- Alcama J., Fiorke M., et al. (2007). "Future long-term changes in global water resources driven by socio-economic and climatic changes". *Hydrological Sciences Journal*. 52 (2),247-275.
- Altan H., Refaee M., et al. (2013). "Post Occupancy Evaluation of University Eco Residences: A Case Study of Student Accommodation at Lancaster, UK". Portugal SB13 - Contribution of Sustainable Building to meet the EU 20-20-20 Targets, Guimaraes.
- Andersen R., Toftum J., et al. (2009). "Survey of occupant behaviour and control of indoor environment in Danish dwellings". *Energy and Buildings*. 41 (1),11-16.
- Attaran S., Celik B.G. (2015). "Students' environmental responsibility and their willingness to pay for green buildings". *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 16 (3),327-340.
- Bekker M.J., Cumming T.D., et al. (2010). "Encouraging electricity savings in a university residential hall through a combination of feedback, visual prompts, and incentives". *Journal of applied behavior analysis*. 43 (2),327-331.
- Berardi U. (2013). "Clarifying the new interpretations of the concept of sustainable building". *Sustainable Cities and Society*. 8 72-78.
- Bithas K. (2006). "The Economics of Urban Water Use. Efficient Use and Water Pricing in Europe". *Studies in Regional Science*. 36 (2),375-391.
- Bloodhart B., Swim J., et al. (2013). "Spreading the Eco-Message: Using Proactive Coping to Aid Eco-Rep Behavior Change Programming". *Sustainability*. 5 (4),1661-1679.
- Bozonnet E., Doya M., et al. (2011). "Cool roofs impact on building thermal response: A French case study". *Energy and Buildings*. 43 (11),3006-3012.
- Branco G., Lachal B., et al. (2004). "Predicted versus observed heat consumption of a low energy multifamily complex in Switzerland based on long-term experimental data". *Energy & Buildings*. 36 (6),543-555.
- Brophy V., Lewis J.O. "A green vitruvius: principles and practice of sustainable architectural design", Earthscan, Washington, DC; London; 2011.
- Brundtland G.H. "Our common future", Oxford University Press, New York; Oxford; 1987.
- Burton S. "The handbook of sustainable refurbishment: housing", Earthscan, Abingdon, Oxon; New York; 2012.
- Campbell H.E., Johnson R.M., et al. (2004). "Prices, Devices, People, or Rules: The Relative Effectiveness of Policy Instruments in Water Conservation¹". *Review of Policy Research*. 21 (5),637-662.
- Castellano J., Ribera A., et al. (2016). "Integrated system approach to evaluate social, environmental and economics impacts of buildings for users of housings". *Energy & Buildings*. 123 106-118.
- Chiang T., Mevlevioglu G., et al. (2014). "Inducing [sub]conscious energy behaviour through visually displayed energy information: A case study in university accommodation". *Energy and Buildings*. 70 507-515.
- Ching F.D.K., Shapiro I.M. "Green building illustrated", Wiley, New Jersey 2014.
- Chwieduk D. (2003). "Towards sustainable-energy buildings". *Applied Energy*. 76 (1),211-217.
- Cisneros J., Oki B., et al. "Freshwater resources", Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA 2014, 229-269.
- Clark D. "What colour is your building?: defining and reducing the carbon footprint of buildings", RIBA, London 2012.
- Corcoran P., Wals E. "Higher Education and the Challenge of Sustainability: Problematics, Promise and Practice", Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 2004.
- De Groot E.S., Marleen; Opstelten, Ivo (2008). "Dutch Research into User Behaviour in Relation to Energy Use of Residences". PLEA 2008 – 25th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Dublin, Ireland.
- De Jonge T.M., Van der Voordt D.J.M. "Ways to study and research urban, architectural and technical design", DUP science, Delft 2002.
- Depecker P., Menezes C., et al. (2001). "Design of buildings shape and energetic consumption". *BUILDING AND ENVIRONMENT*. 36 (5),627-635.
- Devlin A.S., Donovan S., et al. (2008). "Residence Hall Architecture and Sense of Community: Everything Old Is New Again". *Environment and Behavior*. 40 (4),487-521.

- Dębowski J., Nowak K., et al. (2014). "Szczelność budynków wielkopłytowych przed i po termomodernizacji". *Czasopismo techniczne. Architektura*. 8-A 66-69.
- Dodds F., Bartram J. "The water, food, energy and climate nexus challenges and an agenda for action", Routledge, London ; New York 2016.
- Dworak T., Berglund M., et al. "EU Water saving potential "(2007).
- Easterly W. (2001). "The Middle Class Consensus and Economic Development". *Journal of Economic Growth*. 6 (4), 317-335.
- Elfstrand P., Morrison G.M., et al. "The Storyline for the Design Process that Shaped the HSB Living Lab", Springer International Publishing, Cham 2017, 113-129.
- Emeakaroha A., Ang C.S., et al. (2013). "Challenges in Improving Energy Efficiency in a University Campus through the Application of Persuasive Technology and Smart Sensors. *Challenges* 2012, 3, 290-318". *Challenges*. 4 (1), 17-18.
- Emeakaroha A., Ang C.S., et al. (2014). "Integrating persuasive technology with energy delegates for energy conservation and carbon emission reduction in a university campus". *Energy*. 76 357-374.
- Emery A.F., Kippenhan C.J. (2006). "A long term study of residential home heating consumption and the effect of occupant behavior on homes in the Pacific Northwest constructed according to improved thermal standards". *Energy*. 31 (5), 677-693.
- Engelmann P. "Studentisches Wohnen im Passivhaus; Evaluierung energieeffizienter Studierendenwohnheime", doktorat Uniwersytet w Wuppertal, 2011 197.197
- Erickson C., Skoglund C. (2008). "Eco-Reps Programs: Conducting Peer Outreach in Residence Halls". *Sustainability: The Journal of Record*. 1 (1), 57-72.
- Fanger P.O. (2001). "Human requirements in future air-conditioned environments". *International Journal of Refrigeration*. 24 (2), 148-153.
- Geller E.S., Erickson J.B., et al. (1983). "Attempts to Promote Residential Water Conservation with Educational, Behavioral and Engineering Strategies". *Population and Environment*. 6 (2), 96-112.
- Gething B., Puckett K. "Design for climate change", RIBA Publishing, London 2013.
- Gill Z., Tierney M., et al. (2010). "Low-energy dwellings: the contribution of behaviours to actual performance". *Building Research & Information*. 38 (5), 491-508.
- Goldemberg J. "Energy what everyone needs to know", Oxford University Press, USA, Oxford 2012.
- Gratia E., De Herde A. (2003). "Design of low energy office buildings". *Energy and Buildings*. 35 (5), 473-491.
- Guerra-Santin O., Itard L. (2010). "Occupants' behaviour: determinants and effects on residential heating consumption". *Building Research & Information*. 38 (3), 318-338.
- Guerra-Santin O., Romero Herrera N., et al. (2016). "Mixed methods approach to determine occupants' behaviour – Analysis of two case studies". *Energy and Buildings*. 130 546-566.
- Haas R., Auer H., et al. (1998). "The impact of consumer behavior on residential energy demand for space heating". *Energy and Buildings*. 27 (2), 195-205.
- Hastings R., Wall M., et al. "Sustainable solar housing", Earthscan, London; Sterling, VA; 2007.
- Hedge A., Burge P.S., et al. (1989). "Work-related illness in offices: A proposed model of the "sick building syndrome"". *Environment International*. 15 (1-6), 143-158.
- Heilweil M. (1973). "The Influence of Dormitory Architecture On Resident Behavior". *Environment and Behavior*. 5 (4), 377-412.
- Hellström T. (2007). "Dimensions of environmentally sustainable innovation: the structure of eco-innovation concepts". *Sustainable Development*. 15 (3), 148-159.
- Hernandez P., Lennon D., et al. "Energy & Indoor Environmental evaluation of a student residence in Ireland - Results and lessons learnt after two years monitoring"(2014). 5: 22-28.
- Heshmati A., Abolhosseini S., et al. "The development of renewable energy sources and its significance for the environment", Springer Singapore, Singapore 2015.
- Humphreys M.N., Fergus "Environmental criteria for design", The Chartered Institution of Building Services Engineers London 2006.
- Inman D., Jeffrey P. (2006). "A review of residential water conservation tool performance and influences on implementation effectiveness". *Urban Water Journal*. 3 (3), 127-143.
- IPCC "Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate

