

DAWID OLSZEWSKI\*

Wojskowy Instytut Techniki Inżynieryjnej, Wrocław, Polska

JACEK PARTYKA\*

Wojskowy Instytut Techniki Inżynieryjnej, Wrocław, Polska

PIOTR KRYSIAK\*

Wojskowy Instytut Techniki Inżynieryjnej, Wrocław, Polska

ANDRZEJ WYSOCZAŃSKI\*

Wojskowy Instytut Techniki Inżynieryjnej, Wrocław, Polska



## MODUŁOWE KONSTRUKCJE W BUDOWLACH OCHRONNYCH – WYBRANE ASPEKTY TECHNOLOGII, WARUNKÓW TECHNICZNYCH I WYKORZYSTANIA MODULAR STRUCTURES IN PROTECTIVE STRUCTURES – SELECTED ASPECTS OF TECHNOLOGY, TECHNICAL CONDITIONS AND UTILIZATION

**ABSTRAKT:** Elementy modułowe są wykorzystywane w budowlach o znaczeniu ochronnym, zarówno dla potrzeb wojskowych, jak i cywilnych. Celem opracowania jest przedstawienie ogólnej charakterystyki, a także warunków technicznych, wymagań i wybranych aspektów prawnych dotyczących konstrukcji modułowych. Interesującym zagadnieniem dla czytelników mogą być wskazane w treści tendencje rozwojowe konstrukcji modułowych przeznaczonych do zastosowania w budownictwie ochronnym. Całość opracowania podsumowano wnioskami, z których wynika potrzeba budowy modułowych obiektów ochronnych oraz ciągły rozwój i udoskonalenie stosowanych technologii.



**SŁOWA KLUCZOWE:** budowle ochronne, moduł, konstrukcje modułowe, fortyfikacja polowa

---



\* **ppor. mgr inż. Dawid Olszewski**, Military Institute of Engineer Technology, Wrocław, Poland

 <https://orcid.org/0009-0008-2146-5065>,  [olszewski@witi.wroc.pl](mailto:olszewski@witi.wroc.pl)



\* **dr inż. Jacek Partyka**, Military Institute of Engineer Technology, Wrocław, Poland

 <https://orcid.org/0000-0002-8477-629X>,  [partyka@witi.wroc.pl](mailto:partyka@witi.wroc.pl)

\* **dr inż. Piotr Krysiak**, Military Institute of Engineer Technology, Wrocław, Poland

 <https://orcid.org/0000-0002-4760-5053>,  [krysiak@witi.wroc.pl](mailto:krysiak@witi.wroc.pl)

\* **kpt. mgr inż. Andrzej Wysoczański**, Military Institute of Engineer Technology, Wrocław, Poland

 <https://orcid.org/0000-0001-7095-2283>,  [wysoczanski@witi.wroc.pl](mailto:wysoczanski@witi.wroc.pl)

Copyright (c) 2024 Dawid Olszewski, Jacek Partyka, Piotr Krysiak, Andrzej Wysoczański. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

**ABSTRACT:** Modular elements are used in protective structures for both military and civilian purposes. The aim of the article is to present the general characteristics as well as the technical considerations, requirements and selected legal aspects of modular structures. An interesting issue for readers may be the development trends of modular constructions intended for use in protective construction pointed out in the text. The entire study is summarised with conclusions that indicate the need for modular protective structures and the improvement of technology.

**KEYWORDS:** protective structures, module, modular structures, field fortification

## WPROWADZENIE

Konstrukcje modułowe stanowią atrakcyjną alternatywę dla tradycyjnego budownictwa z uwagi na szybkość realizacji projektów. Jak wynika z rocznych raportów Instytutu Budownictwa Modułowego (Modular Building Institute), technologia ta staje się coraz bardziej popularna i odnotowała wzrost wszystkich nowo rozpoczętych budów w Ameryce Północnej z 2,15% w 2015 roku do 6,03% w roku 2022<sup>1</sup>. Podobny trend zauważalny jest również w Europie i innych regionach świata. z kolei raport firmy badawczej Spectis pokazuje, że w roku 2022 wartość rynku budownictwa modułowego w Polsce wyniosła 4,7 mld złotych, a w oparciu o wstępne dane analityków Spectis, w 2023 r. wartość ta mogła wzrosnąć do 4,9 mld złotych<sup>2</sup>.

Konstrukcje modułowe znajdują zastosowanie w wielu branżach, np. mieszkaniowej, turystycznej czy logistycznej i wykorzystywane są przy tym przez małe i duże przedsiębiorstwa. Konstrukcji modułowych używa się jako rozwiązań w ustrojach przestrzennych budynków mieszkalnych – jednorodzinnych lub wielorodzinnych – o różnej wysokości, a nierzadko stanowią nawet całe osiedla. Znajdują zastosowanie jako domki letniskowe, hotele, pensjonaty i akademiki. Konstrukcje modułowe mogą pełnić funkcję biura, szczególnie w miejscach, gdzie nie ma jeszcze rozbudowanej infrastruktury, a także jako budynki zabezpieczenia logistycznego na terenach budów. Konstrukcje te mogą dodatkowo stanowić obiekty handlowe, obiekty usługowe, a także stanowić zaplecze w przypadku imprez masowych<sup>3</sup>.

Szczególne znaczenia technologia modułowa nabrała podczas pandemii COVID-19, gdzie zaistniała potrzeba szybkiego budowania szpitali zakaźnych. w chińskim mieście Wuhan, gdzie

---

<sup>1</sup> Strona internetowa Instytutu Budownictwa Modułowego, <https://www.modular.org>, „Raporty z budownictwa modułowego – Analiza branży budownictwa modułowego” (dostęp: 23.01.2024).

<sup>2</sup> Strona internetowa firmy badawczej Spectis, <https://spectis.pl>, „Raport dotyczący wartości rynku budownictwa modułowego w Polsce” (dostęp: 05.02.2024).

<sup>3</sup> A. Plis, K. Prałat, *Budownictwo modułowe jako odpowiedź na współczesne wyzwania*, „Przegląd Budowlany”, 2023, 94 (7-8), s. 151-154. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0053.8513>.

odnotowano pierwszy przypadek zachorowania, zdołano wybudować szpital w ciągu 10 dni o powierzchni blisko 34 000 m<sup>2</sup> i przeznaczonego na 1 000 chorych<sup>4</sup>. Szpitale kontenerowe, choć nie budowane z takim rozmachem, powstały także w Polsce, między innymi w Warszawie, gdzie utworzono szpital do leczenia najcięższych przypadków zakażeń oraz we Wrocławiu, w którym hospitalizowano żołnierzy wracających z misji zagranicznych. Oprócz mobilnych kontenerów<sup>5</sup>, o czym w dalszej części artykułu, wojsko wykorzystuje konstrukcje modułowe do budowy i wzmocnienia nawierzchni drogowych, przepustów drogowych, podpór i przęseł mostów składanych, a także do rozbudowy fortyfikacji stałej i polowej.

