

Provisional eco-city – ekologiczne tymczasowe miasteczko kontenerowe na czasy klęsk humanitarnych



dr hab. inż. arch.
KATARZYNA UJMA-WĄSOWICZ,
PROF. PŚ
Politechnika Śląska
Wydział Architektury
ORCID: 0000-0002-3190-530X



dr hab. inż.
RYSZARD WALENTYŃSKI,
PROF. PŚ
Politechnika Śląska
Wydział Budownictwa
ORCID: 0000-0003-3530-682X



prof. dr hab. inż.
TOMASZ WĘGRZYN
Politechnika Śląska
Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej
ORCID: 0000-0003-2296-1032



dr hab. inż.
BOŻENA SZCZUCKA-LASOTA,
PROF. PŚ
Politechnika Śląska
Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej
ORCID: 0000-0003-3312-1864



inż.
WIKTORIA BARTOSIK
Politechnika Śląska
Wydział Budownictwa
ORCID: 0000-0003-4086-3727



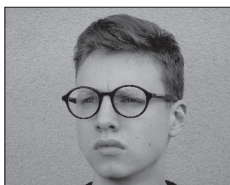
inż.
ANNA JURKIEWICZ
Politechnika Śląska
Wydział Budownictwa
ORCID: 0000-0001-8700-8897



inż. arch.
OLGA LIPIŃSKA
Politechnika Śląska
Wydział Architektury
ORCID: 0000-0002-9601-8680



inż. arch.
ADRIANNA POPIELARCZYK
Politechnika Śląska
Wydział Architektury
ORCID: 0000-0001-9493-010X



inż. arch.
JAKUB SWOBODA
Politechnika Śląska
Wydział Architektury
ORCID: 0000-0001-9900-4754

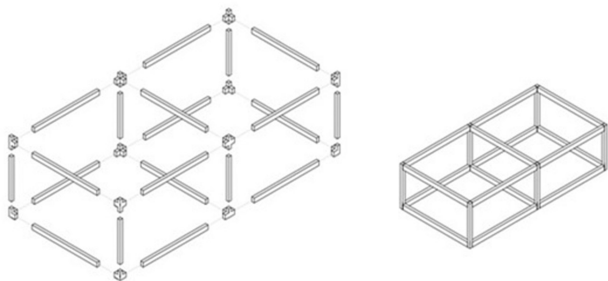


inż. arch.
KRYSTIAN WRONA
Politechnika Śląska
Wydział Architektury
ORCID: 0000-0002-4504-1610

Tematem artykułu jest opis interdyscyplinarnych badań studenckich zrealizowanych na Politechnice Śląskiej w ramach zajęć project based learning, gdzie studenci z Wydziału Architektury oraz z Wydziału Budownictwa opracowali ideę kontenerowego, tymczasowego miasteczka na czasy klęsk humanitarnych. Istotnym założeniem był koncept budowy zespołów mieszkalno-usługowych w pobliżu zniszczonych domostw w sposób wertykalny.

Wprowadzenie

Klęski humanitarne wywołane zjawiskami przyrodniczymi (takimi jak: trzęsienia ziemi, niszczycielskie huragany, pożar) albo wynikające z ataków terrorystycznych (wybuchy bomb, pocisków) czy będące efektem dramatycznej w skutkach ludzkiej nieostrożności (wybuchy gazu) to niestety nieodczyna część ludzkiego życia. Po takiej katastrofie mieszkańcy przeżywają traumę nie tylko z powodu utraty życia bliskich czy mienia, ale także z powodu konieczności opuszczenia swych zniszczonych domów, a tym samym niemożności udziału i śledzenia postępów w ich odbudowie, ze względu na konieczność zamieszkania z dala od miejsc tych zdarzeń [1]. Odpowiednio szybka reakcja na skutki katastrofy ma kluczowe znaczenie zarówno w minimalizowaniu strat fizycznych, jak i tych psychicznych lokalnej społeczno-



Rys. 1. System konstrukcyjny kontenera

GROUND PLUG

GroundPlug® Easy Mounting System™ provides engineered screw pile foundations for residential use. The GroundPlug® Easy Mounting System™ is a no-dig, no-pour, screw pile footing solution, designed to make the foundation process much faster and more efficient.