- Change", Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA 2013.
- Janda K.B. (2011). "Buildings don't use energy: people do". *Architectural Science Review*. 54 (1),15-22.
- Jones T. (2000). "Recent developments in the pricing of water services in OECD countries". *Water Policy*. 1 (6),637-651.
- Karp A., McCauley M., et al. (2016). "The value of adding ambient energy feedback to conservation tips and goal-setting in a dormitory". *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 17 (4),471-488.
- Khajehzadeh I., Vale B. (2016). "Shared student residential space: a post occupancy evaluation". *Journal of Facilities Management*. 14 (2),102-124.
- Kibert C.J. "Sustainable construction: green building design and delivery", Wiley, Chichester 2012.
- Kingma B., van Marken Lichtenbelt W. (2015). "Energy consumption in buildings and female thermal demand". *Nature Climate Change*. 5 (12),1054-1056.
- Klemes J. "Assessing and Measuring Environmental Impact and Sustainability", Elsevier Science., Burlington 2015.
- Kubba S. "Handbook of green building design and construction: LEED, BREEAM, and Green Globes", Butterworth-Heinemann, Waltham, MA 2012.
- La Roche C.R., Flanigan M.A., et al. (2010). "Student Housing: Trends, Preferences And Needs". *Contemporary Issues in Education Research (CIER)*. 3 (10),45.
- Lechner N. "Heating, cooling, lighting : sustainable design methods for architects", John Wiley & Sons, New Jersey 2009.
- Lesiak P. (2018). "Passive energy reduction technologies in environmental engineering". *Structure and Environment*. 10 (2),161-169.
- Ludwig T., Gray T., et al. (1998). "Increasing Recycling In Academic Buildings: A Systematic Replication". *Journal of applied behavior analysis*. 31 (4),683-686.
- Lynam S." Academic architecture: Buildings to communicate a pro-environmental message", Dissertation/Thesis ProQuest Dissertations Publishing,2007228.228
- Marcell K., Agyeman J., et al. (2004). "Cooling the campus". *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 5 (2),169-189.
- McMillan D.W., Chavis D.M. (1986). "Sense of community: A definition and theory". *Journal of Community Psychology*. 14 (1),6-23.
- Meadows D.H., Club of R. "The limits to growth: a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind", New American Library, New York 1974.
- Mebratu D. (1998). "Sustainability and sustainable development: Historical and conceptual review". *Environmental Impact Assessment Review*. 18 (6),493-520.
- Mehlhart G., Zwerenz A., et al. "Greywater Recycling. Planning fundamentals and operation information "(2005).
- Miller N.D., Meindl J.N., et al. (2016). "The Effects of Bin Proximity and Visual Prompts on Recycling in a University Building". 2016. 25 7.
- Mitchell A." The hidden curriculum : an exploration into the potential for green buildings to silently communicate a pro-environmental message", Master of Advanced Studies in Architecture University of British Columbia,2006205.205
- Mokrzecka M. (2015). "Analiza przestrzenno-organizacyjna domów studenckich na przykładzie Politechniki Wrocławskiej ". *Badania i Rozwój Młodych Naukowców w Polsce - monografie*. 2015 (1),120-129.
- Mokrzecka M. (2017). "Interwencje behawioralne jako technika wspierająca zmniejszenia zużycia energii w domach studenckich : podsumowanie stanu wiedzy oraz analiza możliwości zastosowania wybranych interwencji w domach studenckich w Polsce". *Edukacja Biologiczna i Środowiskowa*. 3 37-46.
- Mokrzecka M. (2018). "Influence of building shape and orientation on heating demand: simulations for student dormitories in temperate climate conditions". 10th Conference on Interdisciplinary Problems in Environmental Protection and Engineering EKO-DOK 2018, Polanica Zdrój, Polska.
- Mokrzecka M., Kowalczyk K. (2017). "A study of pro-environmental behaviors in Polish student dormitories". *City Health*, Basel, Switzerland.
- Mudgal S., Berman S., et al. "Water performance of buildings. Final report prepared for European Commission"(2012).

- National Trust for Historic Preservation (2011). "The greenest building: quantifying the environmental value of building reuse. ".
- Newman L. (2006). "Change, uncertainty, and futures of sustainable development". *Futures*. 38 (5),633-637.
- Niezabitowska E. "Metody i techniki badawcze w architekturze",Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2014.
- Nowak Dzieszko K., Rojewska-Warchał M., et al. (2015). "Wpływ docieplenia budynku wielkopłytkowego na komfort cieplny lokali mieszkalnych". *Czasopismo inżynierii lądowej, budownictwa i architektury*. 32 (62),347-356.
- Olgay V. "Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism",U.P, Princeton 1963.
- Ostańska A., Taracha K. (2012). "Analiza możliwości działań naprawczych służących oszczędzaniu energii na przykładzie budynku klatkowego". *Przegląd Budowlany*. 2/2012 17-22.
- Owens J.T." The impact of university housing construction type on psychosocial development of first-year students",Dissertation/Thesis ProQuest Dissertations Publishing,2010212.212
- Palmborg C. (1986). "Social habits and energy consumption in single-family homes". *Energy*. 11 (7),643-650.
- Pan W.,Ning Y. (2014). "Dialectics of sustainable building: Evidence from empirical studies 1987-2013". *BUILDING AND ENVIRONMENT*. 82 666-674.
- Peschiera G., Taylor J.E., et al. (2010). "Response–relapse patterns of building occupant electricity consumption following exposure to personal, contextualized and occupant peer network utilization data". *Energy and Buildings*. 42 (8),1329-1336.
- Petersen J.E., Shunturov V., et al. (2007). "Dormitory residents reduce electricity consumption when exposed to real-time visual feedback and incentives". *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 8 (1),16-33.
- Polinder H., Spiekman M., et al. (2015). "Performance Analysis Based on Parameter Identification". *Energy Procedia*. 78 3019-3024.
- Rapoport R. "The Meaning of the Built Environment a Nonverbal Communication Approach",The University of Arizona Press, Tuscon 1990.
- Seligman C., Darley J.M., et al. (1978). "Behavioral approaches to residential energy conservation". *Energy and Buildings*. 1 (3),325-337.
- Senbel M., Ngo V.D., et al. (2014). "Social mobilization of climate change: University students conserving energy through multiple pathways for peer engagement". *Journal of Environmental Psychology*. 38 84-93.
- Shah S. "Sustainable refurbishment",Wiley,, Chicester 2012.
- Shi X., Tian Z., et al. (2016). "A review on building energy efficient design optimization rom the perspective of architects". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 65 872-884.
- Sintov N., Dux E., et al. (2016). "What goes on behind closed doors?". *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 17 (4),451-470.
- Staniaszek D. "A guide to developing strategies for building energy renovation. Delivering article 4 of the energy efficiency directive"(2013).
- Stevens J.,Wilson S. "Environmentally Responsible Architecture"(2015).
- Tabb P.,Deviren A.S. "The greening of architecture: a critical history and survey of contemporary sustainable architecture and urban design",Ashgate Publishing Ltd, Farnham 2014.
- Thomas R. "Environmental design: an introduction for architects and engineers",Taylor & Francis, New York;London; 2006.
- Torres-Antonini M.,Dunkel N.W. (2009). "Green residence halls are there: current trends in sustainable campus housing ". *The Journal of College and University Student Housing*. 36 (2),10-23.
- Towler B. "The future of energy",Elsevier Science, Burlington 2014.
- UNEP (2003). "Sustainable building and construction: Facts and figures". *Industry and Environment*. 26 (2-3),5-8.
- Valins S.,Baum A. (1973). "Residential Group Size, Social Interaction, and Crowding". *Environment and Behavior*. 5 (4),421-439.
- Vazquez Brust D.,Sarkis J. "Green growth managing the transition to a sustainable economy : Learning by doing in East Asia and Europe", Springer,, Dordrecht ; New York 2012, 1-25.

- Verhetsel A., Kessels R., et al. (2017). "Housing preferences among students: collective housing versus individual accommodations? A stated preference study in Antwerp (Belgium)". *Journal of Housing and the Built Environment*. 32 (3),449-470.
- Villarreal E.L., Dixon A. (2005). "Analysis of a rainwater collection system for domestic water supply in Ringdansen, Norrköping, Sweden". *BUILDING AND ENVIRONMENT*. 40 (9),1174-1184.
- Vives-Rego J., Uson E., et al. (2015). "Passive designed buildings for active citizens became schools of sustainability: A proposal for sustainable architecture". *Journal of Green Building*. 10 (1),85-96.
- Wilhite H., Ling R. (1995). "Measured energy savings from a more informative energy bill". *Energy and Buildings*. 22 (2),145-155.
- Williams K., Dair C. (2007). "A framework of sustainable behaviours that can be enabled through the design of neighbourhood-scale developments". *Sustainable Development*. 15 (3),160-173.
- Willis R.M., Stewart R.A., et al. (2011). "Quantifying the influence of environmental and water conservation attitudes on household end use water consumption". *Journal of Environmental Management*. 92 (8),1996-2009.
- Wines J. "Green architecture", Taschen, London 2000.
- Wojciszke B. "Człowiek wśród ludzi. Zarys psychologii społecznej.", Wydawnictwo Naukowe Scholar, Warszawa 2004.
- World Bank. (2007). "Global Economic Prospects: Managing the Next Wave of Globalization 2007." Retrieved 20.05.2016, from <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/7157.63>
- Wu S.R., Greaves M., et al. (2017). "Green buildings need green occupants: a research framework through the lens of the Theory of Planned Behaviour". *Architectural Science Review*. 60 (1),5-14.
- Zagreus L., Huizenga C., et al. (2004). "Listening to the occupants: a Web-based indoor environmental quality survey". *Indoor Air*. 14 65-74.
- Zielonko-Jung K. "Kształtowanie przestrzenne architektury ekologicznej w strukturze miasta", Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2013.
- Zielonko-Jung K., Marchwinski J. "Ekologia w architekturze", Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2012.
- Zielonko-Jung K., Marchwinski J. "Łączenie zaawansowanych i tradycyjnych technologii w architekturze proekologicznej", Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2012.

