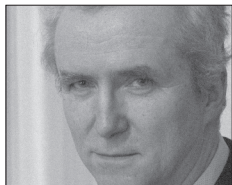


Czerń w architekturze w aspekcie zrównoważonego rozwoju – Część 1.



dr hab. inż. arch.
KRZYSZTOF GERLIC
Politechnika Śląska
Wydział Architektury
ORCID: 0000-0002-6570-4995

Artykuł jest wstępem do badań dotyczących wpływu zastosowania materiałów budowlanych o ciemnych barwach w architekturze. Obecnie projektowanie architektoniczne kieruje się m.in. doktryną zrównoważonego rozwoju. Troska o zmiany klimatyczne zaleca kształtowanie środowiska zbudowanego tak, aby zapewnić najlepsze warunki dla osób przebywających w nim obecnie i w przyszłości. Badania środowiskowe potwierdzają wpływ materiałów budowlanych na mikroklimat przestrzeni zbudowanej i dlatego stanowią inspirację do analizy ich właściwości, a zwłaszcza współczynników odbicia oraz pochłaniania promieniowania słonecznego.

Wprowadzenie

Czerń, jak podaje „Słownik języka polskiego”, to pojęcie nie tylko związane z barwą czy kolorem barwnika, ale również z kolorem ubrań, a przede wszystkim z ciemnością. W kulturze europejskiej czerń kojarzy się ze śmiercią, niebezpieczeństwem i grozą. Jest także elementem elegancji, nowoczesności i tajemniczości. We współczesnej architekturze elementów ciemnych, ciemnoszarych, grafitowych pojawia się naprawdę sporo, chociaż obecnie wypiera je minimalistyczna biel. Jeszcze nie tak dawno hasła „elegancja antracytu” lub „twórz w graficie” zachęcały architektów do wykorzystywania ciemnych materiałów. Autor artykułu pod pojęciem czerni rozumie rodzaj tendencji artystycznej stosowania elementów budowlanych o barwie czarnej lub barwie do niej zbliżonej.

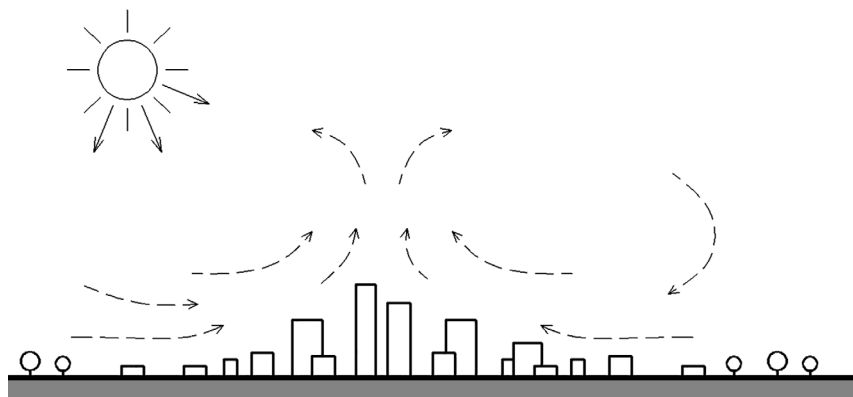
Można wykazać, że w niektórych okresach celowo stosowano czerń w elementach dekoracji lub wystroju wnętrza. W okresie baroku czerń podkreślała ekspresję. Czarne stroje i biżuteria w XIX wieku w Polsce nawiązywały do żałoby narodowej po utracie niepodległości i tragicznych skutkach powstań. Czerń wykorzystywana przez artystów odzwierciedla ich osobowość oraz dodaje tajemniczości. Kojarzona jest również z prestiżem, czego przykładem są wytworne kreacje wieczorowych strojów jako tło dla drogocennej biżuterii. We wnętrzach teatralnych czerń pozwala na wyeksponowanie oświetlonych elementów. W kinie obraz emituje projektor, więc elimina-

cja zewnętrznego oświetlenia jest bardzo ważna. To uzasadnia stosowanie barwy czarnej w określonych miejscach, natomiast wykorzystanie jej w przestrzeni otwartej, w promieniach słonecznych wymaga wyjaśnienia.