Celem wspomnianej fortyfikacji jest przygotowanie terenu do walki poprzez wykonanie obiektów polowych i zwiększenie zdolności przetrwania wojsk oraz ochrona sprzętu, amunicji i zapasów<sup>6</sup>. Fortyfikacja obejmuje wykorzystanie istniejących schronów i ukryć, a także tworzenie i wzmocnianie obiektów gruntem bądź elementami, najczęściej prefabrykowanymi, z drewna, betonu i stali. Prefabrykaty te, choć łatwo dostępne i relatywnie tanie, nie są optymalne do zastosowania w konstrukcjach obiektów ochronnych z uwagi na ich specyfikę, odporność czy sposób transportu i montażu.

Coraz częściej technologii modułowej używa się do wznoszenia budowli ochronnych na potrzeby obronności i bezpieczeństwa państwa lub przez osoby prywatne na użytek własny. Przez budowlę ochronną należy rozumieć pomieszczenie lub zespół pomieszczeń przeznaczonych do ochrony osób, urządzeń, zapasów materiałowych lub innych dóbr materialnych<sup>7</sup>. w przypadku wystąpienia zagrożenia militarnego na obszarze zamieszkiwanym przez ludność cywilną, nakazuje się wykorzystanie schronów i ukryć. Te najczęściej znajdują się na najniższych kondygnacjach budynków – w piwnicach i garażach podziemnych. w Polsce ich ilość i pojemność, a często również i stan techniczny nie jest wystarczający. Zgodnie z raportem Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej<sup>8</sup> w Polsce jest 224 tysiące obiektów doraźnego schronienia, przeznaczonych dla blisko 47 milionów osób, 9 tysięcy ukryć dla 1,1 miliona osób

---

<sup>4</sup> C. Peng, *Application of prefabricated building in emergency rescue project construction Taking - Wuhan Huoshenshan Hospital Project as an example*, "IOP Conference Series: Earth and Environmental Science", 2021, 742 012005, s. 3. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/742/1/012005>.

<sup>5</sup> K. Wysocki, E. Jastrzębska, *Współczesne uwarunkowania maskowania stanowisk dowodzenia*, „Przegląd Sił Zbrojnych”, 2021, nr 3, s. 73, 76.

<sup>6</sup> Norma Obronna NO-54-A205 Polowe obiekty fortyfikacyjne. Klasyfikacja i wymagania ogólne dotyczące rozwiązań funkcjonalnych.

<sup>7</sup> Wytyczne Szefa Obrony Cywilnej Kraju z dnia 4 grudnia 2018 roku w sprawie zasad postępowania z zasobami budownictwa ochronnego, załącznik: Warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać budowle ochronne.

<sup>8</sup> Rządowa strona internetowa, <https://www.gov.pl>, „Raport dotyczący budowli ochronnych” (dostęp: 31.01.2024).

oraz około 2 tysiące schronów dla 300 tysięcy osób. Inwentaryzacji przeprowadzonej od października 2022 r. do lutego 2023 r. podlegały wszystkie budynki należące do instytucji państwowych, samorządowych, wspólnot i spółdzielni mieszkaniowych. Jak wynika z powyższego raportu – liczba miejsc w schronach, a więc w obiektach zapewniających bezpieczeństwo w przypadku użycia konwencjonalnych środków bojowych w trakcie działań wojennych, wynosi około 8%, biorąc pod uwagę liczebność obywateli Polski. Ponadto, z uwagi na intensywny i szczególnie niebezpieczny charakter współczesnych środków rażenia, budynki ochronne nie są obiektami oczekiwanymi przez siły zbrojne.

Wobec tak szerokiej możliwości zastosowania modułowych konstrukcji w budownictwie oraz potrzeby zapewnienia ochrony żołnierzom na polu walki i obywatelom cywilnym w przypadku działań wojennych i terrorystycznych, należy wystosować pytanie problemowe – czy nowoczesne technologie wytwarzania modułów oraz aspekty prawno-budowlane obowiązujące w Polsce pozwalają na budowę budowli ochronnych na użytek wojskowy, publiczny i prywatny?

## **OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA KONSTRUKCJI MODUŁOWYCH**

Modułem nazywany jest prefabrykat przestrzenny wykonany w taki sposób, aby możliwy był jego transport na plac budowy oraz możliwe było jego łączenie z innymi elementami. Powstałe w ten sposób budowle odpowiadają założeniom projektowym i specyfikacji wobec tradycyjnie stawianych budowli, niosąc jednocześnie dodatkowe korzyści. z uwagi na produkcję prefabrykatów poza placem budowy, w przygotowanych halach produkcyjnych, gotowe do użycia moduły posiadają zazwyczaj lepsze parametry od tych, tworzonych w warunkach polowych. Bazowanie na prefabrykatach pozwala na stawianie dowolnej wielkości budowli w różnorodnych układach pomieszczeń, a także na zwiększenie bądź zmniejszenie gabarytów budowli w sposób nieinwazyjny, a nawet przeniesienie całej konstrukcji w inne miejsce. Największą zaletą budownictwa modułowego jest czas budowy, który ze względu na korzystanie z elementów przygotowanych z góry oraz ich produkcję na zautomatyzowanych taśmach produkcyjnych, pozwala na zaoszczędzenie około 40% czasu. Skrócenie czasu budowy może wpłynąć pozytywnie na redukcję nakładów finansowych. Budownictwo modułowe to również

ograniczenie ilości odpadów niekorzystnych dla środowiska i możliwość ponownego wykorzystania modułów podczas wyburzania obiektów<sup>9</sup>.