Źródła internetowe:

- Agenda 21 (tekst oryginalny), źródło internetowe:
<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf>, dostęp: 20.07.2018
- Komunikat Komisji do Rady i Parlamentu Europejskiego dotyczący strategii tematycznej w sprawie środowiska miejskiego, źródło internetowe:
<http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+IM-PRESS+20060922IPR10876+0+DOC+PDF+V0//PL&language=PL>, dostęp 20.07.2018
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=PL>, dostęp 20.07.2018
- Plan na rzecz efektywności energetycznej, źródło internetowe:
https://for.org.pl/upload/File/CEP_analizy/AnalizaCEPEfektywnoscenergetyczna20111.pdf, dostęp 20.07.2018
- Uchwała Nr 7 Rady Ministrów z dnia 15 stycznia 2013 r. w sprawie Strategii Innowacyjności i Efektywności Gospodarki „Dynamiczna Polska 2020”, źródło internetowe:
<http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WMP20130000073/O/M20130073.pdf>, dostęp 20.07.2018
- Strategia bezpieczeństwa energetycznego i środowiska, źródło internetowe:
http://www.kigeit.org.pl/FTP/PRCIP/Literatura/008_3_Strategia_Bezpieczenstwo_Energetyczne_i_Srodowisko_2020.pdf, dostęp 20.07.2018

Nowa Agenda Miejska, źródło internetowe: <http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Polish.pdf>, dostęp: 22.08.2018

Spis ilustracji

Rys. 1 Schemat metody postępowania w procesie odpowiedzi na pierwsze i drugie pytanie badawcze. Opracowanie: Mokrzecka M.	10
Rys. 2 Schemat metody postępowania w procesie odpowiedzi na trzecie pytanie badawcze. Opracowanie: Mokrzecka M.	11
Rys. 3 Schemat odpowiedzi na czwarte pytanie badawcze. Opracowanie: Mokrzecka M.	12
Rys. 4 Wpływ budynków na środowisko, USA i Unia Europejska. Opracowanie: Mokrzecka M. na podstawie: "Building Design and Construction: Forging Resource Efficiency and Sustainable Development", United Nations Environment Program-Sustainable Buildings and Climate Initiatives. Źródło internetowe: https://www.wbdg.org/resources/env_sustainability.php , dostęp 15.07.2017.	18
Rys. 5 Zrównoważenie technologicznie, zrównoważone zachowania oraz ich związek ze środowiskiem budowlanym. Opracowanie: Mokrzecka M. na podstawie badań Williams i Dair (2007).	28
Rys. 6 Skumulowane, antropogeniczne emisje dwutlenku węgla od roku 1870 wraz z 4 scenariuszami dalszej emisji. Źródło: (IPCC 2013)	34
Rys. 7 Niezależne wskaźniki pokazujące zmieniający się klimat na ziemi. Od góry: temperatura powierzchni ziemi, temperatura powierzchni oceanu, temperatura powietrza nad oceanami, poziom morza, pokrycie lodowe – lato. Źródło: (IPCC 2013)	35
Rys. 8 Anomalie temperatury w Polsce w latach 1781-2015. Źródło internetowe: https://meteomodel.pl/BLOG/luty-i-zima-2015-w-polsce/ , dostęp: 26.08.2018.	36
Rys. 9 Zależność między kształtem rzutu i orientacją budynku a zapotrzebowaniem na energię cieplną. Kolorem zielonym oznaczono najniższe zapotrzebowanie na energię, czerwonym najwyższe. Źródło: (Mokrzecka 2018).	41
Rys. 10 Zużycie energii w budynkach mieszkalnych w UE (2009). Podział procentowy ze względu na sposób wykorzystania energii. Opracowanie: Mokrzecka M. na podstawie https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/energy-efficiency-and-energy-consumption-5/assessment	42
Rys. 11 Legenda opisująca schematy kondygnacji powtarzalnych znajdujące się w Tab. 3. Opracowanie: Mokrzecka M.	49
Rys. 12 Dom studencki PopUp. Fot. Mokrzecka M.	66
Rys. 13 Schemat rzutu parteru domu studenckiego PopUP. Opracowanie: Mokrzecka M.	66
Rys. 14 Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej domu studenckiego Grundfos. Opracowanie: Mokrzecka M.	67
Rys. 15 Widok z zewnątrz na Grundfos Kollegiet. Fot. Mokrzecka M.	67
Rys. 16 Pokój w akademiku Grundfos. Fot. Mokrzecka M.	68
Rys. 17 Atrium w Grundfos Kollegiet. Fot. Mokrzecka M.	68
Rys. 18 Szacht instalacyjny w akademiku. Fot. Mokrzecka M.	68
Rys. 19 Brock commons. Widok z zewnątrz. Źródło internetowe: http://vancouver.housing.ubc.ca/wp-content/uploads/2017/02/Brock-Commons.pdf , dostęp: 31.08.2018.	69
Rys. 20: Schemat konstrukcyjny I rodzaje połączeń konstrukcyjnych w akademiku Brock Commons. Źródło internetowe: http://vancouver.housing.ubc.ca/wp-content/uploads/2017/02/Brock-Commons.pdf , dostęp: 31.08.2018.	69
Rys. 21 Schemat kondygnacji powtarzalnej domu studenckiego Brock Commons. Opracowanie: Mokrzecka M.	69
Rys. 22 HSB Living Lab. Widok z zewnątrz. Źródło internetowe: https://etablara.johannebergsciencepark.com/nyheter/har-kan-vi-vara-en-del-av-ett-hogre-syfte/ , dostęp: 31.08.2018.	70
Rys. 23 Schemat kondygnacji powtarzalnej. Opracowanie: Mokrzecka M.	70

Rys. 24 Moserhofgasse. Widok z zewnątrz. Źródło: fotografia dzięki uprzejmości OEAD Vienna	71
Rys. 25 Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej. Opracowanie: Mokrzecka M.	71
Rys. 26 Det Store Havnehus. Widok z zewnątrz. Fot. Mokrzecka M.	72
Rys. 27 Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej. Opracowanie: Mokrzecka M.	72
Rys. 28 Det Store Havnehus. Widok z zewnątrz. Fot. Mokrzecka M.	73
Rys. 29 Det Store Havnehus. Kosze do recyklingu i kolektory na dachu. Fot. Mokrzecka M.	73
Rys. 30 Konceptyjny schemat powstawania bryły budynku Hause de Il de France. Źródło internetowe: https://www.bloglovin.com/blogs/arch-daily-375859/house-ile-de-france-anma-6149799417 , dostęp: 31.08.2018	74
Rys. 31 Hause de Ile de France. Widok z zewnątrz. Źródło internetowe: https://stormranger.net/00/28/maison-universitaire-internationale-strasbourg/maison-de-lile-de-france-anma/ , dostęp: 31.09.2018	74
Rys. 32 Hause de Ile de France. Widok z zewnątrz. Źródło internetowe: https://www.construction21.org/case-studies/fr/house-of-ile-de-france.html , dostęp: 31.09.2018	74
Rys. 33 Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej. Opracowanie: Mokrzecka M.	74
Rys. 34 Cubity. Widok z zewnątrz. Źródło internetowe: https://inspiration.detail.de/journal-student-residence-in-frankfurt-113723.html?lang=en , dostęp: 30.08.2018	75
Rys. 35 Schemat rzutu. Opracowanie: Mokrzecka M.	75
Rys. 36 Cubity. Wnętrza – widok na wspólną jadalnię. Źródło internetowe: https://inspiration.detail.de/journal-student-residence-in-frankfurt-113723.html?lang=en , dostęp: 30.08.2018.	76
Rys. 37 Cubity. Wnętrza – widok na wspólną kuchnię. Źródło internetowe: http://tileisle.net/kchen-darmstadt.html , dostęp: 30.08.2018	76
Rys. 38 Mc Lean Environmental Living and learning center. Widok z zewnątrz. Źródło internetowe: http://greatlakesecho.org/wp-content/uploads/2010/08/ , dostęp: 31.08.2018	77
Rys. 39 Mc Lean Environmental Living and learning center. Widok z zewnątrz. Źródło internetowe: http://www.develop.csbr.umn.edu/msdg/MSDG/case/northland/northland.html , dostęp: 31.08.2018	77
Rys. 40 Mc Lean Environmental Living and learning center. Schemat rzutu wybranej kondygnacji. Opracowanie: Mokrzecka M.	77
Rys. 41 Sophia Gordon Hall. Widok z zewnątrz. Źródło internetowe: https://sustainability.tufts.edu/sustainability-at-tufts/institutional-environmental-initiatives/leed-certified-buildings/green-buildings-leed/sophia-gordon-hall/ , dostęp: 31.08.2018	78
Rys. 42 Sophia Gordon Hall. Schemat rzutu wybranej kondygnacji. Opracowanie: Mokrzecka M.	78
Rys. 43 Eco Residence Town Houses. Widok z zewnątrz. Fot. dzięki uprzejmości Lancaster University.	79
Rys. 44 Eco Residence Town Houses. Schemat rzutu parteru i kondygnacji powtarzalnej. Opracowanie Mokrzecka M.	79
Rys. 45 Eco Residence Cluster Houses. Widok z zewnątrz. Fot. dzięki uprzejmości Lancaster University.	80
Rys. 46 Eco Residence Cluster Houses. Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej. Opracowanie Mokrzecka M.	80
Rys. 47 The Green Residences. Widok z zewnątrz -budynek oraz dziedziniec. Źródło internetowe: https://www.brad.ac.uk/estates/customer-services-and-helpdesk/you-said-we-did/yswd-thegreen/ , dostęp: 30.08.2018.	81
Rys. 48 The Green Town Houses. Widok z zewnątrz. Źródło internetowe: http://gwp-ps.com/projects/ssv-bradford/ , dostęp: 30.08.2018	81
Rys. 49 The Green Residences. Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej. Opracowanie: Mokrzecka M.	81
Rys. 50 The Green Town Houses. Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej. Opracowanie: Mokrzecka M.	81
Rys. 51 Vaarstraat. Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej. Opracowanie: Mokrzecka M.	83