Rys. 2. System pali wkręcanych GroundPlug

ści. Obecnie na świecie rośnie świadomość istoty problemu miasteczek tymczasowych na czas klęsk humanitarnych, jednak w dalszym ciągu czas powstawania takich wiosek jest długi, co niekorzystnie wpływa na funkcjonowanie ludzi dotkniętych klęską humanitarną [2].

Z uwagi na powyższe, oraz przyjmując za punkt wyjścia potencjalny dostęp do niewielkiego powierzchniowo, sąsiadującego ze zniszczonymi domami obszaru, grupa realizująca projekt w ramach zajęć project based learning (PBL) [3] podjęła próbę opracowania uniwersalnego modułu kontenera, możliwego do zaadaptowania na funkcję mieszkalną, edukacyjną, zdrowotną itp., którego wertykalna multiplikacja (do kilku kondygnacji) stworzyłaby relatywnie kompaktowe niby-miasteczko dla tymczasowo bezdomnych mieszkańców. Najistotniejszym zadaniem prowadzonych interdyscyplinarnych badań było, w oparciu o ideę gospodarki obiegu zamkniętego, opracowanie technologii umożliwiającej samodzielny montaż całych kontenerów, a po 2–3 latach ich demontaż, z możliwością wykorzystania trwałych elemen-

W oparciu o opracowany ustrój konstrukcyjny i wertykalną multiplikację kontenerów zaprojektowano obiekty o różnej funkcji oraz formie.

tów do ponownego wykorzystania. Zadania tego podjęli się studenci Wydziału Architektury i Budownictwa oraz nauczyciele akademicy z Wydziałów Architektury, Budownictwa, a także Transportu i Inżynierii Lotniczej.

Założenia badawczo-projektowe oraz metodyka pracy

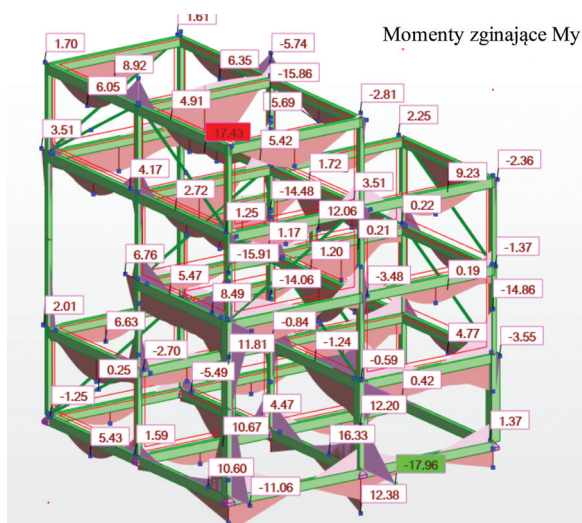
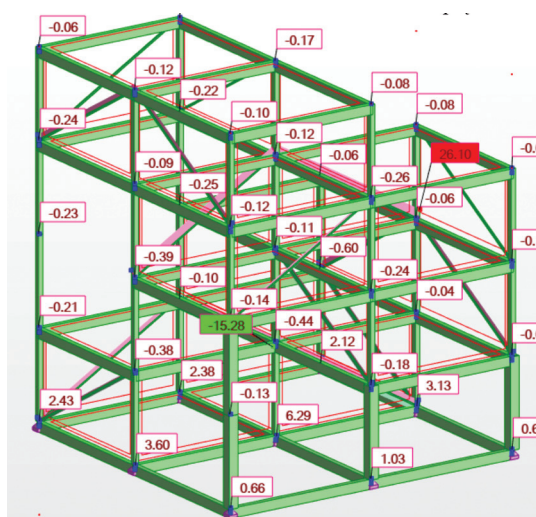
Podstawowe badania prowadzono w oparciu o studia literaturowe i konsultacje z ekspertami zewnętrznymi. Wykorzystano takie techniki prac jak zogniskowane wywiady grupowe, burze mózgów, prototypowanie na modelach 3D. Zrealizowane cele projektowe objęły:

- architektoniczno-konstrukcyjne opracowanie wielofunkcyjnego kontenera;
- analizę możliwości wytrzymałościowych konstrukcji kontenera, który w swym założeniu ma być multiplikowany wertykalnie;
- analizę możliwości wykorzystania najnowocześniejszych materiałów łączeniowych wielokrotnego użytku, pozwalających na samodzielne – przez przyszłych mieszkańców tymczasowego miasteczka – budowanie oraz po czasie 2–3 lat zdemontowanie kontenerów;
- opracowanie składającego się z kilku kontenerów obiektu mieszkalnego oraz szpitalno-edukacyjnego, które stanowiłyby elementy miasteczka tymczasowego.