W przypadku budownictwa modułowego głównym wyzwaniem jest dostarczenie prefabrykatów na plac budowy. Moduły mogą osiągać bardzo dużą masę oraz wymiary, stwarzając wyzwanie logistyczne i angażując specjalistyczne pojazdy transportu ponadgabarytowego<sup>10</sup>. Przewóz takich towarów po drogach publicznych wymaga dodatkowo niezbędnych pozwoleń wydawanych przez władze regionalne oraz zarządców dróg. Moduły mogą także posiadać nietypowe kształty utrudniające ich zabezpieczenie przed przemieszczaniem się bądź uszkodzeniem podczas transportu. Kolejnym wyzwaniem, związanym z wykorzystaniem prefabrykowanych elementów modułowych, jest załadunek i rozładunek prefabrykatów oraz konieczność zaangażowania na placu budowy dźwigu o dużej nośności i wysięgu.

Przystępując do oceny charakterystyki materiałowej konstrukcji modułowych należy stwierdzić, że najprostszym materiałem do budowy jest oczywiście drewno. Zaletą jego stosowania jest niewielki koszt, łatwa dostępność i relatywnie prosta obróbka oraz montaż. Najczęściej wykorzystuje się jodłę, sosnę, świerk, modrzew oraz cydr z uwagi na niezawodność, dobre parametry izolacyjne ciepła oraz niewrażliwość na wysuszenie. Współczesna technologia pozwala na prefabrykację całych ścian budynków lub nawet samodzielny montaż budowli zgodnie z instrukcją i dostarczonymi gotowymi modułami<sup>11</sup>. Drewno, pomimo swoich zalet, nie jest materiałem idealnym. Jest łatwopalne, wymaga regularnej konserwacji (malowania i impregnacji), jest podatne na wilgoć oraz posiada niski współczynnik izolacji akustycznej.

Wśród konstrukcji modułowych dużą popularność zyskały prefabrykaty żelbetowe, które na szeroką skalę wykorzystywane były w budownictwie wielkopłytowym. Technologia wielkopłytowa bardzo mocno rozpowszechniona była od lat sześćdziesiątych ubiegłego wieku. Mimo, że ich żywotność określana była na 50-70 lat, w Polsce do dziś znajduje się ponad 4 miliony mieszkań w takich budynkach.

---

<sup>9</sup> J. Fangrat, J. Sieczkowski, *Budownictwo innowacyjne: technologie prefabrykowane i modułowe w budownictwie mieszkaniowym*, „Nauka i Budownictwo”, 2017, R.21, nr 12, s. 58-61.

<sup>10</sup> A. F. Barbu, L. Bârsan, *Study on designing a modular house*, „Bulletin of the Transilvania University of Braşov”, 2022, Vol. 16(65) No. 2, Series I, s. 15-21, <https://doi.org/10.31926/but.ens.2022.15.64.2.2>.

<sup>11</sup> M. Nazarczuk, *Ewolucja systemów konstrukcji drewnianych budynków wielokondygnacyjnych*, „Budownictwo i Inżynieria Środowiska”, 2018, s. 159-165, <https://doi.org/10.24427/bis-2018-vol9-no4-0002>.

Wielka płyta posiada wiele wad, które zdecydowały o zaprzestaniu stosowania tej technologii. Dotyczyło to między innymi różnicy wymiarów prefabrykatów, problemów z ich montażem, a także jakość estetyczna i funkcjonalna. Współcześnie moduły żelbetowe wciąż są używane<sup>12</sup>, jednak zamiast płyty najczęściej przyjmują formę monolitycznego prostopadłościanu, stanowiącego osobne pomieszczenie. w celu zwiększenia trwałości stosuje się wysokiej klasy beton wzmocniony zbrojeniem stalowym bądź stalowo-kompozytowym. Rozwiązanie to jest o wiele bardziej wytrzymałe i odporne niż konstrukcja drewniana, a także stanowi konkurencyjne rozwiązanie względem konstrukcji stalowych. Ograniczeniem w przypadku zastosowania żelbetowych modułów przestrzennych jest rozmiar. Choć moduły można ze sobą łączyć dowolnie w płaszczyźnie poziomej i do czterech kondygnacji w płaszczyźnie pionowej, to powierzchnia poszczególnych pomieszczeń może wynieść maksymalnie około 25m<sup>2</sup> – co wynika z ograniczeń transportowych.

Kolejnym materiałem wykorzystywanym w budownictwie modułowym jest stal. Charakteryzuje się ona wysoką sprężystością, plastycznością oraz wytrzymałością na rozciąganie, ściskanie, zginanie i ścinanie, a także niezawodnością podczas użytkowania. Stal zapewnia możliwość wykonania konstrukcji o skomplikowanych kształtach, a także możliwość montażu i demontażu konstrukcji w każdych warunkach. Choć około 85% wyrobów stalowych to elementy walcowane<sup>13</sup>, to jednak stal wykorzystuje się również w konstrukcjach modułowych, na przykład w postaci blachy falistej. Blacha falista, stanowiąca element konstrukcji modułowej, wykorzystywana jest do budowy pokryć dachowych, mostów, wiaduktów, przepustów, tuneli czy silosów. w budowlach ochronnych blacha falista ma zastosowanie właśnie jako pokrycie obiektu, służące ochronie jego wnętrza przed warunkami atmosferycznymi, ale także jako zapewnienie izolacji termicznej i estetyczne wykończenie budowli. Blacha falista powinna być nieprzemakalna, a także charakteryzować się wysoką trwałością oraz odpornością na czynniki zewnętrzne, przeciążenia i trudne warunki pogodowe. Konstrukcje stalowe charakteryzują się bardzo dobrymi parametrami wytrzymałościowymi, stąd mogą pełnić funkcję konstrukcji wsporczych.

Prefabrykaty modułowe stosowane są w budownictwie od wielu lat, a dynamika ich rozwoju jest aktualnie bardzo wysoka przy znaczącym udziale polskich firm w skali światowej.

---

<sup>12</sup> L. Runkiewicz, J. Szulc, J. Sieczkowski, *Współczesne budownictwo modułowe kontynuatozem budownictwa wielkopłytyowego*, „Budownictwo i Prawo”, 2020, R. 23, nr 3, s. 3-8.

<sup>13</sup> M. Szruba, *Wyroby i konstrukcje stalowe*, „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne”, 2019, nr 6, s. 68-72.

Przedstawione materiały konstrukcyjne stosowane w budownictwie ogólnym wykorzystywane są również w przypadku budowli o przeznaczeniu ochronnym. Prefabrykacja elementów pozwala w szybki sposób wznosić budowle ochronne i elementy rozbudowy fortyfikacyjnej, zwiększając zdolność przetrwania wojsk oraz bezpieczeństwo ludności cywilnej.