Rys. 52 Vaarstraat.. Widoki z zewnątrz. Źródło internetowe: https://www.vkgroup.be/en/project/vaartstraat-94/ , dostęp:31.08.2018.....	83
Rys. 53. Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej. Opracowanie: Mokrzecka M.....	83
Rys. 54 Neue Burse. Widoki z zewnątrz. Źródło internetowe: https://www.hochschul-sozialwerk-wuppertal.de/ueber-uns/fotogalerie/wohnen/max-horkheimer-strasse-10-16-neue-burse.html , dostęp:31.08.2018.....	83
Rys. 55 Siegmundshof, Widok z zewnątrz. Fot. Mokrzecka M.	84
Rys. 56 Siegmundshof, Schemat rzutu kondygnacji powtarzalnej. Opracowanie: Mokrzecka M.	84
Rys. 57 Schemat rzutu akademika Moserhofgasse. Zaznaczono miejsca nawiewu i wywiewu wentylacji mechanicznej, miejsca montażu grzejników, przesłony zewnętrznych i ekspozycje południową elewacji. Opracowanie: Mokrzecka M.	101
Rys. 58 Schemat przekroju akademika Moserhofgasse. Zaznaczono przyłącza ogrzewania, kanały wentylacyjne., centralę wentylacyjną oraz miejsce instalacji słonecznej Opracowanie: Mokrzecka M.	101
Rys. 59 Analiza ilości światła dziennego w budynku. Po lewej stronie przedstawiono schemat najniższej kondygnacji, po prawej najwyższej. Kolory na rzutach oznaczają procent czasu w ciągu dnia (rocznie), kiedy dana powierzchnia na wysokości 0,85m jest oświetlona naturalnym światłem o natężeniu min 300 luxów. Opracowanie: Mokrzecka M.....	102
Rys. 60 Analiza zacielenia budynku. Po lewej wykonana w dniu 21.06; po prawej w dniu 21.12. Opracowanie: Mokrzecka M.....	102
Rys. 61 Zdjęcia z budowy Moserhofgasse, źródło internetowe: http://docplayer.org/32201000- Studentengaestehaus-moserhofgasse.html , dostęp: 20.03.2018	104
Rys. 62 Dach Moserhofgasse, instalacja solarna. Kolorem czarnym zaznaczono kolektory, jasnoszarym ogniwa fotowoltaiczne, źródło internetowe: http://docplayer.org/32201000- Studentengaestehaus-moserhofgasse.html , dostęp: 20.03.2018	104
Rys. 63 Dom studencki Moserhofgasse, źródło internetowe: https://hda- graz.at/programm/haeuser-schaun-30-06-2012-studentenwohnheim-moserhofgasse- kaltenegger-und-partner-architekten , dostęp: 20.03.2018	104
Rys. 64 Przekrój przez ścianę zewnętrzną, źródło internetowe: http://docplayer.org/32201000- Studentengaestehaus-moserhofgasse.html , dostęp: 20.03.2018	104
Rys. 65 Części wspólne w domu studenckim, zdjęcia dzięki uprzejmości OEAD Vienna.	105
Rys. 66 Pokój z aneksem kuchennym, zdjęcia dzięki uprzejmości OEAD Vienna.	105
Rys. 67 Atrium w budynku, zdjęcia dzięki uprzejmości OEAD Vienna.....	105
Rys. 68 Schemat rzutu akademika Roebuck Castle. Zaznaczono miejsca nawiewu i wywiewu wentylacji mechanicznej, miejsca montażu grzejników, przesłony zewnętrznych i ekspozycje południową elewacji. Opracowanie: Mokrzecka M.	107
Rys. 69 Schemat przekroju akademika Roebuck Castle. Zaznaczono przyłącza ogrzewania, kanały wentylacyjne, centralę wentylacyjną oraz miejsce instalacji słonecznej. Opracowanie: Mokrzecka M.	107
Rys. 70 Analiza ilości światła dziennego w budynku. Na rys powyżej przedstawiono schemat najniższej kondygnacji, nad nim najwyższej. Kolory na rzutach oznaczają procent czasu w ciągu dnia (rocznie), kiedy dana powierzchnia na wysokości 0,85m jest oświetlona naturalnym światłem o natężeniu min 300 luxów. Opracowanie: Mokrzecka M.....	108
Rys. 71 Analiza zacielenia budynku wykonana w dniu 21.06. Opracowanie: Mokrzecka M. 108	108
Rys. 72 Analiza zacielenia budynku wykonana w dniu 21.12. Opracowanie: Mokrzecka M. 108	108
Rys. 73 Bryła Roebuck Castle, źródło internetowe: http://www.nypassivehouse.org/wp- content/uploads/2017/12/Kavanagh_Live-PH-Student-Housing_NY14PH.pdf html, dostęp: 20.03.2018.....	110
Rys. 74 Elementy fasady w czasie konstrukcji I po jej wykonaniu, źródło internetowe: http://www.nypassivehouse.org/wp-content/uploads/2017/12/Kavanagh_Live-PH-Student- Housing_NY14PH.pdf , dostęp:31.03.2018	110
Rys. 75 Detale montażu płyt elewacyjnych, źródło internetowe: http://www.nypassivehouse.org/wp-content/uploads/2017/12/Kavanagh_Live-PH-Student- Housing_NY14PH.pdf , dostęp: 31.03.2018	110

Rys. 76 Korytarze wyłożono materiałami odnawialnymi (korek na ścianach), źródło internetowe: https://passivehouseplus.ie/articles/passive-housing/passive-reaches-new-heights-at-ucd-student-halls , dostęp: 31.03.2018.....	111
Rys. 77 Wspólne kuchnie z jadalnią, źródło internetowe: http://www.ucd.ie/residences/virtualtour/embed/roebuck-castle/ , dostęp: 31.03.2018	111
Rys. 78 Stołówka na parterze budynku, źródło internetowe: http://www.ucd.ie/residences/virtualtour/embed/roebuck-castle/ , dostęp: 31.03.2018	111
Rys. 79 Schemat wentylacji i ogrzewania w budynku energooszczędnym (1) i pasywnym (2). Opracowanie: Mokrzecka M.	114
Rys. 80 Schemat przekroju akademika Neue Burse. Zaznaczono przyłącza ogrzewania, kanały wentylacyjne., centralę wentylacyjną oraz miejsce instalacji słonecznej Opracowanie: Mokrzecka M.	114
Rys. 81 Analiza ilości światła dziennego w budynku. Na rys po lewej przedstawiono schemat najniższej kondygnacji, po prawej najwyższej. Kolory na rzutach oznaczają procent czasu w ciągu dnia (rocznie), kiedy dana powierzchnia na wysokości 0,85m jest oświetlona naturalnym światłem o natężeniu min 300 luxów. Opracowanie: Mokrzecka M.....	115
Rys. 82 Analiza zacienienia budynków. wykonana dla 21.06, Opracowanie: Mokrzecka M. ..	115
Rys. 83 Analiza zacienienia budynków. wykonana dla 21.12, Opracowanie: Mokrzecka M. ..	115
Rys. 84 Zespół Neue Burse przed modernizacją, źródło internetowe: http://enob.pse.de/projects/62/photos/ , dostęp: 20.02.2018.....	117
Rys. 85 Zespół Neue Burse w trakcie modernizacji, źródło internetowe: http://enob.pse.de/projects/62/photos/ , dostęp: 20.02.2018.....	117
Rys. 86 Zespół Neue Burse po modernizacji, źródło internetowe: http://enob.pse.de/projects/62/photos/ , dostęp: 20.02.2018.....	117
Rys. 87 Zespół Neue Burse po modernizacji, źródło internetowe: http://enob.pse.de/projects/96/photos/ , dostęp: 20.02.2018.....	118
Rys. 88 Wnętrze pokoju w Neue Burse. Stan przed modernizacją, źródło internetowe: http://www.acms-architekten.de/fileadmin/PDF/Von_der_Energieschleuder_zum_Passivhaus.pdf , dostęp: 20.02.2018.....	118
Rys. 89 Wnętrze pokoju w Neue Burse. Stan po modernizacji, źródło internetowe: https://www.studentenwerke.de/de/content/besondere-wohnheime-des-hochschulsozialwerk-wuppertal , dostęp: 20.02.2018.....	118
Rys. 90 Schemat wentylacji i ogrzewania w budynku. Opracowanie: Mokrzecka M.....	120
Rys. 91 Schemat przekroju akademika Neue Burse. Zaznaczono przyłącza ogrzewania, kanały wentylacyjne., centralę wentylacyjną oraz miejsce instalacji słonecznej Opracowanie: Mokrzecka M.	120
Rys. 92 Analiza ilości światła dziennego w budynku. Na rys po lewej przedstawiono schemat najniższej kondygnacji, po prawej najwyższej. Kolory na rzutach oznaczają procent czasu w ciągu dnia (rocznie), kiedy dana powierzchnia na wysokości 0,85m jest oświetlona naturalnym światłem o natężeniu min 300 luxów. Opracowanie: Mokrzecka M.....	121
Rys. 93 Analiza zacienienia budynków. Po lewej wykonana dla 21.06, po prawej dla 21.12. Opracowanie: Mokrzecka M.	121
Rys. 94 Budynek Town House, źródło internetowe: http://www.upp-ltd.com/portfolio/?s=lancaaster-university , dostęp: 14.04.2018.....	123
Rys. 95 Budowa Town Houses, budynki powstały z prefabrykowanych elementów drewnianych, źródło: zdjęcia dzięki uprzejmości Lancaster University.....	124
Rys. 96 Części wspólne – salon, jadalnia i kuchnia, znajdujące się na parterze każdego budynku, źródło: zdjęcia dzięki uprzejmości Lancaster University	124
Rys. 97 Pokój studencki, źródło: zdjęcia dzięki uprzejmości Lancaster University	124
Rys. 98 Po lewej: detal konstrukcyjny połączenia ścian zewnętrznych i stropu, po prawej system segregacji odpadów w akademiku, źródło: materiały dzięki uprzejmości Lancaster University.....	125
Rys. 99 Położenie geograficzne domów studenckich. Opracowanie: Mokrzecka M. na podstawie google maps.	125