Problem badawczy dotyczy pytania o to, jakie są skutki zastosowania ciemnych materiałów w przestrzeni zbudowanej dla środowiska jako pokrycia dachów, elewacji lub nawierzchni? Autor pragnie określić wpływ barwy na mikroklimat. Wydaje się, że niektóre pomysły architektów są negatywnie zinterpretowane przez kolejnych inwestorów, co powoduje podejmowanie decyzji szkodliwych dla środowiska. Nie chodzi w tej sytuacji o pojedyncze elementy lub obiekty, stanowiące kontrast do otaczającej zabudowy, uzasadniony

potrzebami formalnymi. Chodzi o poczucie nadmiaru stosowania ciemnych barw, o poczucie źle rozumianej mody. Może jest to już tylko chęć dorównania innym przez właścicieli obiektów decydujących o pokryciu dachowym lub o kolorze tynku na elewacji.

Aby odpowiedzieć na te pytania, autor przeprowadził badania środowiskowe, podczas których dokonał pomiarów kamerą termowizyjną, określając wpływ barwy materiałów oświetlonych promieniami słonecznymi na temperaturę powierzchni. Do przeprowadzenia prawidłowych pomiarów niezbędne było zebranie informacji na temat właściwości materiałów, a przede wszystkim odbijania i pochłaniania promieniowania słonecznego. Badania zostały przeprowadzone na terenie



Rys. 1. Wyspa ciepła – Urban Heat Island (UHI). Oprac. aut.

Polski, chociaż doświadczenia naukowców z krajów o intensywniejszym promieniowaniu pozwalają przewidzieć skutki. Zebrane zostały informacje na temat wpływu promieniowania słonecznego na klimat i jego zmiany: na klimat całej planety oraz na mikroklimat terenów zurbanizowanych. W kolejnej części autor przedstawił informacje dotyczące właściwości materiałów, związane z odbijaniem lub pochłanianiem i gromadzeniem energii cieplnej. Tabełaryczne wartości pozwalają na porównanie oraz wyróżnienie tych materiałów o największym wpływie.

Środowisko zbudowane

Projektowanie architektoniczne współcześnie kieruje się m.in. doktryną zrównoważonego rozwoju nazywanego także ekorozwojem [1]. Cywilizacja osiągnęła poziom dobrobytu, który jest możliwy do utrzymania i zapewnienia dla przyszłych pokoleń, pod warunkiem odpowiedniego gospodarowania. Model takiej gospodarki zakłada świadomie ukształtowane relacje między wzrostem gospodarczym, dbałością o środowisko oraz jakością życia. Chodzi o poszanowanie nie tylko środowiska przyrodniczego, ale również sztucznego, wytworzonego przez człowieka. Polega to przede wszystkim na walce z ociepleniem klimatu, na ograniczaniu wkładu węglowego i emisji CO₂ oraz na ograniczaniu odpadów na każdym etapie (produkcji, użytkowania i powtórnego przetworzenia).

