

Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences (2019), 28 (2), 268–277
Sci. Rev. Eng. Env. Sci. (2019), 28 (2)
Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska (2019), 28 (2), 268–277
Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. (2019), 28 (2)
<http://iks.pn.sggw.pl>
DOI 10.22630/PNIKS.2019.28.2.25

Ryszard DACHOWSKI, Lucjan W. KAMIONKA, Katarzyna GAŁEK

Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Świętokrzyska
Faculty of Civil Engineering and Architecture, Kielce University of Technology

Niekonwencjonalne materiały budowlane w ujęciu biplotowym

Unconventional buildings materials in biplot context

Słowa kluczowe: zrównoważony rozwój, niekonwencjonalne materiały budowlane, cegła z masy papierowej

Key words: sustainable development, unconventional buildings materials, paper brick

Wprowadzenie

Współcześnie, w dobie zagrożonego środowiska naturalnego coraz śmielej prowadzona jest polityka zrównoważonego rozwoju. W trosce o naturalne środowisko projektanci do wykonania nowych obiektów coraz częściej wybierają materiały tzw. ekologiczne. Niekonwencjonalne materiały budowlane są wykonane z ograniczeniem surowców, które generują ogromne ilości energii. Materiały budowlane powstają z odpadów, surowców odnawialnych i roślin, są biodegradowalne, a niektóre z nich nadają się do ponownego użycia, bądź spalane są jako naturalne biopaliwo (Kadir i Mohajerani, 2011). Niekonwen-

cyjonalne materiały budowlane ściennie, wykorzystywane przy budowie małych domów jednorodzinnych oraz małych domów w zabudowie szeregowej, stworzone są z surowców naturalnych, takich jak: glina, słoma, konopie, grzyby, oraz surowców z recyklingu, takich jak: tworzywa sztuczne, odpady szklane, makulatura (Rutkowska i Beba, 2006; Golański, 2012; Zegardło i in., 2019).

Glina jest materiałem najbardziej popularnym. Najczęściej stosowana jest jako zewnętrzny i wewnętrzny tynk oraz jako cegła niewypalona. Jest ognioodpornym, łatwym w wydobyciu i kształtowaniu, ogólnodostępnym, tradycyjnym materiałem. Niestety niektórym kojarzy się z przestarzałym budownictwem i „lepiankami”. Cegła gliniana niewypalana reguluje wilgotność wewnątrz pomieszczeń, stwarza mikroklimat (polecana dla alergików) i neutralizuje niepożądane zapachy (Backiel-Brzozowska, 2014). Po wyburzeniu budynku z gliny odzy-

skany materiał nadaje się do ponownego użycia. Proces produkcji cegieł z gliny niewypalanej jest niskoenergetyczny. Gliniana cegła dzięki dość dużej gęstości objętościowej (ok. $300 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$) osiąga izolacyjność akustyczną na dość dobrym poziomie. Wadą wyrobów z gliny jest mała odporność na działanie wody i stosunkowo mała wytrzymałość na ściskanie ($0,1\text{--}0,2 \text{ MPa}$) (Golański, 2012).

Słoma stosowana jest jako izolacja ścian w formie sprasowanych kostek. Ze względu na biologiczne pochodzenie ulega rozkładowi, jednak przez odpowiednią wentylację i zabezpieczenie można zapewnić jej znaczną trwałość. Słoma stosowana jest również jako materiał do pokrycia dachów (tzw. strzecha) oraz jako budulec ścian (słomiane cegły). Jest odpadem z produkcji zbóż, produktem biodegradowalnym. Słomiana cegła charakteryzuje się dobrą przewodnością cieplną ($\lambda = 0,06 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$), ma niewielką wytrzymałość na ściskanie (ok. $0,35 \text{ MPa}$), przez co nie nadaje się do przenoszenia większych obciążeń bez dodatkowych wzmocnień. Słomiany materiał ścienny nie jest odporny na działanie wody (Golański, 2012; Baczek-Brzozowska, 2014; Kraszkiewicz, Kachel-Jakubowska, Zaklika, Wojdański i Mruk, 2017).