Rys. 100 Temperatury minimalne dla miast w których znajdują się analizowane akademiki. .	126
Rys. 101 Temperatury maksymalne dla miast w których znajdują się analizowane akademiki.	126
Rys. 102 Zestawienie wartości współczynników przenikania ciepła U z podziałem na rodzaj przegród w budynku. Opracowanie: Mokrzecka M.....	126
Rys. 103 Zestawienie współczynnika zwartości budynków wyrażonego jako stosunek wszystkich powierzchni zewnętrznych do ogrzewanej kubatury obiektu. Opracowanie: Mokrzecka M.	127
Rys. 104 Procentowa ilość przeszkleń na elewacjach z podziałem na strony świata. Liniją oznaczono ogólną, średnią ilość przeszkleń w budynku. Opracowanie: Mokrzecka M.	127
Rys. 105 Zestawienie wartości projektowego zapotrzebowania na ogrzewanie oraz rzeczywistego (wyliczonego na podstawie rocznych danych licznikowych) w pięciu domach studenckich. Opracowanie: Mokrzecka M.....	129
Rys. 106 Rzeczywiste zużycie energii elektrycznej i ciepłej w akademikach: Moserhofgasse, Roebuck castle, Neue Burse i Eco Residence. Zestawienie na podstawie odczytów licznikowych podane w kWh/m ² /a. Opracowanie: Mokrzecka M.	130
Rys. 107 Licznikowe zużycie wody w akademikach Moserhofgasse, Roebuck Castle, Neue Burse i Eco Residence wyrażone w m ³ /os/a. Opracowanie: Mokrzecka M.	131
Rys. 108 Różnice w zużyciu energii do ogrzewania pomieszczeń w dziewięciu wybranych domach studenckich. Dane licznikowe. Opracowanie: Mokrzecka M.....	133
Rys. 109. Stosunek liczby miejsc do liczby studentów wyrażony procentowo. Opracowanie: Mokrzecka M. na podstawie danych GUS.	137
Rys. 110 Struktura wiekowa domów studenckich w czterech największych ośrodkach akademickich w Polsce. Opracowanie: Mokrzecka M.....	138
Rys. 111 Wybrane rozwiązania energooszczędne w domach studenckich we Wrocławiu, Poznaniu, Krakowie i Warszawie. Wykres przedstawia, w ilu procentach budynków znajduje się dane rozwiązanie. Opracowanie: Mokrzecka M.....	139
Rys. 112 Podział pokoi w domach studenckich Politechniki Wrocławskiej ze względu na liczbę osób przypadającą na jedną łazienkę. Opracowanie: Mokrzecka M.	141
Rys. 113 Procentowy podział liczby miejsc w domach studenckich ze względu na liczbę węzłów kuchennych przypadających na jednego mieszkańca. Opracowanie: Mokrzecka M.....	141
Rys. 114 Procentowy podział pokoi w domach studenckich ze względu na liczbę osób, które w nich zamieszkują. Na wykresie przedstawiono stosunek liczby miejsc w danym rodzaju pokoi do całkowitej liczby miejsc we wszystkich pokojach. Opracowanie: Mokrzecka M....	142
Rys. 115 Procentowy podział liczby miejsc w pokojach trzyosobowych ze względu na ilość powierzchni przypadającej na jednego mieszkańca. Opracowanie: Mokrzecka M.....	142
Rys. 116 Procentowy podział liczby miejsc w pokojach dwuosobowych ze względu na ilość powierzchni przypadającej na jednego mieszkańca. Opracowanie: Mokrzecka M.....	143
Rys. 117 Lokalizacja kampusu Wittiga na mapie miasta. Opracowanie: Mokrzecka M. na podstawie google maps.	151
Rys. 118 Kampus studencki przy Ulicy Wittiga. Opracowanie: Mokrzecka M., na podstawie google maps	151
Rys. 119 Rzut kondygnacji powtarzalnej (mieszkalnej) w domu studenckim T-16. Opracowanie: Mokrzecka M.	152
Rys. 120 Przekrój poprzeczny przez dom studencki T-16. Opracowanie: Mokrzecka M.	153
Rys. 121 Dom studencki T-16, fot. Mokrzecka M.	153
Rys. 122 Tereny rekreacyjne na kampusie Wittiga, fot. Mokrzecka M.....	154
Rys. 123 Kuchnie w domu studenckim T-16, fot. Mokrzecka M.....	154
Rys. 124 Pokój trzyosobowy w domu studenckim T-16, fot. Mokrzecka M.....	154
Rys. 125 Pokój trzyosobowy w domu studenckim T-16, fot. Mokrzecka M.....	155
Rys. 126 Łazienka w T-16, fot. Mokrzecka M.	155
Rys. 127 Korytarze w T-16, fot. Mokrzecka M.	155
Rys. 128 Klatka schodowa, fot. Mokrzecka M.	155
Rys. 129 Zużycie energii do ogrzewania w budynku T-16, w okresie grzewczym 2012/2013 wyrażone w kWh/m ² /a. Opracowanie: Mokrzecka M.	158

Rys. 130 Średnie miesięczne zużycie energii elektrycznej w module domu studenckiego T-19 i T-16 kWh/m ² w kolejnych miesiącach 2015 roku. Opracowanie: Mokrzecka M.	159
Rys. 131 Średnie miesięczne zużycie wody (cieplej i zimnej) w module domu studenckiego T-19 i T-16 (m ³ /os) w kolejnych miesiącach 2015 roku. Opracowanie: Mokrzecka M.	159
Rys. 132 Łazienki w domu studenckim T-16. Fot. Mokrzecka M.	160
Rys. 133 Schematyczny rzut domu studenckiego T-19. Stan po modernizacji. Opracowanie: Mokrzecka M.	161
Rys. 134 Schematyczny rzut domu studenckiego T-22. Stan po modernizacji. Opracowanie: Mokrzecka M.	161
Rys. 135 Zmiany w kształtowaniu powierzchni mieszkalnych w domach studenckich na Wittiga. Na dole dom studencki przed modernizacją, na górze po modernizacji. Opracowanie: Mokrzecka M.	162
Rys. 136 Schemat funkcjonalny parteru domu studenckiego T-16. Opracowanie: Mokrzecka M.	163
Rys. 137 Rozkład odpowiedzi na pytanie 7 "ile godzin (średnio) dziennie masz włączony komputer"	165
Rys. 138 Rozkład odpowiedzi na pytanie 8, "Czy wyłączasz urządzenia z trybu stand by (tryb czuwania)"	165
Rys. 139 Rozkład odpowiedzi na pytanie 9 "Czy wyłączasz światło opuszczając pomieszczenia w których przebywasz"	166
Rys. 140 Rozkład odpowiedzi na pytanie 10 "Czy w porze grzewczej zakręcasz kaloryfer, kiedy wszyscy mieszkańcy opuszczają pokój na dłuższy czas"	166
Rys. 141 Rozkład odpowiedzi na pytanie 11 "Ile razy w tygodniu korzystasz z pralni"	167
Rys. 142 Rozkład odpowiedzi na pytanie 12 "W jakiej temperaturze najczęściej robisz pranie"	167
Rys. 143 Rozkład odpowiedzi - pytania dot. nawyków związanych z energią. Opracowanie: Mokrzecka M.	168
Rys. 144 Rozkład odpowiedzi na pytania uwzględniający podział studentów na grupę płacącą oraz niepłacącą rachunków za zużycie mediów. Opracowanie: Mokrzecka M.	168
Rys. 145 Rozkład odpowiedzi na pytanie 13 "Czy używasz eco-przycisku do spłukiwania toalet (uwalniającego mniejszą ilość wody)"	169
Rys. 146 Rozkład odpowiedzi na pytanie 14 "Czy zakręcasz wodę w czasie, gdy myjesz zęby"	169
Rys. 147 Rozkład odpowiedzi na pytanie 15 "Czy robisz pranie, jeżeli jesteś w stanie zapełnić pralkę w mniej niż połowie"	169
Rys. 148 Rozkład odpowiedzi na pytania dotyczące nawyków związanych z wodą. Opracowanie: Mokrzecka M.	170
Rys. 149 Rozkład odpowiedzi na pytania uwzględniający podział na studentów płacących i niepłacących. Opracowanie: Mokrzecka M.	170
Rys. 150 Rozkład odpowiedzi na pytanie 16 "Czy segregujesz odpady domowe"	171
Rys. 151 Rozkład odpowiedzi na pytanie 17 "Czy oddajesz do recydingu/ segregujesz zużyty sprzęt elektroniczny"	171
Rys. 152 Rozkład odpowiedzi na pytanie 18 "Czy oddajesz do recydingu/ segregujesz szkło"	171
Rys. 153 Rozkład odpowiedzi na pytanie 19 "Czy oddajesz do recydingu/segregujesz papier"	172
Rys. 154 Rozkład odpowiedzi na pytanie 20 "Czy oddajesz do recydingu/segregujesz plastik"	172
Rys. 155 Rozkład odpowiedzi na pytania dotyczące segregacji odpadów. Opracowanie: Mokrzecka M.	173
Rys. 156 Rozkład odpowiedzi na pytanie "Czy będziesz segregować śmieci, jeżeli w kuchni w akademikach pojawią się pojemniki na szkło/plastik/papier"	174
Rys. 157 Rozkład odpowiedzi na pytanie "Czy wzięłbyś udział w kursach, warsztatach prowadzonych na Tekach, które pokażą Ci jak oszczędzać wodę/ energię"	174