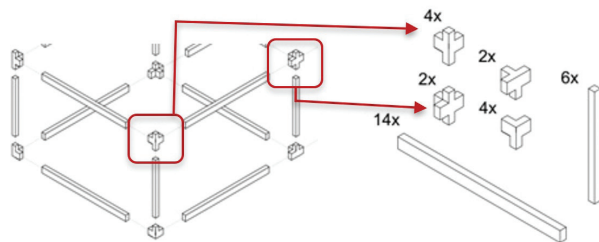
Proces projektowo-badawczy

Rozwiązania konstrukcyjne

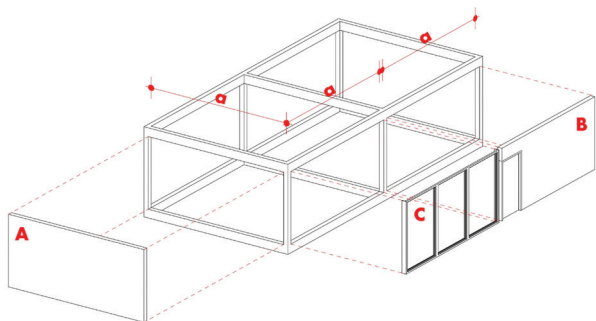
W ramach przyjętego zadania zaprojektowano szkieletowy ustrój konstrukcyjny kontenera, który w możliwie prosty sposób może być zmontowany i rozebrany nawet przez doraźnie przeszkolonych ludzi, bez udziału ciężkiego sprzętu (rys. 1). Założono, że belki i słupy będą miały prostokątny przekrój wykonany z drewna, o ile jest lokalnie dostępne, lub będą drukowane w technologii 3D z filamentu ulegającego degradacji. Mają być one połączone za pomocą spawanych cienkościennych elementów węzłowych (o nich jest mowa w kolejnym podrozdziale). Elementy te będą wielokrotnego użytku i wraz ze stalowymi schodami jako jedyne dostarczane w ramach akcji humanitarnej. Dodatkowo na czas budowy miasteczka założono dostawę urządzeń do obróbki drewna lub do drukowania 3D.



Rys. 3 Analiza sił wewnętrznych



Rys. 4. Elementy łączeniowe konstrukcji wielokrotnego użytku



Rys. 5. Idea formy kontenera wraz z powtarzalnymi ścianami elewacyjnymi (obudową)

Posadowienie modułu kontenera przewidziano za pomocą systemu wkręcanych pali typu GroundPlug [4] (rys. 2). System ten pozwala na szybkie umocowanie w gruncie lekkich konstrukcji i nie wymaga użycia ciężkiego sprzętu.

Istotnym celem badań było także przeanalizowanie schematu statycznego wertykalnie skomponowanego zestawu kontenerów i oszacowanie zasadniczych wymiarów przekrojów ustroju szkieletowego. Do analizy wykorzystano program Autodesk Robot Structural Analysis, w którym zbudowano model obliczeniowy i zasymulowano zachowanie się konstrukcji. Analiza była poprzedzona zestawieniem obciążeń. Na rys. 3. (wertykalna multiplikacja opisana w części Koncepcja architektoniczno-urbanistyczna) pokazano elementy analizy konstrukcji, jakimi było określenie sił wewnętrznych prowadzące do zaprojektowania przekrojów i zbadania wytrzymałości konstrukcji (rys. 3.).

Rozwiązania materiałowe

Znaczne zmniejszenie masy konstrukcji z jednoczesnym zachowaniem poziomu bezpieczeństwa stanowi obecnie ważny kierunek badań. Poszukiwane są zarówno nowe materiały o lepszej wytrzymałości eksploatacyjnej, jak i nowe sposoby ich łączenia. Dla sformułowania koncepcji opracowywanego kontenera, który w zamierzeniu miałby być łatwo montowalny, a jego elementy konstrukcyjne (rys. 4.) mogłyby być wykorzystywane wielokrotnie, zaproponowano nowoczesny materiał, którym jest nowy gatunek stali wysokowytrzymałościowej [5].