Konopie w budownictwie są używane w formie sprasowanych kostek lub plastycznej masy wytworzonej z konopi, wapna, cementu oraz wody. W ten sposób powstaje biodegradowalny i ognioodporny materiał o stosunkowo małej przewodności cieplnej ($\lambda = 0,08 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$). Cegły z dodatkiem konopnym zapewniają odpowiedni mikroklimat oraz regulują ilość wilgoci w pomieszczeniu. Osiągają wytrzymałość na ściskanie ok.

$0,1\text{--}0,2 \text{ MPa}$ (Golański, 2012). Dzięki gęstości objętościowej na poziomie $300 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ są materiałem akustycznym. W porównaniu z wcześniej wymienionymi materiałami po odpowiednim zabezpieczeniu są dość odporne na działanie wilgoci (Murphy, Pavia i Walker, 2010; Moussa i in., 2018).

Cegła organiczna Hy-Fi powstaje z elementów tworzonych z odpadów rolniczych, których spoiwem są grzyby (*Fungi*). Utworzona struktura organiczna może być dowolnie formowana. Jest odporna na wilgoć i na działanie promieniowania słonecznego. Cegła organiczna z grzybnią jest ognioodpornym, biodegradowalnym materiałem. Ze względu na małą wytrzymałość na ściskanie (ok. $0,02 \text{ MPa}$) nie nadaje się do budowy domów (Ednie-Brown, 2013; Boyer, 2017).

Do materiałów budowlanych wykorzystujących tworzywa sztuczne należy ByFusion. Są to cegły wytworzone z użyciem różnorodnych śmieci i odpadów z tworzyw sztucznych. Materiał ten znajdzie zastosowanie w obiektach budowlanych, gdzie nie wymagane jest przenoszenie dużych obciążeń, np. w ogrodzeniach czy obiektach małej architektury (Datson, 2009; DiStasio, 2016).

World bottle system jest tworzony z odpadów w formie szklanych prostokątnych butelek odpowiednio łączonych ze sobą, które po połączeniu tworzą ścianę. Tego typu wyroby mają znaczną wytrzymałością na ściskanie i dobrą izolacyjnością termiczną.

Do niekonwencjonalnych wyrobów wykorzystujących makulaturę należą newspaper wood oraz cegła z masy papierowej. Newspaper wood to elemen-

ty produkowane z klejonych pod ciśnieniem arkuszy papieru/gazet (Sutcu i Akkurt, 2009). Wyglądem przypominają drewno. Cegła z masy papierowej ma dobrą w porównaniu z omówionymi materiałami wytrzymałość na ściskanie (1,0–1,2 MPa). Przewodność cieplną tego typu cegła osiąga na poziomie $0,08 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Roczna produkcja papieru w Polsce wynosi ok. 4,3 mln t. Papier może być poddawany recyklingowi i ok. 90% masy papierowej można wykorzystać ponownie. W Polsce ok. 42% papieru poddaje się recyklingowi, czyli rocznie nie wykorzystuje się ok. 2,5 mln t masy papierowej. Przedstawione dane dowodzą dużego potencjału produkcji newspaper wood oraz cegły z masy papierowej w warunkach polskiego rynku niekonwencjonalnych materiałów budowlanych.

Celem artykułu jest wybór optymalnego niekonwencjonalnego materiału ściennego do budowy domku jednorodzinnego, który spełni następujące kryteria: wytrzymałość na ściskanie, przewodność cieplna, izolacyjność akustyczna, zrównoważony rozwój oraz odporność na wodę i wilgoć.