## **WARUNKI TECHNICZNE I WYMAGANIA DLA WSPÓŁCZESNYCH KONSTRUKCJI MODUŁOWYCH**

Wśród obiektów modułowych dużą popularnością w wielu państwach europejskich cieszą się budowle wznoszone z prefabrykatów. z tego względu zaistniała potrzeba ujednoczenia przepisów dotyczących wymagań technicznych i norm. Budowle modułowe powinny spełniać wymagania użytkowe, zapewniające bezpieczne ich wykorzystanie<sup>14</sup>. do wymagań tych należą między innymi: wytrzymałość mechaniczna, odporność na uderzenia, odporność na rozprzestrzenianie się ognia, odporność na podwyższoną wilgotność, izolacyjność termiczna przegród i paroprzepuszczalność. Są to niektóre wymagania, których spełnienie wpływa na komfort i wygodę korzystania z obiektów modułowych, zapewniając optymalne warunki do eksploatacji przez okres użytkowania.

Podczas projektowania, budowy i przebudowy oraz przy zmianie sposobu użytkowania budynków zakwalifikowanych jako obiekty o konstrukcji modułowej, stosuje się przepisy Ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane i Rozporządzenie z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Przepisy te stosuje się również w przypadku budowli nadziemnych i podziemnych spełniających funkcje użytkowe budynków, a także do związanych z nimi urządzeń budowlanych. Rozporządzenie dotyczy ujednoczenia i uszczegółowienia zasad obowiązujących przy lokalizacji obiektów, wyposażenia danego obiektu w niezbędne elementy oraz instalacje, wymagań pod względem ochrony zdrowia użytkowników danego obiektu, oszczędności energii i izolacyjności cieplnej elementów budynku, a także przywołują przepisy norm<sup>15</sup>.

Poza wymienionymi wymaganiami, obiekt budowlany wykonany w konstrukcji modułowej powinien posiadać właściwie zaprojektowane i wykonane elementy o odpowiednich

---

<sup>14</sup> Europejski Dokument Oceny (ETAG) 023, Guideline for European Technical Approval of Prefabricated Building Units, Bruksela, 2006.

<sup>15</sup> Rozporządzenie z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2002 poz. 690 z późn. zm.).

parametrach akustycznych. Wynika to z krajowych uregulowań<sup>16</sup>, w których przedstawiono zagadnienia dotyczące sposobu ochrony przed hałasem w obiektach budowlanych, a także wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród, stanowiące ważne zagadnienia dla projektantów i wykonawców robót budowlanych.

W wielu przypadkach budowla o konstrukcji modułowej posiada porównywalne lub bardziej korzystne parametry związane z izolacyjnością akustyczną, w porównaniu do obiektu wykonanego w tzw. technologii tradycyjnej, czyli murowanej. Taki zadowalający stan techniczny izolacyjności pod tym względem osiąga się poprzez stosowanie materiałów dźwiękochłonnych do wykonywania okładzin przegród, montaż dodatkowych sufitów i podwyższania poziomu podłóg jako konstrukcji na legarach z elastycznymi podkładkami (np. z gumy lub filcu) i wypełnieniem powstałej pustki powietrznej wełną mineralną.

Ze względu na współczesne problemy deficytu mieszkań i infrastruktury towarzyszącej istnieje potrzeba poszukiwania nowych rozwiązań systemowych, które mogłyby spełnić wszystkie funkcjonujące w kraju oczekiwania społeczne. Innowacyjne budownictwo kontenerowe i modułowe stanowi kontynuację historycznego i tradycyjnego budownictwa prefabrykowanego, a moduły są obecnie coraz częściej stosowane w obiektach mieszkalnych i użyteczności publicznej. Poza zaspokojeniem potrzeb mieszkaniowych, obiekty z zastosowaniem konstrukcji modułowych mogą być wykorzystywane do innych celów.

W przypadku konstrukcji modułowych o przeznaczeniu militarnym pojawia się konieczność spełnienia innych wymagań<sup>17</sup>, jak odporność konstrukcji na złożone oddziaływania typu dynamicznego oraz możliwość dostosowania kolorystyki elementów obiektu modułowego do warunków wojskowych poprzez maskowanie wielofunkcyjne, uwzględniające szerokie widmo emisji elektromagnetycznej źródła, które może być rejestrowane przez urządzenia współczesnego rozpoznania. Innymi ważnymi wymaganiami dla modułowych konstrukcji tego typu jest ochrona osób przed środkami rażenia, przed bronią chemiczną, biologiczną i promieniowaniem przenikliwym<sup>18</sup>. Spełnienie tych wymagań wymusza wyposażenie obiektów w instalację filtrowentylacyjną, a przebywające wewnątrz obiektu osoby powinny być wyposażone w indywidualne środki ochrony. do innych kryteriów dotyczących rozwiązań

---

<sup>16</sup> Polska Norma, PN-B-02151-3:2015-10 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 3: Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych.

<sup>17</sup> Norma Obronna, NO-54-A205 Polowe obiekty fortyfikacyjne. Klasyfikacja i wymagania ogólne dotyczące rozwiązań funkcjonalnych.

<sup>18</sup> Polska Norma, PN-ISO 2848: 1998 Budownictwo – Koordynacja modułarna – Zasady i reguły.

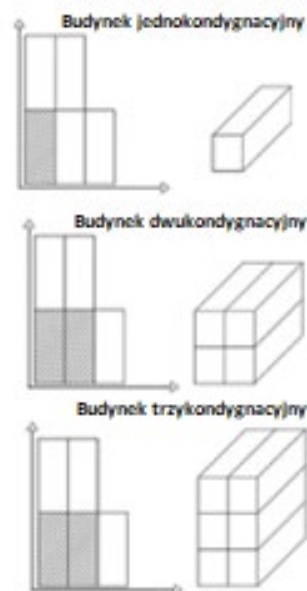
funkcjonalnych modułowych obiektów ochronnych należą ponadto odpowiednie usytuowanie wejść i wyjść, niezawodność połączeń elementów modułowych konstrukcji ze sobą, hermetyzacja i hydroizolacja obiektów.

W przypadku wykorzystania obiektów modułowych na terenie budowy, istotnym parametrem, ze względu na konieczność wykorzystania niewielkiej powierzchni zabudowy, są optymalne wymiary obiektu modułowego i jego ciężar, a także łatwy transport w nowe miejsce funkcjonowania. Ze względu na potrzeby magazynowe i przechowywanie sprzętu technicznego i środków materiałowych, obiekty powinny zapewniać ich ochronę i posiadać wymiary przekrojów poprzecznych dostosowanych do gabarytów sprzętu oraz warunków przechowywania środków materiałowych.