Stal Docol z grupy AHSS (Advanced High Strength Steel), bo o niej mowa, ma wytrzymałość na poziomie do 1500 MPa, co wydaje się kluczowym zagadnieniem w przypadku wielokrotnego użytkowania. Przeprowadzone przez współautorów artykułu (B. Szczucką-Lasotę oraz T. Węgrzyną) wcześniejsze badania, w ramach których wytypowano stal Docol 1200M o wytrzymałości na rozciąganie równej 1250 MPa i wydłużeniu względnym równym 10%, pozwoliły rozwiązać problem wytwarzania cienkościennej konstrukcji o grubości 1,8 mm procesem spawania MAG [6]. Dla sprawdzenia bezpieczeństwa konstrukcji wykonane zostały m.in. badania wytrzymałości zmęczeniowej, w których ustalono, że konstrukcja jest bardzo bezpieczna, gdyż wytrzymałość zmęczeniowa jest na poziomie 450 MPa (2 miliony cykli).

Koncepcja architektoniczno-urbanistyczna

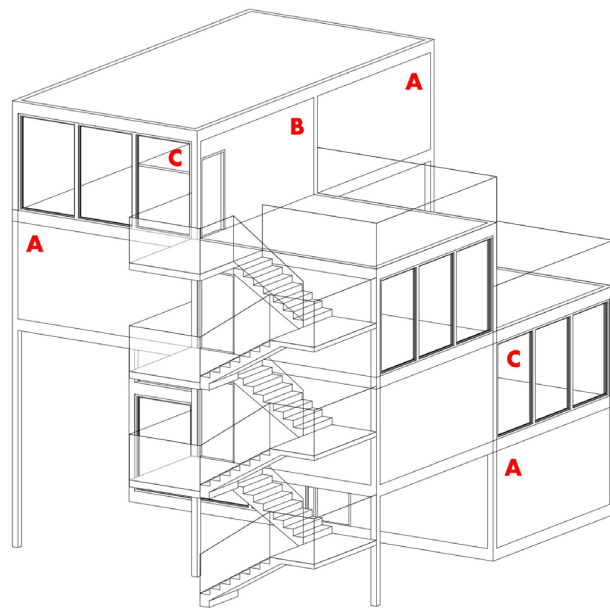
W oparciu o opracowany ustrój konstrukcyjny i wertykalną multiplikację kontenerów zaprojektowano obiekty o różnej funkcji oraz formie. Jednak w pierwszej kolejności warto podkreślić koncept elastyczności kształtowania modułu kontenera. Rozstaw elementów konstrukcyjnych został dobrany w sposób umożliwiający stosowanie różnych typów obudowy: ściana pełna (oznaczona jako „A”), ściana z otworem drzwiowym („B”) oraz ściana przezierna – przepuszczająca promienie słoneczne („C”) (rys. 5.).

W ramach powtarzalnego modułu kontenera opracowano dwa przykładowe obiekty mieszkalne oraz budynek szpitala połączone ze szkołą. Pierwszy tymczasowy „budynek” jest w stanie pomieścić od 16 do 24 osób, w zależności od aranżacji wnętrza. Sama jego forma składa się z 4 nałożonych na siebie kontenerów, obracanych o 90 stopni z każdą następną kondygnacją. Taki układ zapewnia użytkownikom prywatność, a także możliwość korzystania z zewnętrznych tarasów (rys. 6.). Innym kontenerowym budynkiem mieszkalnym jest mniejszy obiekt, mieszczący od 8 do 16 osób. Jego forma została zaprojektowana również jako obiekt wertykalny, poprzez przesunięcie kolejnych kontenerów względem jednego z boków. Ten zabieg, podobnie jak w przypadku poprzedniego przykładu, pozwala uzyskać zewnętrzne tarasy umożliwiające integrację społeczną (rys. 7.).