Metodyka

Wielokryterialne metody wspomagania procesu decyzyjnego ułatwiają szybkie wskazanie optymalnego rozwiązania spośród wielu wariantów decyzyjnych. Metody wielokryterialne zmniejszają ryzyko towarzyszące wyborowi. Problemy decyzyjne najczęściej uwzględniają wiele kryteriów, rzadziej jedno. Analizy wspomagające proces decyzyjny nacechowane są preferencjami decydenta, co sprawia, że ocena jest subiektyw-

na (Trzaskalik, 2014; Nermend, 2017). Podejmowanie decyzji rozpoczyna się w momencie rozpoznania i sformułowania problemu decyzyjnego, co poprzedza dokładna analiza środowiska problemu. Kolejno wybierane są i zostają charakteryzowane warianty, spośród których tylko jeden zostaje wytypowany w etapie końcowym. Na podstawie analizy wariantów decyzyjnych formułowane są jednolite kryteria, które ułatwią ocenę dobranych wcześniej przypadków. Kryteriów powinno być od 2 do 7. Efektywna analiza w przeważającej liczbie zawiera kryteria z grupy ilościowej. Do każdego z kryterium przyporządkowywana jest waga. O istotności danego kryterium świadczy przypisana mu waga – im ważniejsze kryterium, tym większa waga. Suma wag powinna zawierać się w jedności (1,00). Następnie ocenia się rozwiązania wybrane do analizy według zdefiniowanych kryteriów za pomocą jednej z wybranych metod wspomaganie procesu decyzyjnego (Sagan, 2004; Gicala i Sobotka, 2017). Ostatnim etapem jest wdrożenie i ocena skutków przeprowadzonej analizy (Szafranko, 2017a; Szafranko, 2017b; Harasymiuk, Szafranko i Pawłowicz, 2018).

Metoda biplot, narzędzie analizy wielowymiarowej, ułatwia proces decyzyjny poprzez wskazanie zależności między kryteriami a rozwiązaniami materiałowymi. Procedura metody jest analogiczna do wielokryterialnych metod wspomaganie procesu decyzyjnego. Analiza biplot umożliwia graficzną interpretację uzyskanych wyników. Mapa typu biplot składa się z mapy zmiennych oraz przypadków, które są nakładane na siebie, w celu ułatwienia analizy i odczytania powstałych zależności.

Wyniki

Po przeprowadzeniu krytycznej analizy literaturowej jako przypadki do analizy wybrano: cegły konopne, cegły słomiane, cegły gliniane, cegły z masy papierowej.

Do dalszej analizy materiałów niekonwencjonalnych wybrano tylko te, z których możliwe jest wykonanie domu jednorodzinnego. Kryteria, które posłużyły do oceny materiałów niekonwencjonalnych ściennych, były następujące: wytrzymałość na ściskanie, przewodność cieplna, izolacyjność akustyczna, zrównoważony rozwój, odporność na wodę i wilgoć.

Kryterium zrównoważony rozwój uwzględniało stosowanie materiałów budowlanych produkowanych przy utrzymaniu równowagi między środowiskiem, ekonomią a społeczeństwem. Kryterium odnosiło się do ograniczenia zużycia zasobów odnawialnych i ograniczenia emisji zanieczyszczeń oraz do promowania recyklingu.

Do każdego z kryteriów została przydzielona waga, która określała stopień jego istotności i wpływ na końcowy wynik analizy. Przydzielono następujące wagi: wytrzymałość na ściskanie – 0,25; przewodność cieplna – 0,25; izolacyjność akustyczna – 0,20; zrównoważony rozwój – 0,20; odporność na wodę i wilgoć – 0,10. Oceny rozwiązań niekonwencjonalnych materiałów budowlanych ściennych zawierały się w przedziale 1–5, gdzie wartość 5 oznaczała najkorzystniejszą ocenę, a 1 niekorzystną (tab. 1). Oceny zostały przemnożone przez wagi (tab. 2).

W kolejnych procedurach analizy zawarto normalizację danych zgodnie z założeniami metody CDA. Wyniki analizy prezentują rysunki wygenerowane w programie Statistica. Rysunki 1 i 2 zostały na siebie nałożone w celu wskazania zależności kryterium – przypadek, czego skutkiem jest rysunek 3.