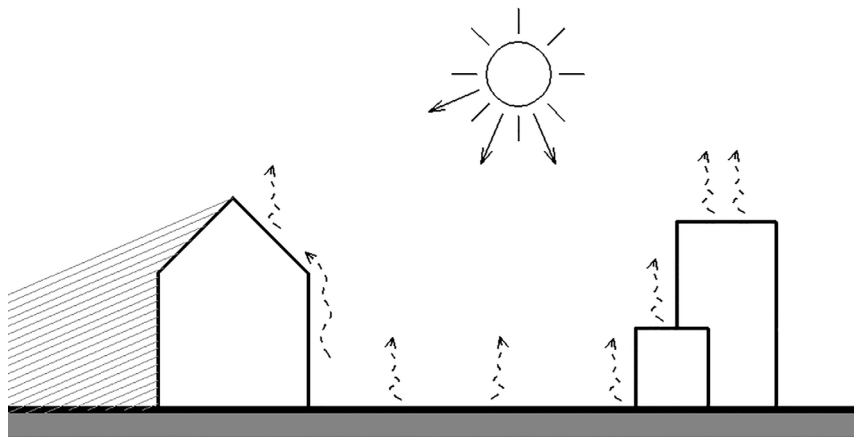
Ilość energii dochodzącej ze Słońca na Ziemię jest tak duża, że powoduje naturalny wzrost temperatury. Walka z ociepleniem klimatu powinna polegać zarówno na ograniczeniu produkcji energii przez eliminację spalania czy wykorzystaniu naturalnych źródeł, jak i na ograniczeniu wpływu promieniowania słonecznego. Promieniowanie to nie tylko widmo widzialne o częstotliwości 380–780 nm, ale również promieniowanie podczerwone o długości powyżej 780 nm niosące sporą energię. Gazy cieplarniane, które częściowo powstają na skutek działalności człowieka, spowalniają proces wypromieniowania energii uwięzionej w atmosferze. Problemem jest zachowanie bilansu na zbliżonym poziomie. W zależności od zachmurzenia, energia promieniowania wynosi: w słoneczny letni dzień ~1000 W/m², przy małym zachmurzeniu ~700 W/m², a przy pełnym zachmurzeniu zaledwie 50 W/m² [2], [3]. Taka sytuacja jest powodem podejmowania prób ograniczenia promieniowania słonecznego, np. przez rozpylanie wysoko nad Ziemią nietoksycznego pyłu węglanu wapnia (CaCO₃), substancji występującej w skałach i pyłe wulkanicznym w ramach projektu Stratospheric Controlled Perturbation Experiment (SCoPEX) [5]. Według innej koncepcji zwiększenie powierzchni odbijającej promieniowanie uzyskuje się przez krystalizację pary wodnej w atmosferze i generowa-

nie chmur – to z kolei projekt organizacji Silver Lining [6]. Bardzo obiecujące jest wykorzystanie natury oraz produkowanie chmur z wody morskiej, ograniczające przede wszystkim pochłanianie energii przez oceany. Badania modelowe szacują, że zwiększenie odbicia światła słonecznego od atmosfery o zaledwie 1% może zrównoważyć podwojenie CO₂ w atmosferze lub równoważność kilku stopni ocieplenia. Rozwiązania te są wielkoskalowe oraz wymagają olbrzymich nakładów. Poza tym dzisiaj nie znamy jeszcze skutków ubocznych takich operacji, chociaż lokalnie stosowane już były np. przez Zjednoczone Emiraty Arabskie przy generowaniu deszczu w Dubaju.

Zmiany klimatu są najbardziej odczuwalne w rejonach mocno zurbanizowanych. Ograniczona roślinność, duże utwardzone powierzchnie oraz brak zbiorników wodnych powodują zmianę mikroklimatu. Rysunek 1 przedstawia przepływ i unoszenie się gorącego powietrza nad zwartą zabudową miejską, gdzie powstają tzw. miejskie wyspy ciepła (Urban Heat Island) [7], [8], [9]. Konieczna jest ich eliminacja lub przynajmniej chłodzenie, aby pomóc przebywającym tam ludziom przetrwać coraz częstsze fale upałów. W Polsce liczba dni upalnych, w których temperatura przekracza 30°C, wzrosła z kilku w latach 60. do kilkunastu [10]. Poprawa mikroklimatu wymaga przede wszystkim zwiększenia ilości zieleni. Najkorzystniej wpływają na otoczenie wysokie, rzucające cień drzewa. W mniejszym stopniu działają trawniki, zielone dachy oraz pojawiające się zielone elewacje. Co prawda nie rzucają one cienia, ale zmniejszają powierzchnie utwardzone, co znacząco obniża temperaturę powietrza. Dużą skutecznością wykazują się jasne materiały budowlane, odbijające promieniowanie lub jasne, otwarte zadaszania [11]. Obniżenie lokalnej temperatury powoduje zmniejszenie ilości potrzebnej energii do chłodzenia budynków, co skutkuje poprawą systemów energetycznych, szczególnie podczas ekstremalnych zjawisk pogodowych. Podczas okresów letnich odnotowuje się największe pobory ener-

gii elektrycznej. Zieleń w postaci terenów nieutwardzonych gromadzi wodę opadową i spowalnia jej spływanie podczas ulewnych deszczy, ograniczając ryzyko powodzi. Prawdopodobnie zaprojektowana przestrzeń miejska oraz dobór materiałów to czynniki obniżające temperaturę i jednocześnie ograniczające transport napędzany paliwami.