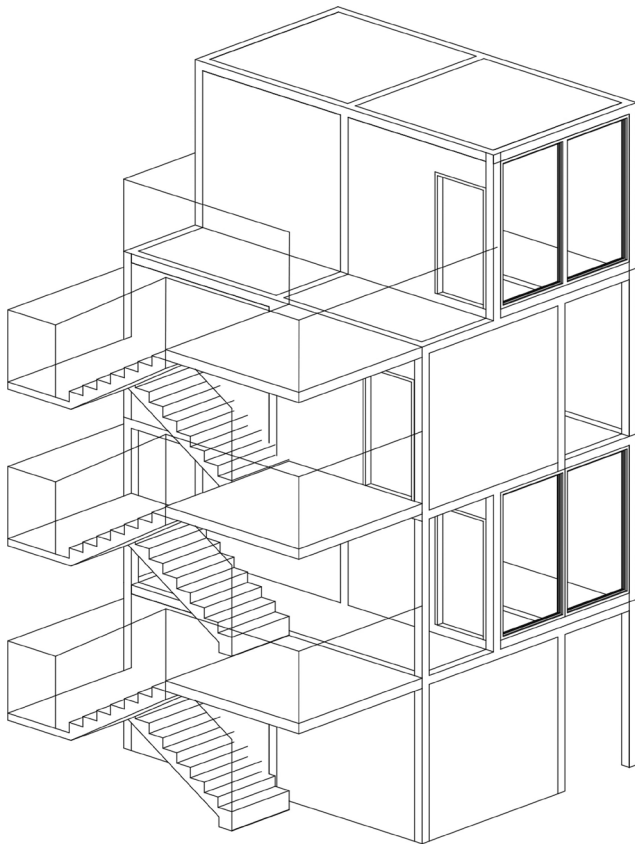
Przykładem możliwego do stworzenia z opracowanego modułu kontenera obiektu przeznaczonego dla poszkodowanych osób jest budynek szpitala tymczasowego (na parterze) połączonego ze szkołą (na piętrze) (rys. 8.).

Układy urbanistyczne zostały opracowane w sposób ortogonalny, by wytworzyć m.in. czytelne przestrzenie wspólne / publiczne (rys. 8. i 9.). Zgodnie z przeprowadzonymi badaniami literaturowymi [7], [8],

W ramach przyjętego zadania zaprojektowano szkieletowy ustrój konstrukcyjny kontenera, który w możliwie prosty sposób może być zmontowany i rozebrany nawet przez doraźnie przeszkolonych ludzi, bez udziału ciężkiego sprzętu.



Rys. 6. Zespół mieszkalny dla 16–24 osób



Rys. 7. Zespól mieszkalny dla 8–16 osób

[9] zapewnienie takich przestrzeni jest szczególnie ważne dla poczucia integracji, wspólnoty, a także bezpieczeństwa mieszkańców.

Założono, że woda oraz energia elektryczna zostałyby dostarczone albo przez podłączenie do istniejących na miejscu sieci, albo musiałyby być dowożone w ramach pomocy humanitarnej. Odprowadzanie ścieków także zależałoby od bieżącej sytuacji i możliwości ich odbioru.

Niestety w ramach projektu PBL, mimo analizy literaturowej np. [10], [11] oraz współpracy z ekspertem Polskiego Stowarzyszenia Budownictwa Ekologicznego, nie udało się opracować autorskiego rozwiązania ścian zewnętrznych, które w swym zamierzeniu miałyby się składać

Znaczne zmniejszenie masy konstrukcji z jednoczesnym zachowaniem poziomu bezpieczeństwa stanowi obecnie ważny kierunek badań.

dać z materiałów biodegradowalnych przy jednoczesnej odporności na warunki zewnętrzne. Nie wyklucza się kontynuowania badań w tym zakresie w kolejnej edycji PBL.