Mapa typu biplot umożliwia graficzne zinterpretowanie uzyskanych wyników (rys. 3). Można z niej odczytać

TABELA 1. Oceny wybranych do analizy rozwiązań
TABLE 1. Evaluations of solutions selected for the analysis

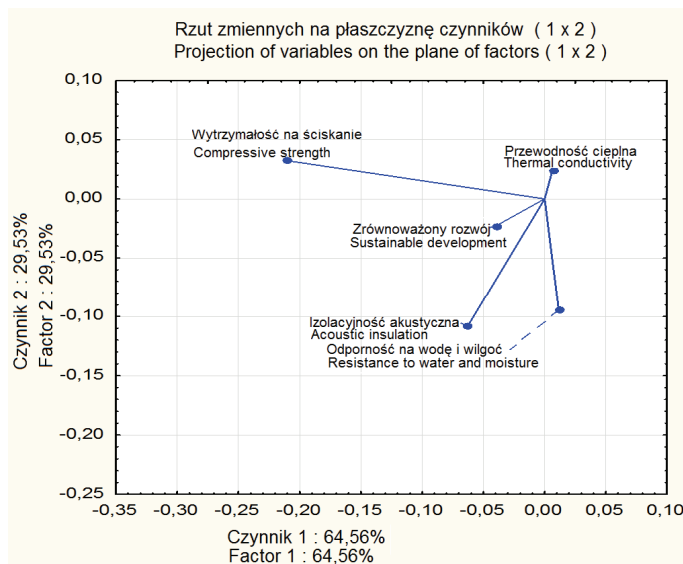
| Kryterium Criterion | Cegła konopna Hemp brick | Cegła słomiana Straw brick | Cegła gliniana Clay brick | Cegła z masy papierowej Paper brick |
|--|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---|
| Wytrzymałość na ściskanie Compressive strength | 1 | 2 | 1 | 5 |
| Przewodność cieplna Thermal conductivity | 4 | 5 | 4 | 4 |
| Izolacyjność akustyczna Acoustic insulation | 4 | 1 | 4 | 5 |
| Zrównoważony rozwój Sustainable development | 3 | 3 | 5 | 5 |
| Odporność na wodę i wilgoć Resistance to water and moisture | 3 | 1 | 2 | 2 |

TABELA 2. Oceny wybranych do analizy rozwiązań po uwzględnieniu wag
 TABLE 2. Evaluations of solutions selected for analysis after weighting

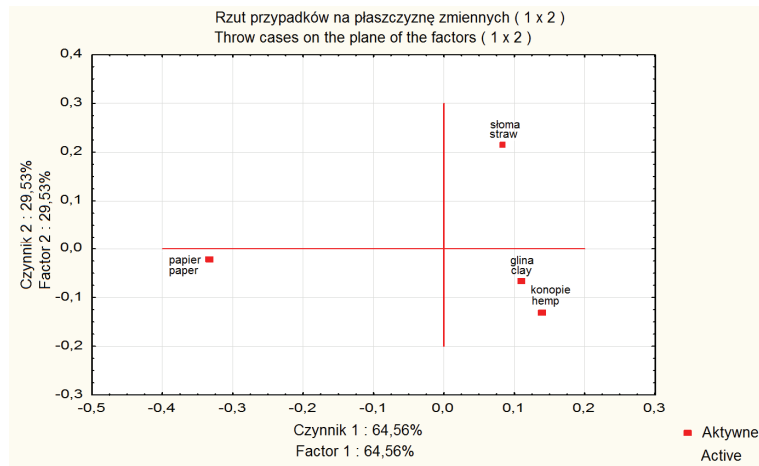
| Kryterium Criterion | Cegła konopna Hemp brick | Cegła słomiana Straw brick | Cegła gliniana Clay brick | Cegła z masy papierowej Paper brick |
|--|--------------------------------|----------------------------------|------------------------------|---|
| Wytrzymałość na ściskanie Compressive strength | 0,25 | 0,50 | 0,25 | 1,25 |
| Przewodność cieplna Thermal conductivity | 1,00 | 1,25 | 1,00 | 1,00 |
| Izolacyjność akustyczna Acoustic insulation | 0,80 | 0,20 | 0,80 | 1,00 |
| Zrównoważony rozwój Sustainable development | 0,60 | 0,60 | 1,00 | 1,00 |
| Odporność na wodę i wilgoć Resistance to water and moisture | 0,30 | 0,10 | 0,20 | 0,20 |