Architekci poszukują rozwiązań wykorzystujących promieniowanie słoneczne jako naturalne źródło życia. Istotne jest nie tylko oświetlenie wnętrz czy ograniczenie rozwoju mikroorganizmów, ale również ogrzewanie i chłodzenie. Właściwie zaprojektowany budynek może pochłaniać oraz gromadzić energię cieplną, co jest przewodnim założeniem domów pasywnych. Idea umiejętnego kształtowania budynków i wykorzystania promieniowania nazywana jest Architekturą słoneczną [12]. Dobierając odpowiednią formę, można zabezpieczyć budynek przed niekorzystnym wpływem promieniowania słonecznego, które powoduje nagrzewanie niezacienionych powierzchni. Ciepłe powietrze unosi się w górę, zwłaszcza przy nagrzanej elewacji, tworząc zewnętrzny ciąg kominowy (Rys. 2). Próba naturalnego wietrzenia górnych pomieszczeń, np. przez okna, skutkuje napływem gorącego powietrza do wnętrza. Gorące pokrycie dachowe dodatkowo zwiększa ten efekt w przypadku okien połaciowych. Materiały izolacyjne w przegrodach budowlanych ograniczają straty ciepła w okresie zimowym oraz chronią przed zbytnim nagrzewaniem wnętrza w okresie letnim. Przesadne stosowanie dużych powierzchni szklanych z kolei często nie chroni przed przenikaniem promieniowania cieplnego. Użycie szkła niskoemisyjnego nie jest powszechne, a na pewno droższe od zastosowania szkła tradycyjnego. Ochłodzenie wnętrza wymaga zużycia prawie dwa razy większej ilości energii niż jego ogrzanie. Dlatego pobór energii elektrycznej w okresie letnim jest tak duży. Działanie klimatyzacji polega niestety na pobraniu energii cieplnej z wnętrza i oddaniu jej na zewnątrz.



Rys. 2. Nagrzewanie podłoża, elewacji i pokryć dachowych. Oprac. aut.

Tabela 1. Źródło: [13], [14]

Albedo materiałów

Rodzaj powierzchni	Albedo
Świeży śnieg	0,75 – 0,95
Pustynia piaszczysta	0,25 – 0,30
Suchy beton	0,17 – 0,27
Łąka zielona	0,10 – 0,20
Las iglasty i liściasty	0,10 – 0,20
Woda w morzu	~0,06
Asfalt, czarna nawierzchnia dróg	0,05 – 0,10

Właściwości materiałów

Przykładami naturalnych materiałów o barwie zbliżonej do czarnej są skały wulkaniczne, np. bazalt. Zawierają one dużą ilość węgla (grafit, antracyt) lub tlenków żelaza. Stosowane w budownictwie materiały są często konglomeratami różnych minerałów lub są pokrywane specjalnymi powłokami nadającymi im określoną barwę. Dobór materiałów, z których wykonuje się ściany, dachy, a także chodniki i drogi, zależy od projektantów lub inwestorów. Decyzja o wyborze materiału jest podejmowana nie tylko na podstawie ich wytrzymałości, funkcjonalności i trwałości, ale również ze względów estetycznych. Materiały współpracują z formą obiektu i jego otoczeniem, tworząc kompozycje graficzne. Wizualne właściwości danego materiału, takie jak barwa, połysk, faktura, przezroczystość są istotne nie tylko dla obserwatora, ale również dla środowiska. Barwa materiału to zdolność odbijania fal elektromagnetycznych o określonej częstotliwości. Biel to zdolność odbijania wszystkich widzialnych fal, a czerń to całkowity brak zdolności odbijania, czyli pochłanianie energii promieniowania. Właściwość