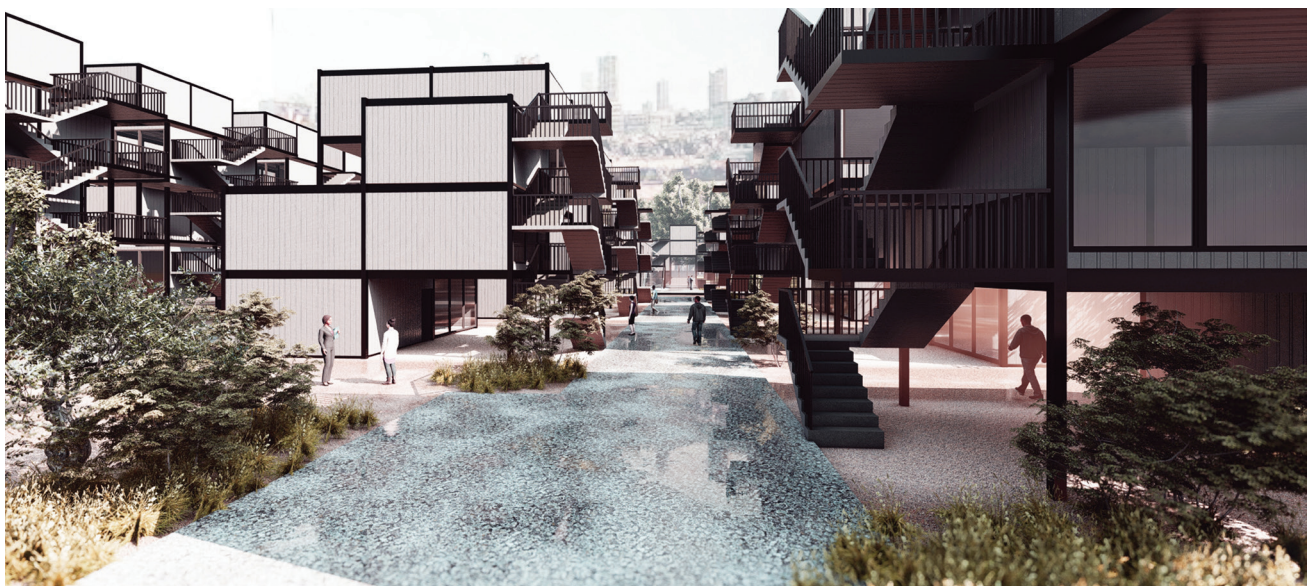
Wyniki i wnioski końcowe

Przyjęte zadanie badawczo-projektowe wymagało, aby projektowane miasteczko kontenerowe spełniało swoją funkcję jako tymczasowe (przez okres 2–3 lat) schronienie dla lokalnej poszkodowanej ludności. Drugim strategicznym celem było zbudowanie go w taki sposób i z takich materiałów, by potencjalni mieszkańcy mogli uczestniczyć w jego szybkiej budowie, a po odbudowie swych prawdziwych domów mogli je zlikwidować z jednej strony poprzez zutylizowanie (wykorzystanych do budowy) wykonanych z materiałów biodegradowalnych ścian i belek konstrukcyjnych, z drugiej zaś rozebranie stalowych schodów oraz prefabrykowanych ze stali Docol 1200M węzłów konstrukcyjnych, by je spakować i przewieźć w kolejne miejsce dotknięte klęską (dla budowy nowego miasteczka).

Niewątpliwie takie działania wpisywałyby się w ideę zrównoważonego rozwoju oraz gospodarki obiegu zamkniętego [12]. Dążono do zrównoważonej strategii uniemożliwiającej odporność społeczności i gotowość na wypadek katastrof [13].

Bibliografia:

- [1] Caia G., Ventimiglia F., Maass A.: Container vs. dacha: The psychological effects of temporary housing characteristics on earthquake survivors. *Journal of Environmental Psychology* 30, 60-66, DOI: 10.1016/j.jenvp.2009.09.005.
- [2] Javanforuzandeh A., Namin E.A., Asefi M., Shakeri K.: Explaining the Conceptual Model of the Post-Disaster Sustainable Temporary Housing System (Case Study: Sar-e-Pol Zahab), November 2020, *Journal of Sustainable Rural Development* 4(2):185-200 DOI:10.32598/JSRD.4.2.7.
- [3] Fross K., Ujma-Wąsowicz K., Aleksy P., Baran P., Kaczor K., Owsieńska J., Stawinoga A., Świderski S.: 2021, Ścieżka adaptacyjna – projekt toru treningowego z przeszkodami dla osób niewidomych i słabowidzących; „Builder” 6 (287). DOI: 10.5604/01.3001.0014.8657.
- [4] Cybulski R., Cybulska M.: 2019; Przegląd fundamentów stalowych dostępnych na rynku europejskim. *Pale wkręcane, „Nowoczesne Hale”, Nr 2/2019*, s. 70–71.
- [5] Szymczak T., Szczucka-Lasota B., Węgrzyn T., Łazarz B., Jurek A.: 2021; Behavior of weld to S960MC high strength steel from joining process at micro-jet cooling with critical parameters under static and fatigue *Materials*; Vol. 14 iss. 4, 1; Impact Factor: 3.057.