zależności między czynnikami: izolacyjnością akustyczną, zrównoważonym rozwojem a cegłą z masy papierowej. Cegła z masy papierowej uzyskała największą wytrzymałość na ściskanie spośród analizowanych materiałów. Cegła ze słomy charakteryzowała się najkorzystniejszą

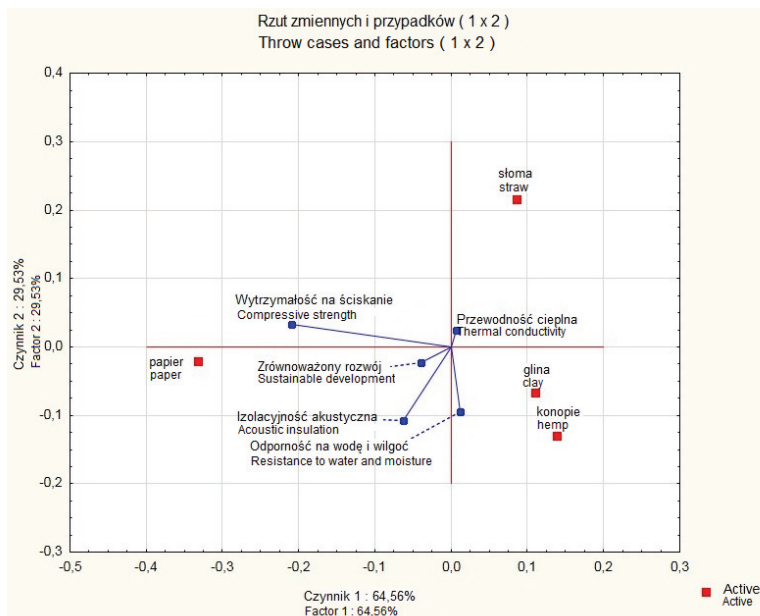
przewodnością cieplną. Cegła wykonana z gliny osiągnęła dobrą izolacyjność akustyczną oraz spełniła wymogi stawiane materiałom budowlanym w myśl polityki zrównoważonego rozwoju. Cegła konopna była najbardziej odporna na działanie wody i wilgoć. Dodatkowo in-



RYSUNEK 1. Rzut zmiennych na płaszczyznę czynników (opracowanie własne)
 FIGURE 1. Projection of variables on the plane of factors (own study)



RYSUNEK 2. Rzut przypadków na płaszczyznę zmiennych (opracowanie własne)
 FIGURE 2. Throw cases on the plane of the factors (own study)



RYSUNEK 3. Scalona mapa biplot (opracowanie własne)
 FIGURE 3. Connected biplot map (own study)

terpretując mapę typu biplot, za najistotniejsze kryterium uznano wytrzymałość na ściskanie (64% całkowitej wariancji).

Przeprowadzona analiza pozwoliła stwierdzić, że najkorzystniejszym rozwią-

zaniem materiałowym spośród niekonwencjonalnych materiałów budowlanych ściennych okazała się cegła z masy papierowej. Dla najkorzystniejszego rozwiązania zaprojektowano budynek mieszkalny.