ta jest wyrażana współczynnikiem odbicia promieniowania¹ lub albedo² [13]. Wartość 1 oznacza całkowite odbicie promieniowania, a wartość 0 całkowite pochłanianie, czyli ciało doskonale czarne. Średnia wartość albedo dla Ziemi wynosi 0,367, lokalnie zależy natomiast od rodzaju podłoża, pokrywy chmur, pokrywy śnieżnej oraz stanu roślinności. Powyżej przykładowe wartości.

Promieniowanie najlepiej odbija świeży biały śnieg, a najgorzej ciemna nawierzchnia asfaltowa. Odbijanie powoduje, że pokryte śniegiem elementy prawie nie zmieniają temperatury. Natomiast ciemny, częściowo ośnieżony dach bardzo szybko się nagrzewa, a woda spływa po nim w rejonach o ujemnej temperaturze i tak powstają nawisy lodowe. Brak pokrywy lodowej powoduje również, że woda oceaniczna pochłania prawie całą energię promieniowania, co przyspiesza efekt ocieplenia klimatu. Mimo że beton odbija prawie dwukrotnie lepiej niż asfalt, to skutki są mocno odczuwalne przez ludzi. Okazuje się, że trawa, drzewa liściaste oraz iglaste mają podobną wartość albedo. Co prawda pochłaniają część promieniowania, ale

wykorzystują je do wzrostu, przy okazji pochłaniając dwutlenek węgla lub wypromieniowując.

Jednym z pomysłów na poprawę mikroklimatu na terenach zurbanizowanych jest mało znana w Polsce idea „chłodnych dachów” (*cool roofs*). To walka z ciemnymi pokryciami (ciemną papą lub blachą) na korzyść jasnych, białych membran dachowych [16], [17], [18]. Opracowania naukowców potwierdzają, że można obniżyć temperaturę pokrycia dachowego nawet o 40°C (z 70° do 30°). Badania wskazują, że odbicie promieniowania od powłoki dachowej zwiększa nawet skuteczność ogniw fotowoltaicznych. Największe korzyści uzyskuje się w przypadku dachów wielkopowierzchniowych. Zgodnie z tą ideą, zmieniane są pokrycia na jaśniejsze, a nawet tradycyjne dachówki są natryskiwane jaśniejszymi powłokami.

Podobnym pomysłem jest idea „chłodnych nawierzchni” (*cool pavements*), czyli zastosowania jasnych materiałów jako nawierzchni dróg, chodników i placów [13]. Jest to przeciwieństwo wyróżniania ciemno-grafitową kostką miejsc postojowych lub ścieżek rowerowych.

Poza odbijaniem oraz pochłanianiem promieniowania [19] istotna jest również zdolność gromadzenia, przewodzenia czy wypromieniowywania energii cieplnej danego materiału. Niektóre materiały mimo tego, że pochłaniają energię, szybko ją wypromieniowują lub przewodzą w rejonach, gdzie panuje niższa temperatura. Inne materiały potrafią natomiast przez wiele godzin utrzymywać wysoką temperaturę. Zdolność materiałów do pochłaniania oraz gromadzenia energii wykorzystuje się w budynkach pasywnych. Przykładem może być układ materiałów tworzących ścianę Trombe’a (Rys. 3).

Iloczyn ciepła właściwego oraz gęstości materiału jest objętościową pojemnością cieplną. W tabeli 3. największą pojemność ma woda i dlatego wszelkie akweny wodne wywołują utrzymywanie temperatury powietrza. Dużo ciepła gromadzi również stal, ale ją stosuje się w postaci blach o małej objętości, a poza tym ma ona największą przewodność oraz najszybciej przekazuje ciepło innym materiałom. Kolejną grupę materiałów stanowią: bazalt, granit i beton. Stosowane są niestety w postaci grubych, pełnych elementów, co powoduje gromadzenie dużej ilości energii cieplnej i jest najbardziej zauważalne. W dodatku zamiana płyt betonowych na bardziej szlachetny granit lub ciemniejszy bazalt wyraźnie zwiększa pojemność cieplną podłoża.