Rys. 158 Rozkład odpowiedzi na pytanie "Czy jeżeli zaoferowano by Ci dodatkowe korzyści w związku z obniżeniem zużycia wody/energii/ ilości odpadów w Twoim segmencie to czy byłbyś zainteresowany".....	174
Rys. 159 Rozkład odpowiedzi na pytanie: „Czy jeżeli zużycie energii lub ilość segregowanych odpadów będzie przedmiotem konkursu między akademikami – z atrakcyjną nagrodą dla akademika, który wygra, czy weźmiesz udział w takim konkursie.....	175
Rys. 160 Rozkład procentowy odpowiedzi na poszczególne pytania z podziałem na pozytywne (zdecydowanie tak, raczej tak), neutralne (nie wiem), negatywne (zdecydowanie nie, raczej nie). Opracowanie: Mokrzecka M.	175
Rys. 161 Rozkład procentowy odpowiedzi na poszczególne pytania z podziałem na pozytywne (zdecydowanie tak, raczej tak), neutralne (nie wiem), negatywne (zdecydowanie nie, raczej nie). Opracowanie: Mokrzecka M.	176
Rys. 162 Rozkład odpowiedzi na pytania uwzględniający podział na studentów płacących i niepłacących.....	177
Rys. 163 Rozkład odpowiedzi na pytanie o opinie na temat rozwiązań proekologicznych (rozumianych jako segregacja odpadów, oszczędzanie wody i energii). Opracowanie: Mokrzecka M.	177
Rys. 164 Rozkład odpowiedzi na pytanie o opinie na temat rozwiązań proekologicznych (rozumianych jako kupowanie produktów spożywczych od lokalnych dostawców, korzystanie z komunikacji miejskiej itp.). Opracowanie: Mokrzecka M.	178
Rys. 165 Pytanie 7: Oceń proszę warunki temperaturowe w Twoim pokoju w okresie późnej jesieni oraz zimy (skala siedmiostopniowa, 1=zdecydowanie niezadowolające, 7= zdecydowanie zadowolające). Rozkład odpowiedzi.....	180
Rys. 166 Pytanie 8: Zaznacz proszę wszystkie czynniki, które powodują, że warunki temperaturowe w okresie późnej jesieni oraz zimy w Twoim pokoju nie są w pełni zadowolające (jeżeli występują).....	180
Rys. 167 Pytanie 9: Oceń proszę warunki temperaturowe w Twoim pokoju w okresie późnej wiosny oraz lata (skala siedmiostopniowa, 1=zdecydowanie niezadowolające, 7= zdecydowanie zadowolające).....	180
Rys. 168 Pytanie 10: Zaznacz proszę wszystkie czynniki, które powodują, że warunki temperaturowe w okresie późnej wiosny oraz lata w Twoim pokoju nie są w pełni zadowolające (jeżeli występują). Rozkład odpowiedzi.....	181
Rys. 169 Pytanie 11: Oceń proszę ogólną jakość powietrza w Twoim pokoju (wilgotność powietrza, ruch powietrza, zapachy) (skala siedmiostopniowa, 1=zdecydowanie niezadowolające, 7= zdecydowanie zadowolające).....	181
Rys. 170 Pytanie 12: Zaznacz proszę wszystkie czynniki, które powodują, że jakości powietrza w Twoim pokoju nie jest w pełni zadowolająca (jeżeli występują).....	182
Rys. 171 Pytanie 13: Jak warunki w Twoim pokoju (temperatura, jakość powietrza) wpływają na Twoje zdrowie? Rozkład odpowiedzi.....	182
Rys. 172 Pytanie 14: Jeżeli uczysz się/pracujesz w swoim pokoju to czy wymienione wcześniej czynniki (temperatura, jakość powietrza itd.) mają wpływ na Twoją produktywność? Rozkład odpowiedzi.....	183
Rys. 173 Rozkład odpowiedzi: stopień zadowolenia z warunków termicznych w pokojach w okresie jesienno-zimowym (1-4 -negatywne, 4 neutralne,4-7 pozytywne). Opracowanie: Mokrzecka M.	184
Rys. 174 Rozkład odpowiedzi: stopień zadowolenia z warunków termicznych w pokojach w okresie wiosenno-letnim (1-4 -negatywne, 4 neutralne,4-7 pozytywne). Opracowanie: Mokrzecka M.	184
Rys. 175 Rozkład odpowiedzi na pytanie o stopień zadowolenia z ogólnej jakości powietrza panujących w pokojach(1-4 -negatywne, 4 neutralne,4-7 pozytywne). Opracowanie: Mokrzecka M.	184
Rys. 176 Umiejscowienie urządzeń do pomiaru temperatury w domu studenckim T-16. Opracowanie: Mokrzecka M.	186
Rys. 177 Rejestratory lbuttons wraz z portem do programowania i odczytu pomiarów. Fot. Mokrzecka M.	187

Rys. 178 Średnie tygodniowe temperatury powietrza w okresie pomiarowym. Źródło: www.freemeteo.pl	188
Rys. 179 Wykres przedstawia średnie tygodniowe natężenia promieniowania słonecznego. Opracowanie: Mokrzecka M. na podstawie danych Zakładu Klimatologii i Ochrony Atmosfery Uniwersytetu Wrocławskiego.....	189
Rys. 180 Uśrednione wartości pomiarów – średnia dobowa we wszystkich pokojach. Wykres przedstawia stosunek temperatur przekraczających 22,5°C do wszystkich zmierzonych temperatur (kolor pomarańczowy) w ośmiu pokojach w okresie zimowym. Wykres przedstawia również stosunek temperatur przekraczających 24°C do wszystkich zmierzonych temperatur w ośmiu pokojach w okresie zimowym (pierwszy i drugi okres pomiarowy). Dane wyrażone procentowo. Opracowanie: Mokrzecka M.	195
Rys. 181 Średnie tygodniowe temperatury w pokojach w najzimniejszych i najcieplejszych tygodniach okresu grzewczego. Opracowanie: Mokrzecka M.....	196
Rys. 182 Stosunek liczby temperatur przekraczających zalecane wartości 25°C w ciągu dnia i 23,0°C (z tolerancją do 23,5°C) w nocy do wszystkich pomiarów w okresie wiosenno-letnim (wyrażony procentowo). Opracowanie: Mokrzecka M.....	199
Rys. 183 Stosunek temperatur powyżej 27°C w ciągu dnia i 26°C w ciągu nocy do wszystkich analizowanych pomiarów w okresie wiosenno-letnim (wyrażone procentowo). Opracowanie: Mokrzecka M.	199
Rys. 184 Średnie tygodniowe temperatury w pokojach w najzimniejszym, najcieplejszym i najbardziej nasłonecznionych tygodniach okresu wiosenno-letniego. Opracowanie: Mokrzecka M.	200
Rys. 185 Rozkład odpowiedzi na pytanie o stopień zadowolenia z warunków termicznych panujących w pokojach w okresie wiosenno-letnim (1-4 -negatywne, 4 neutralne, 4-7 pozytywne). Opracowanie: Mokrzecka M.	202
Rys. 186 Schemat wentylacji w budynku – po lewej stan istniejący, po prawej proponowane zmiany. Opracowanie: Mokrzecka M.	203
Rys. 187 Analiza ilości światła dziennego w budynku. Na rys. po lewej przedstawiono schemat istniejącej kondygnacji, po prawej proponowane zmiany funkcjonalne. Kolory na rzutach oznaczają procent czasu w ciągu dnia (rocznie), kiedy dana powierzchnia na wysokości 0,85 m jest oświetlona naturalnym światłem o natężeniu min 300 luxów. Opracowanie: Mokrzecka M.	204
Rys. 188 Analiza ilości światła dziennego w budynku przed i po wprowadzeniu proponowanych zmian. Ilość światła jest wyrażona jako współczynnik oświetlenia dziennego (ang. daylight factor). Współczynnik jest miarą względną natężenia oświetlenia dziennego w danym punkcie wnętrza budynku do równocześnie występującego natężenia oświetlenia poza budynkiem – na otwartej przestrzeni. Na potrzeby obliczeniowe wyłącza się bezpośrednio światło słoneczne przyjmując zasadę 'zachmurzonego nieba'.....	204
Rys. 189 Schematy funkcjonalne kondygnacji mieszkalnej – po lewej stan istniejący, w środku studium wykorzystania przestrzeni. Przykłady rozwiązań funkcjonalnych (patrzac od góry) Dom studencki Teknobynen, Queen's Mary (Australia), Teknobynen, HSB Living Lab. Opracowanie: Mokrzecka M.	207
Rys. 190 Rozkład temperatur w pokoju dwuosobowym zlokalizowanym na 10 piętrze środkowego modułu budynku T-16. Przedstawiono stan istniejący i różnice w temp. pomieszczenia wynikające z zastosowania zewnętrznych przesłon różnego typu. Przedstawiono wyniki dla dnia 01.06. Opracowanie: Mokrzecka M.	209
Rys. 191 Montaż przesłon '1m' i '0,5'm. Rys. 192 Montaż przesłon '0,8'm-bocznych Rys. 193 Średnie temperatury powietrza w pokoju wyliczone z pomiarów wykonanych w godzinach 13-17.30 w dniach 01.06-13.06. Przedstawiono zależności temperatury od rodzaju zastosowanych przesłon. Opracowanie: M. Mokrzecka.....	210
Rys. 194 Ilość światła dziennego w środkowym module domu studenckiego T-16 w zależności od: zastosowania przesłon zewnętrznych lub niskoemisyjnych szyb. Opracowanie: Mokrzecka M.	211
Rys. 195 Przesłony pionowe wkomponowano w fasadę budynku. Zastosowano również zewnętrzne aluminiowe żaluzje. Źródło internetowe:	