Dyskusja

W zaprojektowanym domu mieszkalnym (zabudowa szeregowa z małymi mieszkaniami) z elementów z masy papierowej zaprojektowano poszczególne elementy konstrukcyjne budynku z materiałów niezbędnych dla pełnego bezpiecznego funkcjonowania obiektu.

Na rysunkach 4 i 5 pokazano rzut mieszkań typu A (mniejsze) oraz ich widok aksonometryczny. Na rysunku 6 przedstawiono przykładowy fragment zabudowy mieszkaniowej.

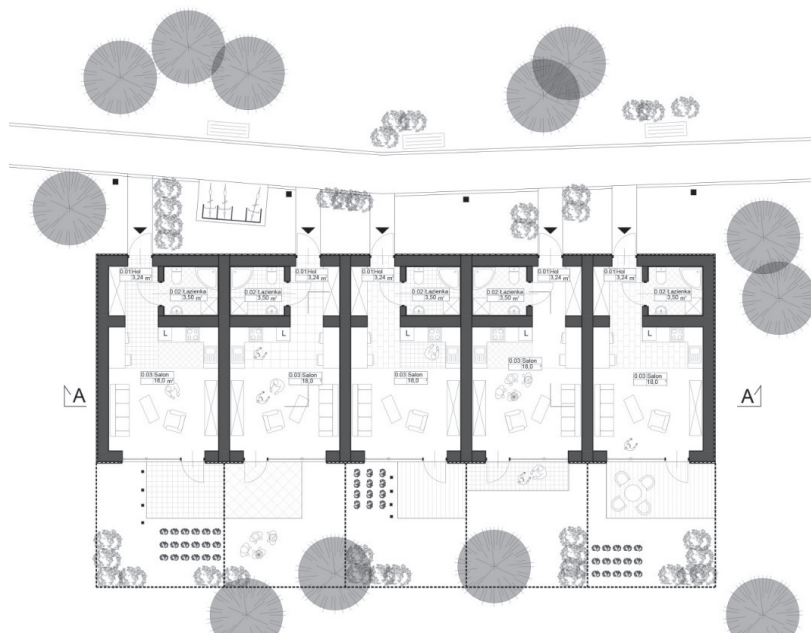
Fundament budynku stanowi płyta betonowa ocieplona elementami z masy papierowej, elementy nośne w stropodachach tworzą zabezpieczone preparatami belki drewniane, nadproża są żelbetowe, ocieplone elementami z masy papierowej. Dla zapewnienia izolacyjności prze-

ciwilgociowej budynku przewidziano stosowanie papy termozgrzewalnej. Na zewnętrznej stronie płyty elewacyjnej utworzonej z masy papierowej zastosowano natrysk z żywicy silikonowej dla ochrony wnętrza przed wilgocią. W funkcjonowaniu proekologicznego budynku należy wykorzystać niekonwencjonalne źródła energii słonecznej (fotowoltaikę) i pompy ciepła. Woda deszczowa powinna być zbierana w pojemniki i wykorzystywana do prac ogrodniczych (nawadnianie zieleni).

Wnioski

Po przeprowadzeniu analizy stwierdzono, co następuje.

Krytyczna analiza literaturowa wytyczyła rozwiązania materiałowe oraz



RYSUNEK 4. Rzut przyziemia budynku typu A z mniejszymi mieszkaniami (opracowanie własne)
FIGURE 4. Ground-level projection of type A building with smaller apartments (own study)



RYSUNEK 5. Widok aksonometryczny budynku z mieszkaniami typu A – mniejszymi (opracowanie własne)

FIGURE 5. Axonometric view of a building with type A apartments – smaller (own study)



RYSUNEK 6. Fragment osiedla mieszkaniowego z elementów masy makulaturowej (opracowanie własne)

FIGURE 6. Fragment of a housing estate with elements of recycled weight (own study)

podległe im jednolite kryteria dla oceny niekonwencjonalnych materiałów budowlanych ściennych.