Tabela 2. Porównanie skutków odbitego promieniowania słonecznego. Źródło [18]

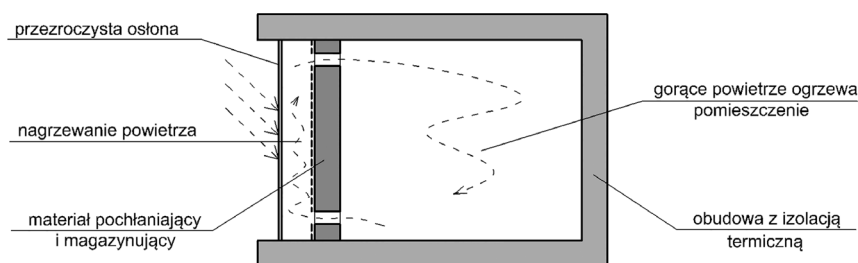
	Czarny dach	Biały dach
Temperatura pokrycia	80°C	44°C
Ogrzanie atmosfery	38%	10%
Ogrzanie powietrza w mieście	52%	8%
Promieniowanie odbite	5%	80%
Ogrzanie budynku	4,5%	1,5%

Tabela 3. Właściwości cieplne materiałów. Źródło: [19], [20]

Materiał	Ciepło właściwe [J/(kg·K)]	Przewodność cieplna [W/(m·K)]	Gęstość [kg/m ³]	Objętościowa pojemność cieplna [J/m ³ ·K]
Asfalt	920	1,00	2 100	1 932
Bazalt	1 000	3,50	2 900	2 900
Beton	840	1,70	2 500	2 100
Drewno sosnowe	2 510	0,20	550	1 380
Granit	920	2,80	2 700	2 484
Mur ceglany	880	0,77	1 800	1 584
Stal budowlana	450	50,00	7 800	3 500
Styropian	1 460	0,04	20	29
Szkoło okienne	840	0,80	2 500	2 100
Powietrze	1 008	0,02	1,2	1
Woda	4 190	0,60	1 000	4 190

¹ Wartość dotyczy promieniowania widzialnego.

² „Albedo (łac. białosc) – stosunek ilości promieniowania odbitego do padającego. Jest parametrem określającym zdolność odbijania promieni przez daną powierzchnię” [Wikipedia]. Wartość dotyczy promieniowania całkowitego, razem z niewidzialnym (podczerwonym i nadfioletowym).



Rys. 3. Schemat ściany Trombe'a – pasywne pozyskiwanie energii. Oprac. aut.

Ilość energii pochłanianej zależy od kąta padania promieniowania, orientacji danej powierzchni względem stron świata i czasu ekspozycji. Trudne jest porównywanie poszczególnych materiałów oraz przypadków występujących w obiektach architektonicznych. Nawet cień rzucony przez sąsiedni budynek obniża temperaturę ściany lub dachu.

Podsumowanie

Energia promieniowania słonecznego jest wykorzystywana do oświetlenia, ogrzewania pomieszczeń oraz do produkcji energii elektrycznej. W pozostałych przypadkach powinna być odbijana, ze względu na zmiany klimatyczne. Zastosowanie materiałów pochłaniających promieniowanie skutkuje niepotrzebnym gromadzeniem energii, powodującym rozregulowywanie ekosystemu całej planety. Oczywiście te skutki są zbyt odległe i niedostrzegalne w określonym miejscu, ale całkowite pomijanie tych zagadnień jest nieuczciwe. Zwłaszcza że projektanci często chwala się ekologicznymi rozwiązaniami.

Zapewnienie prawidłowego mikroklimatu może odbywać się przez przemyślane kształtowanie środowiska, tworzenie terenów zieleni oraz akwenów wodnych. W obszarach śródmiejskich o zwartej zabudowie nie powinno się przynajmniej wykorzystywać materiałów pochłaniających i gromadzących promieniowanie. Dotyczy to zarówno nawierzchni oraz pokryć, jak i powierzchni bocznych czy elewacji. W niektórych przypadkach są one bowiem nawet bardziej wystawione na promieniowanie, a w zwartej zabudowie mają większą powierzchnię niż nawierzchnie dróg oraz chodników.