Rys. 8. Wizualizacja kontenerowych zespołów mieszkalnych z przestrzeniami wspólnymi w przykładowej lokalizacji



Rys. 9. Wizualizacja kontenerowych zespołów mieszkalnych z przestrzeniami wspólnymi z lotu ptaka w przykładowej lokalizacji [zdjęcie wybranej lokalizacji: pexels.com]

- [6] Silva A., Szczucka-Lasota B., Węgrzyn T., Jurek A.: 2020; Welding of DOCOL 1200M using micro-jet cooling; *Welding Technology Review*, Vol. 92 Nr 1/2020, DOI: <https://doi.org/10.26628/wtr.v92i1.1087>, s. 25–29.
- [7] Félix D., Branco J.M., Feio A.: 2013; Temporary housing after disasters: A state of the art survey, *Habitat International*, DOI:10.1016/j.habitatint.2013.03.006.
- [8] Abulnour A.H.: 2013; The post-disaster temporary dwelling: Fundamentals of provision, design and construction, *HBRC Journal*, DOI:10.1016/j.hbrj.2013.06.001.
- [9] Johnson C.: Strategic planning for post-disaster temporary housing, *Disasters* 31, 435-458, DOI: 10.1111/j.1467-7717.2007.01018.x.
- [10] Sassi P.: 2006; *Biodegradable building*, WITpress, 87, DOI: 10.2495/DN060091.
- [11] Ganotopoulou E.; *Biodegradable Materials A research and design handbook; enhancing the use of biodegradable materials on building's envelopes in the Netherlands*. <https://repository.tudelft.nl> [dostęp: 15.12.2021].
- [12] Arslan H.; Re-design, re-use and recycle of temporary houses, *Building and Environment* Volume 42, Issue 1, January 2007, Pages 400-406, DOI: 10.1016/j.buildenv.2005.07.032.
- [13] Thapa R., Rijal H.B., Shukuya M., Imagawa H.; Study on Winter Indoor Thermal Environment of Temporary Shelters Built in Nepal After Massive Earthquake 2015, October 2020, *Journal of the Institute of Engineering* 15(3):340-348, DOI:10.3126/jie.v15i3.32217

DOI: 10.5604/01.3001.0015.8821

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Ujma-Wąsowicz Katarzyna, Walentyński Ryszard, Węgrzyn Tomasz, Szczucka-Lasota Bożena, Bartosik Wiktoria, Jurkiewicz Anna, Lipińska Olga, Popielarczyk Adrianna, Swoboda Jakub, Wrona Krystian, 2022, Provisional eco-city – ekologiczne tymczasowe miasteczko kontenerowe na czasy klęsk humanitarnych, „Builder” 7 (300). DOI: 10.5604/01.3001.0015.8821

Streszczenie: Klęski humanitarne to nieodłączny element życia na Ziemi. Z powodu różnych katastrof, naturalnych i powodowanych przez człowieka, w których budynki ulegają zniszczeniu, mieszkańcy terenów zurbanizowanych zmuszeni są niejednokrotnie do zamieszkiwania w odległych od swych dotychczasowych domostw miejscach. Ideą projektu było przeprowadzenie prac badawczo-projektowych mających na celu opracowanie kontenera nowej generacji, który mógł

być multiplikowany w sposób wertykalny, przybierać różne funkcje, być budowany i rozbierany przez samych użytkowników, składać się w pewnych swych częściach z materiałów biodegradowalnych, w innych na tyle lekkich i wytrzymałych, by wykorzystać je wielokrotnie (zgodnie z ideą gospodarki obiegu zamkniętego – gospodarki cyrkularnej).

Słowa kluczowe: kontener mieszkalny, obiekt tymczasowy, gospodarka obiegu zamkniętego, zrównoważony rozwój, klęska humanitarna

Abstract: PROVISIONAL ECO-CITY – ECO-FRIENDLY TEMPORARY CONTAINER CITY FOR TIMES OF HUMANITARIAN DISASTER

Humanitarian disasters are an integral part of life on Earth. Due to various disasters, natural and man-made, in which buildings are destroyed, residents of urban areas are often forced to live in locations far away from their existing homes. The intention of the authors was to conduct research and design work to develop a new generation container, that could be multiplied in a vertical way, take on different functions, be built and taken apart by its users, be composed of biodegradable materials in some parts, and in other parts be light and durable enough to be reused many times (in accordance with the idea of circular economy).

Keywords: housing container, temporary facility, circular economy, sustainable development, humanitarian disaster