Materiałowe warianty decyzyjne zostały poddane wielokryterialnej analizie decyzyjnej, której wyniki zaprezentowano w postaci mapy typu biplot. Mapa typu biplot umożliwiła przedstawienie zależności między kryteriami a rozwiązaniami niekonwencjonalnych materiałów budowlanych ściennych oraz umożliwiła wytypowanie kryterium, które miało największy wpływ na całkowity wynik analizy – wytrzymałość na ściskanie.

Według mapy typu biplot cegła z masy papierowej okazała się rozwiązaniem najkorzystniejszym. Cegła z masy papierowej uzyskała największą wytrzymałość na ściskanie oraz izolacyjność akustyczną spośród analizowanych materiałów. Na podstawie mapy typu biplot stwierdzono, że cegła z masy papierowej spełniła wymogi kryterium zrównoważonego rozwoju.

Literatura

- Backiel-Brzozowska, B. (2014). Budownictwo z gliny i słomy – wstępna ocena wybranych aspektów trwałości. *Inżynieria Ekologiczna*, 40, 208-216. DOI 10.12912/2081139X.83
- Boyer, M. (2017). Phillip Ross Molds Fast-Growing Fungi Into Mushroom Building Bricks That Are Stronger Than Concrete. *Inhabitat*. Pobrano z lokalizacji: <https://inhabitat.com/phillip-ross-molds-fast-growing-fungi-into-mushroom-building-bricks-that-are-stronger-than-concrete/>
- Datson, R. (2009, 20 kwietnia). *ByFusion Building Example* [Video file]. Pobrano z lokalizacji: <https://www.youtube.com/watch?v=4Wr0zjCxBy8>
- DiStasio, C. (2016). ByFusion turns all types of ocean plastic into eco-friendly construction blocks. *Inhabitat*. Pobrano z lokalizacji: [https://inhabitat.com/byfusion-turns-all-](https://inhabitat.com/byfusion-turns-all-types-of-ocean-plastic-into-eco-friendly-construction-blocks/)
- types-of-ocean-plastic-into-eco-friendly-construction-blocks/
- Ednie-Brown, P. (2013). BioMASON and the speculative engagements of biotechnical architecture. *Architectural Design*, 83(1), 84-91. DOI 10.1002/ad.1529
- Gicala, M. i Sobotka, A. (2017). Analiza rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych budynków z uwzględnieniem wymogów zrównoważonego rozwoju. *Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 26(2), 159-170. DOI 10.22630/PNIKS.2017.26.2.14
- Golański, M. (2012). Oszczędność energii za pomocą niekonwencjonalnych materiałów budowlanych. *Przegląd Budowlany*, 83(12), 68-74.
- Harasymiuk, J., Szafranko, E. i Pawłowicz, J.A. (2018). Research on the possibilities of building in Natura 2000 sites in Poland on the example of Warmia and Mazury Province. *Advances in Engineering Research*, 120, 1550-1554. DOI 10.2991/ifeesm-17.2018.282
- Kadir, A.A. i Mohajerani, A. (2011). Bricks: an excellent building material for recycling wastes – a review. W *Proceedings of the IASTED International Conference on Environmental Management and Engineering (EME 2011)*, Calgary 4-6.07.2011 (strony: 108-115). Calgary: IASTED. DOI 10.2316/P.2011.736-029
- Kraszkiewicz, A., Kachel-Jakubowska, M., Zaklika, B., Wojdalski, J. i Mruk, R. (2017). Impact of various kinds of straw and other raw materials on physical characteristics of pellets. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 19, 270-287.
- Moussa, T., Maalouf, C., Ingraio, C., Scrucca, F., Costantine, G. i Asdrubali, F. (2018). Bio-based and recycled-waste materials in buildings: A study of energy performance of hemp-lime concrete and recycled-polyethylene terephthalate façades for office facilities in France and Italy. *Science and Technology for the Built Environment*, 24(5), 492-501. DOI 10.1080/23744731.2018.1438664
- Murphy, F., Pavia, S. i Walker, R. (2010). An assessment of some physical properties of hemp-lime concrete. W *Proceedings of the BCRI Bridge Infrastructure Concrete Research in Ireland* (strony 431-438). Cork: University College Cork.
- Nermend, K. (2017). *Metody analizy wielokryterialnej i wielowymiarowej we wspomaganiu decyzji*. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Naukowe.