Ruchy społeczne walczą z wycinką drzew, z masowym utwardzaniem placów i skwerów kostką, czyli z tzw. „betonozą”. Krytykowana kiedyś kostka Bauma po latach traciła kolor, natomiast stosowane obecnie kostki ze szlachetnego granitu mają dużo większą pojemność cieplną, a efekt ten potęguje bazalt oraz ciemne odcienie granitu.

Ściana Trombe'a została przedstawiona jako przykład wykorzystania energii promieniowania w budynkach pasywnych. Malowanie ścian przy tarasie, loggii lub innej półotwartej przestrzeni na czarny kolor sprawia, że w promieniach słonecznych szybko wzrasta tem-

peratura, a przebywanie w tych miejscach przestaje być przyjemnością.

Przedstawione dane wskazują na przyczyny wysokiej temperatury w przestrzeni zurbanizowanej. To od architekta zależy dobór materiałów, ich barwa oraz ukształtowanie tak, aby w prawidłowy sposób gromadziły lub ostaniały przed energią promieniowania słonecznego. Projektowanie z pewnością nie może sprowadzać się do powielania modnych wzorców. Niektóre rozwiązania są powtarzane bez kontekstu, a właściciele posesji brukuja sobie bezmyślnie ogrody. Wydaje się, że brakuje akcji edukacyjnych przedstawiających dobre przykłady. Architekt powinien więc nie tylko kształtować przestrzeń, ale również wpływać pozytywnie na świadomość społeczną.

Bibliografia

- [1] Lucjan Kamionka, Architektura w środowisku zrównoważonym, Problemy Ekologii 2010 r. 14, nr 2, s. 61-65. (http://www.bg_utp.edu.pl/artpe1-32010kamionka.pdf, dostęp 28.07.2021).
- [2] Dorota Matuszko, Wpływ zachmurzenia na usłonecznienie i całkowite promieniowanie słoneczne, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 2009.
- [3] Magdalena Budziszewska, Aleksandra Kardaś, Zbigniew Bohdanowicz, Klimatyczne ABC. Interdyscyplinarne podstawy współczesnej wiedzy o zmianie klimatu, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2021.
- [4] Roman Korab, Energetyka słoneczna sposobem na zwiększenie udziału źródeł odnawialnych w pokrywoaniu potrzeb energetycznych budynków, Energetyka nr 2/2014.
- [5] SCOPEx: Stratospheric Controlled Perturbation Experiment (<https://www.keutschgroup.com/scopex>, dostęp 26.07.2021)
- [6] Climate intervention (<https://www.silverlining.ngo/climate-intervention>, dostęp 26.07.2021)
- [7] Krzysztof Błażejczyk, Magdalena Kuchcik, Paweł Milewski, Wojciech Dudek, Beata Kręćsz, Anna Błażejczyk, Jakub Szmyd, Bożena Degórska, Cezary Palczyński, Miejska wyspa ciepła w Warszawie, Polska Akademia Nauk, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyńskiego. [8] <https://www.epa.gov/heat-islands/climate-change-and-heat-islands>
- [9] Anna Kalinowska, Miasto idealne – miasto zrównoważone. Planowanie przestrzenne terenów zurbanizowanych i jego wpływ na ograniczenie skutków zmian klimatu, Uniwersyteckie Centrum Badań nad Środowiskiem Przyrodniczym i Zrównoważonym Rozwojem, Uniwersytet Warszawski, Warszawa 2015.
- [10] Piotr Djakow, Zmiana klimatu w Polsce na mapkach. <https://naukaoklimacie.pl/aktualnosci/zmiana-klimatu-w-polsce-na-mapkach-468/>, dostęp 30.11.2021.
- [11] Krzysztof Gerlic, The membrane roof effect on the microclimate of open space of a mall in Katowice, [in] Lightweight structures in civil engineering. Contemporary problems. Monograph from Scientific Conference of IASS Polish Chapters. XX LSCE 2014, Micro-Publisher-Consultant-Project Jan B. Obrębski, Warsaw 2014, s. 80-86.
- [12] Stanisława Wehle-Strzelecka, Wykorzystanie odnawialnej energii słonecznej w architekturze – geniza i rozwój, Czasopismo techniczne, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, z. 3-A/2007, s. 287-297.
- [13] Michael E. Hulley, The urban heat island effect: Causes and potential solutions [in] Metropolitan Sustainability, 2012.
- [14] <http://pl.wikipedia.org/wiki/Albedo>, dostęp 15.09.2021.