Istotną zaletą konstrukcji modułowych jest ich uniwersalność, związana z możliwością umieszczenia w obiekcie modułowym różnorodnego wyposażenia i dostosowania tego wyposażenia do nowych warunków funkcjonalnych, w zależności od potrzeb. W związku z tym, od konstrukcji modułowych wymaga się, aby tworzyły proste układy prętowe (Rys. 1.) w powtarzalnych konfiguracjach, umożliwiające montaż i łączenie modułów w systemy w celu rozbudowy lub nadbudowy już istniejącego modułu, o czym między innymi w pracy<sup>19</sup>.

Rys. 1.

Rama stalowa systemu modułowego



<sup>19</sup> M. Czarkowski, *Rola systemu modułowego w kontekście zrównoważonego rozwoju budownictwa mieszkalnego i infrastruktury towarzyszącej*, Ogólnopolska Studencka Konferencja Budowlana, Gdańsk, 2023.

Źródło: Strona internetowa miesięcznika Inżynier Budownictwa, <https://inzynierbudownictwa.pl> (dostęp: 01.03.2024).

Zyskujące na popularności w ostatnim czasie obiekty modułowe, ze względu na swoje przeznaczenie, powinny spełniać jeszcze inne, niewymienione tutaj wymagania i warunki techniczne. Zależą one od współczesnych wyzwań, do których mogą należeć migracje ludności, konflikty zbrojne, katastrofy naturalne czy deficyt mieszkaniowy.

## WYBRANE ASPEKTY PRAWNE BUDOWY MODUŁOWYCH OBIEKTÓW OCHRONNYCH

Przystępując do wykonania modułowego obiektu ochronnego, należy w pierwszej kolejności zapoznać się z prawnymi aspektami planowania, realizacji i użytkowania takiego obiektu. Określenie „budowla modułowa” lub „konstrukcja modułowa” nie występuje w Ustawie z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo Budowlane<sup>20</sup>, zwane dalej Ustawą. Dlatego też problematyką tą objęto obiekty budowle i obiekty budowlane wraz z przepisami, które dla formalnych podstaw ich budowy oraz użytkowania mają szerokie zastosowanie.

Aby ustalić formalne podstawy do rozpoczęcia robót budowlanych i wskazać czy realizacja odbywać się będzie na podstawie pozwolenia na budowę lub zgłoszenia robót budowlanych, należy uzyskać decyzję o warunkach zabudowy. Decyzja ta nie jest wymagana zawsze. Przede wszystkim nie jest wymagana, gdy dla danej nieruchomości obowiązuje Miejscowy Plan Zagospodarowania Przestrzennego (MPZP), który określa przeznaczenie, warunki zagospodarowania i zabudowy terenu, a także rozmieszczenie inwestycji na danym terenie. w przypadku braku MPZP, wydanie warunków zabudowy nie było wymagane przy budowie parterowych obiektów służących rekreacji indywidualnej o powierzchni zabudowy do 35m<sup>2</sup>, aż do wejścia w życie nowych przepisów w tym zakresie. Aktualnie budowa takich obiektów zawsze wymaga uzyskania decyzji o warunkach zabudowy, niezależnie od powierzchni zabudowy<sup>21</sup>. w aspekcie uregulowań prawnych, obiekt o konstrukcji modułowej, niebędący budynkiem, o powierzchni zabudowy do 35m<sup>2</sup>, zgodnie z obowiązującymi przepisami Ustawy, nie wymaga pozwolenia na budowę, lecz zgłoszenia robót budowlanych. Analizę związaną z formalnymi podstawami realizacji takich obiektów przedstawiono w pracy<sup>22</sup>.

---

<sup>20</sup> Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz.U. z 1994 r., poz. 414 z późn. zm.).

<sup>21</sup> Ustawa z dnia 7 lipca 2023 o zmianie ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. z 2023 r. poz. 1688).

<sup>22</sup> A. Wyrzykowski, *Tiny houses czyli projektowanie (nie) minimalistyczne*, „Przeźren, Ekonomia, Społeczeństwo”, 2019, 15/1, s. 85-106, <https://doi.org/10.23830/15/1/2019/85106>.

Interesującym zagadnieniem do omówienia pod względem prawnych uwarunkowań planowania i realizacji, jest zastosowanie kontenerów na potrzeby związane z ochroną osób lub mienia. Ich ogromna popularność wynika z uniwersalnego zastosowania, w tym także jako obiektów tymczasowych. w związku z tym, przed planowaniem i realizacją inwestycji, istnieje konieczność posiadania przez inwestora niezbędnej wiedzy, dotyczącej formalnych podstaw planowania, budowy i wykorzystywania kontenerów na różne cele.

Obiekt kontenerowy należy do grupy tymczasowych obiektów budowlanych, które zgodnie z Ustawą charakteryzują się tym, że przeznaczone są do czasowego użytkowania w okresie krótszym od jego trwałości technicznej i przewidziane do przeniesienia w inne miejsce lub do rozbiórki, a także nie są trwale połączone z gruntem. Można go umieścić na działce dokonując jedynie zgłoszenia, pod warunkiem, że zostanie rozebrany lub przeniesiony w inne miejsce przed upływem 180 dni. Jeśli natomiast kontener ma być wykorzystywany w jednym miejscu w czasie dłuższym niż 180 dni, jego ustawienie wymaga uzyskania pozwolenia na budowę.

Na podstawie analizy licznych przypadków wykorzystania kontenerów, tylko dla takich, które posiadają wyłączną funkcją przechowywania materiałów, nie jest wymagane pozwolenie na budowę. Dotyczy to również kontenerów wykorzystywanych jako zaplecza budowy, położone w obrębie obszaru prowadzonych robót budowlanych. Natomiast kontenery przeznaczone na cele techniczne, gospodarcze i zamieszkania, wymagają pozwolenia na budowę.

Wykorzystanie i zagospodarowanie kontenera nie wymaga pozwolenia na budowę, jeżeli spełnione są warunki wynikające z Ustawy. Dotyczą one budowy wolnostojących parterowych obiektów gospodarczych, garaży i wiat o powierzchni zabudowy do 35 m<sup>2</sup>, a także ograniczenia łącznej liczby tych obiektów (mniej niż dwa obiekty) na działce o powierzchni do 500 m<sup>2</sup>.