- Rutkowska, G. i Beba, A. (2006). Rozwiązania materiałowe domów jednorodzinnych na przykładzie gminy Kościan. *Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 15(1), 184-191.
- Sagan, A. (2004). Jeden obraz ukazuje więcej niż 10 liczb, czyli jak budować mapy zadowolenia klienta z wykorzystaniem programu Statistica. *Statsoft Polska*, 12, 35-50.
- Sutcu, M. i Akkurt, S. (2009). The use of recycled paper processing residues in making porous brick with reduced thermal conductivity. *Ceramics International*, 35(7), 2625-2631. DOI 10.1016/j.ceramint.2009.02.027
- Szafranko, E. (2017a). Applicability of multi-criteria analysis methods for the choice of material and technology solutions in building structures. *Tehnicki Vjesnik – Technical Gazette*, 24(6), 1935-1940. DOI 10.17559/TV-20150810135440
- Szafranko, E. (2017b). Application of multi-criterial analytical methods for ranking environmental criteria in an assessment of a development project. *Journal of Ecological Engineering*, 18(5), 151-159. DOI 10.12911/22998993/75761
- Trzaskalik, T. (2014). Wielokryterialne wspomaganie decyzji. Przegląd metod i zastosowań. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie*, 74, 239-263.
- Zegardło, B., Andrzejuk, W., Drzymała, T., Jaworska, B., Nitychoruk, J. i Tokarski, D. (2019). Ceramiczne odpady budowlane powstające w procesie rewitalizacji miasta – badanie możliwości ich wykorzystania jako substytutu cementu do betonów i zapraw. *Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 27(4), 452-462. DOI 10.22630/PNIKS.2018.27.4.43

Streszczenie

Niekonwencjonalne materiały budowlane w ujęciu biplotowym. W okresie zagrożenia środowiska naturalnego oraz kryzysów energetycznych zrównoważony rozwój stał się główną strategią działań państw wysoko oraz średnio rozwiniętych. W budownictwie coraz częściej podejmowane są działania zmierzające do wykorzystania przy budowie małych domów jednorodzinnych

niekonwencjonalnych ściennych materiałów budowlanych. Celem pracy jest wybór optymalnego materiału niekonwencjonalnego ściennego. Wyboru rozwiązania dokonano z użyciem wielokryterialnych metod wspomaganie procesu decyzyjnego. Optymalnym materiałem okazały się cegły wykonane z masy papierowej. Dla najkorzystniejszego rozwiązania wykonano projekt koncepcyjny budynku mieszkalnego.

Summary

Unconventional buildings materials in biplot context. In the time of environmental threats and energy crises, sustainable development has become the main strategy of high and medium-developed countries. In construction, unconventional buildings materials used for the construction of the walls, are increasingly widespread in the construction of small single-family houses. This paper aim is to obtaining an optimal unconventional wall building materials. The selection of an optimal solution follows using multi-criteria decision making methods. The optimal solution was a brick made of paper pulp. The conceptual design of a residential building was designed for the most advantageous solution.

Authors' address:

Ryszard Dachowski
 (<https://orcid.org/0000-0002-4412-7703>)
 Lucjan W. Kamionka
 (<https://orcid.org/0000-0003-4290-0309>)
 Katarzyna Gałek
 (<https://orcid.org/0000-0003-2695-1317>)
 Politechnika Świętokrzyska
 Wydział Budownictwa i Architektury
 al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7
 25-315 Kielce
 Poland
 e-mail: tobrd@tu.kielce.pl
 luckam@poczta.onet.eu
 galekkatarzyna93@gmail.com