- [15] Hui Li, Reflective Pavements and Albedo in Pavement Materials for Heat Island Mitigation, 2016 (<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/albedo>, dostęp 22.07.2021)
- [16] H. Kuczyńska, K. Bortel, E. Kamińska-Tarnawska, E. Langer, W. Romaniuk, M. Majchrzak, K. Borek, K. Mazur, W. Wardal, Zimne dachy – ekonomiczne i ekologiczne rozwiązanie doboru pokryć dachowych, Farby i lakiery, 1/2016, s. 3-10.
- [17] Cool Roofs In Europe. Initiatives a. Examples.: www.cool-roofs-eu.eu
- [18] Sherry Hao, Jessica Clark, Celeste Allen Novak, Sarah Van Mantgem, Cool Roofing. Architectural Record 05/2011, <https://continuingeducation.bnppmedia.com/courses/cool-roof-rating-council/cool-roofs-for-hot-projects/3/>.
- [19] Daniel Overbey, The Difference Between Reflectance and Emittance (<https://www.buildingclosureonline.com/blogs/14-the-be-blog/post/85546-the-difference-between-reflectance-and-emittance>, dostęp 5.08.2021).
- [20] Zestawienie parametrów fizycznych materiałów / wyrobów budowlanych wg PN-EN ISO 12524:2003, PN-EN ISO 6946:1999 i PN-91/B-02020.

DOI: 10.5604/01.3001.0015.7469

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA
Gerlic Krzysztof, 2022, Czerń w architekturze w aspekcie zrównoważonego rozwoju – Część 1, „Builder”, 3 (296). DOI: 10.5604/01.3001.0015.7469

Streszczenie: Artykuł jest wprowadzeniem do badań dotyczących wpływu zastosowania materiałów budowlanych o ciemnych barwach w architekturze. Obecnie projektowanie architektoniczne kieruje się m.in. doktryną zrównoważonego rozwoju. Troska o zmiany klimatyczne zaleca kształtowanie środowiska zbudowanego tak, aby zapewnić najlepsze warunki dla osób przebywających w nim obecnie i w przyszłości. Badania środowiskowe potwierdzają wpływ materiałów budowlanych na mikroklimat przestrzeni zbudowanej i dlatego stanowią inspirację do analizy ich właściwości, a zwłaszcza współczynników odbicia i pochłaniania promieniowania słonecznego. Istotne jest również, dlaczego podejmowane są decyzje o stosowaniu bardzo ciemnych materiałów. Czy kreacja twórcy może to pomijać?

Słowa kluczowe: projektowanie architektoniczne, zrównoważony rozwój, chłodne dachy, chłodne nawierzchnie, albedo

Abstract: BLACK IN ARCHITECTURE IN THE ASPECT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT – PART 1. The article is an introduction to research on the influence of the use of dark-colored building materials in architecture. Currently, architectural design is guided, among others, by the doctrine of sustainable development. Concern for climate change recommends shaping the built environment to provide the best conditions for people living now and in the future. Environmental research confirms the influence of building materials on the microclimate of the built space, hence the analysis of their properties, in particular the reflectivity and absorption of solar radiation. It is also important why decisions are made to use very dark materials. Can the designer creation skip this?

Keywords: architectural design, sustainable development, cool roofs, cool pavements, albedo