W przypadku braku obowiązku posiadania pozwolenia na budowę, obowiązuje zgłoszenie do właściwego organu administracyjnego – zwykle starosty właściwego ze względu na miejsce realizacji robót budowlanych. Ponadto należy obiekt określić jako tymczasowy. Tak zwana tymczasowość obiektu oznacza to, że kontener będzie użytkowany tylko przez określony czas.

W kontekście przedstawionych uwarunkowań formalnych oczywistą rzeczą jest, że w przypadku odstępstw, polegających na przekroczeniu powierzchni zabudowy, obowiązywać będzie pozwolenie na budowę, które należy uzyskać, aby rozpocząć realizację obiektu.

Z innych koniecznych obowiązków inwestora, związanych z realizacją budowli o konstrukcji modułowej, a następnie ich użytkowania, jest termin rozpoczęcia robót budowlanych po ich

zgłoszeniu. A mianowicie, budowę danej budowli o konstrukcji modułowej można rozpocząć, jeżeli w ciągu 21 dni od dnia złożenia kompletnego zgłoszenia budowy, urząd nie złoży sprzeciwu do zgłoszenia. Istotną kwestią związaną z realizacją budowy budowli o konstrukcji modułowej jest opóźnienie jej rozpoczęcia, a także czas trwania budowy. Zagadnienia te zostały sprecyzowane w Ustawie i wynika z nich, że w przypadku nierozpoczęcia wykonywania robót budowlanych przed upływem 3 lat od określonego w zgłoszeniu terminu ich rozpoczęcia, rozpoczęcie tych robót może nastąpić po dokonaniu ponownego zgłoszenia.

Konstrukcje modułowe znajdują coraz szersze zastosowanie w wojsku. Ze względu na te rozwojowe tendencje należy wskazać na obowiązujące w tym zakresie uwarunkowania prawne. Podstawowym przepisem, mającym istotne zastosowanie praktyczne, jest Rozporządzenie Ministra Obrony Narodowej z dnia 31 sierpnia 2023 r. w sprawie warunków technicznych dla obiektów budowlanych niebędących budynkami, służących obronności Państwa. Wymieniony akt prawny określa warunki techniczne dla obiektów budowlanych niebędących budynkami służących obronności państwa, zwanych dalej „obiettami budowlanymi”, które są przeznaczone do szkolenia wojsk oraz ich logistycznego zabezpieczenia<sup>23</sup>.

W strukturach NATO problematykę budownictwa ochronnego reguluje wiele przepisów i programów. Należą do nich między innymi The Defence and Related Security Capacity Building (DCB), który zapewnia partnerom NATO strategiczne doradztwo i praktyczną pomoc, a także specjalistyczną wiedzę. Innymi dokumentami normującymi budżetowanie, projektowanie i wykonawstwo obiektów z przeznaczeniem dla wojska jest Department of Defence (DoD) Instruction i DoD's military construction („MilCon”) z kolejnymi edycjami.

## **STOSOWANE PRZEZ WOJSKO TECHNOLOGIE KONSTRUKCJI MODUŁOWYCH w BUDOWLACH OCHRONNYCH – PRZEGLĄD**

Budowle modułowe mogą składać się z jednego modułu bądź powstają w wyniku połączenia mniejszych elementów tworząc funkcjonalną strukturę ochronną. Mogą to być obiekty bezramowe albo opierać się na ramie konstrukcyjnej, do której mocowane są elementy prefabrykowane. Całość może tworzyć obiekt stały bądź tymczasowy, często z możliwością bezkolizyjnego demontażu i przewiezienia w inne miejsce. Istotną cechą budowli ochronnych oraz elementów fortyfikacji polowej jest obecność ośrodka gruntowego, który spełnia dwa

---

<sup>23</sup> Rozporządzenie Ministra Obrony Narodowej z dnia 31 sierpnia 2023 r. w sprawie warunków technicznych dla obiektów budowlanych niebędących budynkami, służących obronności Państwa (Dz. U. z 2023 r. poz. 1916).

zadania. z jednej strony warstwa gruntu stanowi dodatkową ochronę, zwiększając parametry wytrzymałościowe konstrukcji, a z drugiej – pozwala na zamaskowanie obiektu. w niniejszym rozdziale zostaną zaprezentowane wybrane technologie stosowania konstrukcji modułowych w budowlach ochronnych.

W trakcie działań bojowych wymagana jest szybkość realizacji zadań oraz niezawodność ich wykonania, dlatego konstrukcje ochronne wznoszone przez wojsko opierają się na modułach, o czym wspomniano na wstępie. w zdecydowanej większości są to obiekty powstałe z drewna, żelbetonu lub stali. Modułami można również nazwać worki z piaskiem, a także dużo bardziej popularne elementy Hesco Bastionu (Rys. 2.). Hesco Bastion jest rodzajem gabionu (pojemnika) z siatki drucianej i wytrzymałej tkaniny o różnorodnych wymiarach. Gabiony wypełniane są piaskiem, ziemią lub żwirem, najczęściej przy użyciu wojskowych maszyn inżynieryjnych, co znacznie przyspiesza prace fortyfikacyjne. Rozwiązanie to nabrało szczególnego znaczenia podczas wojny w Iraku i Afganistanie, gdzie tworzone ściany ziemne zapewniały bezpieczeństwo w rozwiniętych bazach<sup>24</sup>.

Rys. 2.

Elementy Hesco Bastionu oraz drut ostrzowy wykorzystane do umocnień



Źródło: Strona internetowa firmy MEGMAR, <https://megmar.pl> (dostęp: 03.03.2024).

W budownictwie ochronnym drewno wykorzystywane jest przede wszystkim doraźnie. Najczęściej stanowi element okopu, ukrycia lub schronu typu przeciwodłamkowego. Budowle

---

<sup>24</sup> G. Al.-Chaar, M. Banko, B. Eick, T. Carlson, *Performance of HESCO Bastion Units Under Combined Normal and Cyclic Lateral Loading*, „Construction Engineering Research Laboratory”, 2017, Report numer: 17-4.

te mają służyć ochronie przed wybuchem jądrowym, gdzie naciski na czole fali wynosi maksymalnie 0,05 MPa, a także przed bezpośrednim trafieniem pocisków broni ręcznej i maszynowej oraz odłamków bomb i pocisków artyleryjskich. w działaniach zbrojnych obiekty drewniane wykorzystuje się głównie do ochrony ludzi oraz prowadzenia obserwacji i ognia. Najczęściej są to obiekty naziemne, częściowo zagłębione w gruncie<sup>25</sup>. Warstwa gruntu stanowi dodatkową ochronę przed oddziaływaniem środków rażenia oraz posiada cechy maskujące.