https://www.architectsjournal.co.uk/buildings/specification/external-blinds/8636859.article , dostęp 01.09.2018.	212
Rys. 196 Nowa siedziba Schneider Electric w Kopenhadze, Dania, źródło internetowe: https://divisare.com/projects/313599-bauen-schneider-electric-new-nordic-headquarter , dostęp: 01.09.2018.	212
Rys. 197 Biblioteka wydziału sztuk pięknych w Sichuan, Chiny, źródło internetowe: https://divisare.com/projects/313599-bauen-schneider-electric-new-nordic-headquarter , dostęp: 01.09.2018.	212
Rys. 198 Szkoła w Navarze, Hiszpania, https://divisare.com/projects/268682-otxotorena-arquitectos-jose-manuel-cutillas-ruben-p-bescos-new-building-in-el-redin-high-school źródło internetowe: https://divisare.com/projects/268682-otxotorena-arquitectos-jose-manuel-cutillas-ruben-p-bescos-new-building-in-el-redin-high-school , dostęp: 01.09.2018.	213
Rys. 199 Biblioteka wydziału sztuk pięknych w Sichuan, Chiny, źródło internetowe: https://divisare.com/projects/313599-bauen-schneider-electric-new-nordic-headquarter , dostęp: 01.09.2018, dostęp: 01.09.2018.	213

Spis tabel

Tab. 1 Chronologiczne zestawienie wybranych przez autora dokumentów, w których od lat dziewięćdziesiątych poruszano temat architektury w kontekście zrównoważonego rozwoju. Opracowanie: Opracowanie: Mokrzecka M.	21
Tab. 2 Różnice między budynkiem zrównoważonym, zielonym, proekologicznym. Opracowanie: Mokrzecka M. na podstawie: (Berardi, 2003).	24
Tab. 3 Zestawienie proekologicznych domów studenckich.	51
Tab. 4 Podział domów studenckich na cztery grupy typologiczne. Opracowanie: Mokrzecka M.	65
Tab. 5 Ewaluacja domów studenckich na podstawie przyjętych kryteriów. Opracowanie: Mokrzecka M.	88
Tab. 6 Podsumowanie ewaluacji domów studenckich. Opracowanie: Mokrzecka M.	94
Tab. 7 Zestawienie przegród zewnętrznych oraz systemów HVAC w domu studenckim Moserhofgasse 100	100
Tab. 8 Zużycie zasobów w domu studenckim Moserhofgasse. Dane licznikowe za rok 2013. 100	100
Tab. 9 Zestawienie przegród zewnętrznych oraz systemów HVAC w domu studenckim Roebuck Castle 106	106
Tab. 10 Zużycie zasobów w domu studenckim Roebuck Castle. Dane licznikowe za rok 2013 (Hernandez, Lennon et al. 2014). 106	106
Tab. 11 Zestawienie danych dot. przegród zewnętrznych oraz systemów HVAC w energooszczędnym akademiku Neue Burse 112	112
Tab. 12 Zużycie zasobów w energooszczędnym akademiku Neue Burse (Engelmann 2011) 112	112
Tab. 13 Zestawienie danych dot. przegród zewnętrznych oraz systemów HVAC w pasywnym akademiku Neue Burse 113	113
Tab. 14 Zużycie zasobów w pasywnym akademiku Neue Burse (Engelmann 2011). 113	113
Tab. 15 Zestawienie przegród zewnętrznych oraz systemów HVAC w akademiku Eco- Residence 119	119
Tab. 16 Zużycie zasobów w pasywnym akademiku Eco Residence 119	119
Tab. 17 Zestawienie wyposażenia technicznego w domach studenckich Opracowanie: Mokrzecka M. 128	128
Tab. 18 Zestawienie domów studenckich Politechniki Wrocławskiej 145	145
Tab. 19 Zestawienie przegród zewnętrznych oraz systemów HVAC w akademiku T- 16. Opracowanie: M. Mokrzecka 156	156
Tab. 20 Zużycie licznikowe – energia I woda w akademiku T-16. 157	157
Tab. 21 Zestawienie szczegółowych informacji na temat montażu czujników. Opracowanie: Mokrzecka M. 187	187
Tab. 22 Zestawienie: temperatury powietrza (minimalnej, maksymalnej, średniej dobowej i tygodniowej), średniego, tygodniowego natężenia promieniowania słonecznego oraz wskazanie	

<i>najcieplejszego, standardowego i najzimniejszego tygodnia do dalszych analiz. Pierwszy okres pomiarowy (16.02-29.03).</i>	190
Tab. 23 <i>Zestawienie: temperatury powietrza (minimalnej, maksymalnej, średniej dobowej i tygodniowej), średniego, tygodniowego natężenia promieniowania słonecznego oraz wskazanie najcieplejszego, standardowego i najzimniejszego tygodnia do dalszych analiz. Trzeci okres pomiarowy (11.05-14.06). Opracowanie na podst. danych pogodowych Mokrzecka M.</i>	191
Tab. 24 <i>Wartości zalecanych temperatur w pomieszczeniach. Źródło: (Humphreys 2006). ...</i>	192
Tab. 25 <i>Zestawienie pomiarów z pierwszego okresu pomiarowego w pokoju 119. Kolor biały – temperatury zalecane, kolor pomarańczowy temp. między 22,5-24°C, kolor czerwony temp. powyżej 24°C.....</i>	193
Tab. 26 <i>Zestawienie pomiarów z pierwszego okresu pomiarowego w pokoju 1006. Kolor biały – temperatury zalecane, kolor pomarańczowy temp. między 22,5-24°C, kolor czerwony temp. powyżej 24°C.....</i>	194
Tab. 27 <i>Zestawienie uśrednionych, dobowych temperatur w pokojach. Pierwszy okres pomiarowy.</i>	194
Tab. 28 <i>Zestawienie pomiarów w pokoju 119 w trzecim okresie pomiarowym. Temperatury podzielono naienne (10.00-18.00) i nocne (21.30-07.00). Oznaczenie temperatur w dzień: kolor biały - temperatury poniżej 25°C, kolor czerwony - temp. w zakresie 25-27°C, kolor zielony temp. powyżej 27°C. Oznaczenie temperatur w nocy: kolor biały: poniżej 23°C, kolor pomarańczowy - temp. w zakresie 23-26°C, kolor ciemnoczerwony temp. powyżej 26°C.</i>	197
Tab. 29 <i>Zestawienie pomiarów w pokoju 1006 w trzecim okresie pomiarowym. Temperatury podzielono naienne (10.00-18.00) i nocne (21.30-07.00). Oznaczenie temperatur w dzień: kolor biały-temperatury poniżej 25°C, kolor czerwony - temp. w zakresie 25-27°C, kolor zielony temp. powyżej 27°C. Oznaczenie temperatur w nocy: kolor biały: poniżej 23°C, kolor pomarańczowy - temp. w zakresie 23-26°C, kolor ciemnoczerwony temp. powyżej 26°C.</i>	198
Tab. 30 <i>Zestawienie średnich dziennych temperatur w pokojach w trzecim okresie pomiarowym. Kolorem białym zaznaczono temperatury poniżej 25°C, kolorem czerwonym - temp. w zakresie 25-27°C, kolorem zielonym temp. powyżej 27°C.</i>	198

Streszczenie rozprawy doktorskiej

Zagadnienia proekologiczne w domach studenckich. Aspekt architektoniczno-behawioralny

Słowa kluczowe: architektura proekologiczna, domy studenckie, energooszczędność, interwencje behawioralne, zrównoważony rozwój

Uważa się, że sektor mieszkalny posiada wysoki potencjał niskonakładowego zmniejszenia zużycia energii i wody (UNEP 2003) Podkreśla się przy tym mnogość zmiennych wpływających na zużycie zasobów w budynkach, wymieniając m.in. aspekty architektoniczne, instalacyjne oraz behawioralne.