Konstrukcje żelbetowe mogą w zadowalający sposób spełniać wymagania skutecznej ochrony przed skutkami użycia broni i amunicji dzięki odpowiednim parametrom wytrzymałościowym. Wojsko wykorzystuje żelbet do ukryć oraz do schronów typu lekkiego i ciężkiego. Te ostatnie, wyposażone w zbiorowe środki ochrony, zapewniają ochronę przed bronią chemiczną, biologiczną i pyłem radioaktywnym. Ponadto są zabezpieczeniem przed wybuchem jądrowym w odległości, gdzie naciski na czole fali wynosi maksymalnie 0,30 MPa, a także przed bezpośrednim trafieniem pocisku moździerzowego (kaliber 120 mm) z zapalnikiem o działaniu opóźnionym oraz przed wybuchem pocisku artyleryjskiego (kaliber 152 mm) w odległości ponad 1,5 m od ściany schronu<sup>26</sup>. Konstrukcje te są wykorzystywane do ochrony ludzi i sprzętu oraz jako stanowiska dowodzenia. Obiekty te mogą całkowicie zostać zagłębione w gruncie. Bezpieczny pobyt osób w obiektach o przedstawionej charakterystyce umożliwia także odpowiednie wyposażenie w instalacje i systemy. Budowa schronów żelbetowych wymaga jednak dużego nakładu pracy i czasu.

Stal wykorzystywana w budownictwie ochronnym może przybierać różne formy. w przypadku budowli drewnianych, jako płyta, może stanowić opancerzenie wybranych elementów konstrukcji, szczególnie narażonych na oddziaływanie środków rażenia. Stal wykorzystywana jest również jako prefabrykowane elementy wejścia/wjazdu do schronów żelbetowych, w postaci drzwi ochronnych, włazów ochronnych bądź bram ochronnych, a także do budowy przedsionków i przegród<sup>27</sup>. w sytuacji wymagającej szybkiego uzbrajania nowobudowanych pozycji w działaniach zbrojnych stosuje się arkusze blachy falistej jako elementów nośnych budowli ochronnych. Powstałe w ten sposób konstrukcje stanowią ochronę

---

<sup>25</sup> Norma Obronna, NO-54-A205 Polowe obiekty fortyfikacyjne. Klasyfikacja i wymagania ogólne dotyczące rozwiązań funkcjonalnych.

<sup>26</sup> Norma Obronna, NO-54-A205 Polowe obiekty fortyfikacyjne. Klasyfikacja i wymagania ogólne dotyczące rozwiązań funkcjonalnych.

<sup>27</sup> Norma Obronna, NO-54-A206 Wejścia do schronów polowych z elementów prefabrykowanych. Klasyfikacja i podstawowe wymiary.

ludzi, sprzętu technicznego i środków materiałowych. Pełnią rolę stanowisk do prowadzenia obserwacji i kierowania ogniem oraz polowych punktów medycznych. Ponadto, blacha falista jest wykorzystywana do wzmocnienia istniejących schronów żelbetowych.

Szczególnym przypadkiem modułu jest kontener, który z uwagi na uniwersalność może, jako samodzielny obiekt, pełnić określoną rolę. Kontenery zapewniają bezpieczne przebywanie żołnierzy, a także przechowywanie sprzętu wojskowego. Wojsko wykorzystuje kontenery między innymi jako obiekty biurowo-sztabowe, mieszkalne, socjalne, warsztatowe, punkty kontroli, medyczne, magazyny amunicji i środków bojowych, strzelnice i agregaty. Oprócz możliwości szybkiej relokacji czy zmiany przeznaczenia, kontenery są doskonałym środkiem maskującym przewożone towary, zarówno drogą lądową, jak i morską lub powietrzną<sup>28</sup>. Kontenery funkcjonują zarówno na terenie jednostek wojskowych, jak i w rejonie, gdzie wojsko realizuje zadania, a infrastruktura nie jest jeszcze rozwinięta. z uwagi na możliwości transportowe i szybkość adaptacji obiektów, kontenery wykorzystywane są również w działaniach poza granicami kraju. Dodatkowym, istotnym zastosowaniem kontenerów jest szybka możliwość zorganizowania mieszkań dla osób objętych katastrofami naturalnymi, wojną czy możliwość przyjęcia – tymczasowo bądź na stałe - uchodźców i migrantów. Przykłady zastosowania modułów kontenerowych przedstawia Rys. 3.

Rys. 3.

Kontenery mieszkalne dla żołnierzy polskich sił zbrojnych



Źródło: Strona internetowa firmy Modular System, <http://www.modularsystem.pl> (dostęp: 03.03.2024).

---

<sup>28</sup> D. Woźniak, L. Kukiełka, *Niektóre aspekty transportu kontenerowego w wojsku*, „Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe”, 2011, R. 12, nr 5, s. 455-463.

Zarówno kontenery, jak i konstrukcje o kształcie walcowym mogą być wykorzystywane jako mobilne schrony podziemne. Pojedynczy moduł może zapewnić ochronę dla nawet 8 osób. Istnieje również możliwość łączenia bloków, mogących stanowić w pełni funkcjonalne obiekty dla różnych celów. w przypadku zastosowania na użytek prywatny, połączone moduły mogą utworzyć lokal mieszkalny wraz z pomieszczeniami sanitarnymi i technicznymi. w wojsku, oprócz biernej ochrony ludzi i sprzętu, armie niektórych państw świata stosują mobilne schrony jako stanowiska dowodzenia różnych szczebli wraz z niezbędną infrastrukturą, np. radiowęzłem telekomunikacyjnym. Przykład walcowego schronu kontenerowego obrazuje Rys. 4.

Rys. 4.

Walcowe schrony kontenerowe wykorzystywane w Ukrainie



Źródło: Strona internetowa serwisu WP Tech, <https://tech.wp.pl> (dostęp: 03.03.2024).

Przedstawiony w rozdziale przegląd stosowanych konstrukcji modułowych w budownictwie ochronnym ukazuje powszechność i uniwersalność technologii. Konstrukcje modułowe z powodzeniem były i nadal są wykorzystywane na użytek sił zbrojnych. w ostatnim czasie zauważa się również coraz większe zainteresowanie modułowymi budowlami ochronnymi na użytek prywatny. Rozwój przemysłu zbrojeniowego oraz użycie nowoczesnych technologii na współczesnym polu walki wymusza również zastosowanie nowoczesnych rozwiązań w aspekcie zapewnienia bezpieczeństwa.