Przedmiotem rozprawy są zagadnienia proekologiczne w domach studenckich położonych w strefie klimatu umiarkowanego. W niniejszej rozprawie opisano je, poddano analizie i usystematyzowano. Analiza i systematyka stanowiły podstawę do:

- Diagnozy rozwiązań funkcjonalno-przestrzennych w wybranym typie domów studenckich w Polsce.
- Diagnozy komfortu termicznego mieszkańców wybranego typu domu studenckiego i wskazanie możliwości poprawy.
- Badań proekologicznych zachowań i nawyków studentów oraz wskazanie interwencji architektonicznych, infrastrukturalnych i behawioralnych zasadnych do przeprowadzenia w wybranych domach studenckich w Polsce.

Tematycznie zakres opracowania znajduje się w obrębie architektury, inżynierii środowiska oraz psychologii. Podejście interdyscyplinarne było nieodzowne w przeprowadzeniu analiz zagadnień projektowych i behawioralnych oraz ocenie ich wpływu na zużycie wody i energii w domach studenckich. Zakres czasowy, będący tłem do badań teoretycznych, obejmuje koniec XX i początek XXI wieku. Analiza przykładów oraz badania teoretyczne wykonane w celu stworzenia schematu ich ewaluacji i porównania obejmują okres od roku 2000.

Badania wykonane w pierwszej części pracy są typu ex post, co oznacza, że zostały wykonane na zrealizowanych budynkach. Badania obejmują: przygotowawcze studia literaturowe, analizę komparatystyczną oraz wielokrotne studia przypadków. Wnioski z pierwszej części badań wykorzystano w drugiej części pracy, przy badaniach nad implementacją określonych rozwiązań podczas realizacji i modernizacji domów studenckich. Są to badania symulacyjne oraz ankietowe.

Do ważniejszych osiągnięć pracy zalicza się:

- Usystematyzowanie wiedzy na temat proekologicznych zagadnień architektoniczno-behawioralnych w domach studenckich klimatu umiarkowanego
- Wykazanie ważności współistnienia proekologicznych zagadnień architektonicznych i behawioralnych
- Wykonanie oryginalnych badań, które pozwoliły na diagnozę zachowań i przekonań proekologicznych mieszkańców polskiego wybranego osiedla domów studenckich
- Wykonanie badań terenowych i symulacyjnych, które umożliwiły diagnozę: warunków termicznych i kierunków modernizacyjnych wybranego typu domów studenckich w Polsce.

Wybór przykładów potwierdził zasadność przyjętych związków między formą obiektu i układami funkcjonalno-przestrzennymi a zapotrzebowaniem na energię. Wykazano również nieodzowność uzupełniania efektywnej architektury i infrastruktury zagadnieniami behawioralnymi – prośrodowiskową edukacją, informacjami na temat użytkowania zaawansowanych systemów w budynku oraz interwencjami behawioralnymi. Wykazano, że zaangażowanie mieszkańców budynku w określone interwencje behawioralne skutecznie wpływa na prośrodowiskowe wybory i zachowania.

Wykonana analiza teoretyczna oraz badania eksperymentalne wykonane w kolejnych rozdziałach pracy zweryfikowały postawione hipotezy badawcze. Udowodniono, iż w domach studenckich klimatu umiarkowanego zagadnienia architektoniczne występują częściej niż behawioralne. Brak zagadnień behawioralnych ogranicza efektywność rozwiązań architektonicznych. Wykazano także, iż domy studenckie w Polsce posiadają wysoki potencjał implementacji wybranych zagadnień proekologicznych.

Badania znajdujące się w pracy przyczyniają się do pełniejszego zrozumienia roli zagadnień proekologicznych w projektowaniu oraz użytkowaniu domów studenckich, a także ich wpływu na architekturę oraz układ funkcjonalny budynku. Baza założeń proekologicznych opracowana na potrzeby pracy może być wykorzystana w konstruowaniu założeń architektonicznych – przy projektowaniu nowych i modernizowaniu istniejących domów studenckich.

Summary of the PhD dissertation

Proecological aspects in student residences considered in architectural and behavioral context.

Key words: proecological architecture, student residences, energy efficiency, behavioral interventions, sustainable development.

Residential sector is recognized to have the greatest low-cost implementation potential to decrease energy usage and CO₂ emissions. While approaching this topic, it is important to realize the complexity of factors that influence the resources (energy and water) consumption in the buildings. Among others, architectural, infrastructural and psychological factors are usually brought forward. To act effectively, the interdisciplinary approach is needed.

The subject of this research is proecology in design and operation of student residences. Proecological aspects present in student residences located in temperate climate zones were described, analyzed and systematize. Analysis and systematics were foundation for:

- Functional and spatial diagnosis performed in a specified student housing type.
- Thermal comfort diagnosis and roadmap of possible improvements.
- Research on student's proecological habits and behaviors
- Indication of architectural, infrastructural and behavioral interventions feasible to perform in specified student housing type.

The analysis of the best practice building examples allowed to create the knowledge base with selected proecological solutions. The information from knowledge base were used in the second part of the dissertation – to investigate the directions of pro-environmental modernization of student residences in Poland.

The main goal of the research is to analyze and systematize proecological solutions in design and modernization of student houses located in temperate climate conditions. The research is conducted for deeper understanding of the importance of architectural and behavioral solutions in the energy consumption of student residences.

The implementation goals are:

- Diagnosis of functional and spatial solutions in a selected type of student residences in Poland.

- Thermal comfort of residents of a selected type of student residence and indication of the possible improvements.
- Research on student's proecological habits and behaviors as well as indication of architectural, infrastructural and behavioral interventions to be carried out in selected student residences in Poland.

Thematically, the scope of this study is defined within the field of: architecture, environmental engineering and psychology. An interdisciplinary approach was indispensable to validate the hypothesis of the dissertation. Time frame for theoretical study is the end of XXth and beginning of XXI century. Case studies were limited to residences built or refurbished after year 2000.

Research performed in the first part of the dissertation is *ex post* type – it was conducted on existing buildings. Studies include: preparatory literature review, comparative analysis and multiple case studies. Conclusions from the first part of the studies were used in the second part of research process. The aim was to investigate effective pro-environmental refurbishment strategies of selected student residence type. Research includes: simulation and quantitative study.

The achievements of the research are as follows:

- Enriching and systemizing the knowledge of proecological aspects in student residences located in temperate climate
- Proofing the importance of simultaneous implementation of both: architectural and behavioral solutions to achieve pro-environmental goals.
- Performing quantitative research to diagnose pro-environmental behaviors and beliefs of inhabitants of selected polish student residence.
- Performing field studies and simulations to diagnose the indoor environmental conditions in selected polish student residence. Identifying possibilities to improve them.

Case studies selection confirms the relation between: building architectural form, its functional layout and energy demand. It was proven that the synergy between architectural, infrastructural and behavioral solutions is vital to decrease building's energy and water consumption.

The results from theoretical analysis and experimental research allowed to verify the initial hypothesis. It was proven that proecological aspects in student residences are more frequently present in the architectural, not behavioral form. When behavioral features are absent the effectiveness of architectural features is limited. It was also

proven that selected pro-environmental features can be effectively implement in polish student residences.

Results of the research helps to understand the importance and the role of pro-environmental features in both: design and maintenance of student residences. It also underlines the relation between: architecture, functional layout and energy consumption. The knowledge base of proecological solutions in student residences located in temperate climate can be useful for further theoretical work as well as for practitioners – to use during design and refurbishment of student residences.

Podziękowania

Najserdeczniejsze podziękowania chciałabym złożyć na ręce mojego promotora, prof. dr inż. arch. Zbigniewa Bacia, którego cierpliwość i chęć dzielenia się wiedzą oraz doświadczeniem stanowiły inspirację do pracy. Dziękuję zwłaszcza za nasze dyskusje, które niejednokrotnie wskazały mi nowe perspektywy i kierunki działań.

Dziękuję dr Glenowi Hillowi oraz PC Thomasowi za przekazane umiejętności, konstruktywną krytykę oraz wsparcie merytoryczne.

Wyrazy wdzięczności należą się p. Michałowi Skalnemu, dyrektorowi Działu Domów Studenckich Politechniki Wrocławskiej, który zawsze z entuzjazmem odnosił się do moich pomysłów badawczych i aktywnie je wspierał. Dziękuję również pracownikom Działu Domów Studenckich – bez ich zrozumienia i chęci pomocy ta rozprawa nie miałaby szansy powstać w obecnym kształcie.

Dziękuję Kamili Bartos oraz Aleksandrze Woźniak za korektę językową pracy.

Dziękuję Ewie Rogoż oraz osobom związanym z Idea Place za stworzenie miejsca, które codziennie inspirowało mnie do wytężonej pracy oraz przelewania na papier nowych pomysłów.

Dziękuję: Elżbiecie Mokrzejkiej, Wojciechowi Wodo, Kamili Bartos oraz Agnieszce Zagórskiej – za ogrom wsparcia i motywacji w procesie pisania oraz niezachwianą wiarę w moje możliwości.

Chciałabym podziękować również osobom, które pojawiły się na mojej drodze w czasie pisania rozprawy doktorskiej i w różny sposób odcisnęły na niej swój ślad: Katarzynie Kowalczyk, Ilonie Szefer, Jerzemu Łątce, Toktam Bashirzadeh, Mahsan Sadeghi, Alp'owi Durmus oraz Dhey'ii Hussein.