## TRENDY ROZWOJOWE KONSTRUKCJI MODUŁOWYCH PRZEZNACZONYCH DO BUDOWY BUDOWLI OCHRONNYCH

Budowle ochronne zapewniają bezpieczeństwo obywatelom podczas użycia broni masowego rażenia oraz amunicji o działaniu wielkoobszarowym. Budowle ochronne powinny być łatwo dostępne, a ich ilość powinna zagwarantować miejsce dla każdego żołnierza i mieszkańca. w przypadku działań zbrojnych na pierwszych liniach frontu, budowlom ochronnym stawia się kolejne wymaganie, jakim jest szybka rozbudowa schronień i umocnień. Celem jest zapewnienie bezpieczeństwa żołnierzy, zwiększenie zdolności przetrwania wojsk oraz utrzymanie pozycji (rubieży). w rozdziale tym przedstawiono współczesne trendy rozwojowe konstrukcji modułowych przeznaczonych do ochrony ludzi i sprzętu.

W 2018 roku opatentowano projekt Polskiego Schronu Modułowego podwójnego przeznaczenia – dostosowanego do potrzeb rynku cywilnego oraz wojska. Żelbetowa konstrukcja w podstawowej wersji posiada 35 m<sup>2</sup> i pozwala na ochronę czterech osób przez trzy doby (Rys. 5.). Schron jest odporny na oddziaływanie fali uderzeniowej, zagruzowanie, odłamki różnego pochodzenia i długotrwałe pożary na zewnątrz obiektu. Stanowi zabezpieczenie przed zagrożeniami chemicznymi, biologicznymi i radiologicznymi. Schron w podstawowej wersji składa się z salonu, sypialni, kuchni, łazienki, pomieszczenia technicznego i przedsionka, a także posiada wejście główne i ewakuacyjne. Struktura modułowa schronu pozwala na projektowanie obiektów o różnym przeznaczeniu, łącząc w dowolnej konfiguracji cztery rodzaje dostępnych segmentów. Polski Schron Modułowy jest konstrukcją uniwersalną, możliwą do zastosowania na całym świecie. w czasie pokoju obiekt może być wykorzystywany do innych celów, na przykład jako magazyn lub komora normobaryczna.

Rys. 5.

Schemat Polskiego Schronu Modułowego



Źródło: Strona internetowa firmy MAHTON, <https://mahton.eu> (dostęp: 03.03.2024).

Do ochrony osób wykorzystywane mogą być również przydomowe ziemianki modułowe, których podstawową funkcją jest przechowywanie produktów żywnościowych i przetworów. Konstrukcja może być całkowicie lub częściowo zagłębiona w gruncie, co pozwala na utrzymanie stałej temperatury wynoszącej od 4 do 8°C. Najczęściej składają się z dwóch modułów – wejściowego i głównego. Innowacyjnym rozwiązaniem w przypadku ziemianek jest technologia PwK, czyli piana w kracie, a dokładniej poliuretan w geokracie. Obiekty tworzone tą technologią (Rys. 6.) wyróżnia niewielka powierzchnia, możliwość rozbudowy oraz łatwość dostosowania do indywidualnych preferencji. Technologia PwK polega na zastosowaniu geokraty komórkowej stanowiącej rdzeń, który następnie wypełniany jest poliuretanem. Uzyskuje się w ten sposób powtarzalne moduły o przekroju poprzecznym w kształcie prostokąta. Łączenie modułów pozwala na uzyskanie przestrzennej konstrukcji łukowej o współodkształcalnej strukturze geokraty. System regularnych geosiatek zamykany jest pianką poliuretanową. do wykonania szkieletu wykorzystuje się sklejkę szalunkową. Obiekty powstałe tą metodą wyróżniają się wysokim poziomem bezpieczeństwa – dużą wytrzymałością i odpornością na wysokie temperatury oraz na starzenie się materiału. Budowa takich ziemianek typu „piwniczka” możliwa jest w kilka dni i nie wymaga zastosowania specjalistycznego sprzętu<sup>29</sup>.

Rys. 6.

Piwniczka wykonana w technologii PwK



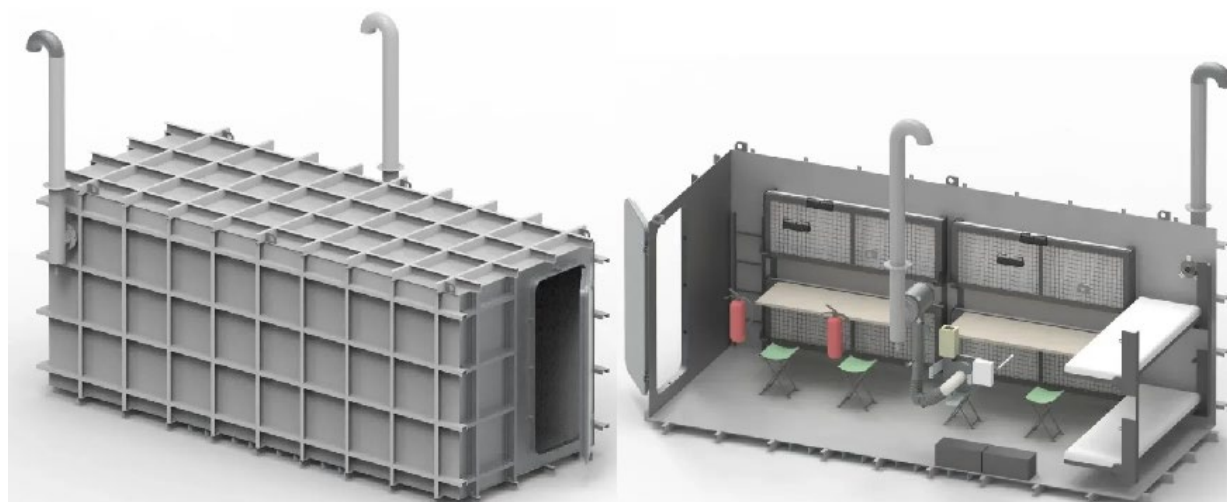
Źródło: J. Partyka, E. Kokocińska-Pakiet, G. Przybyłko, *Innowacyjność rozwiązań technologicznych piwniczek ekologicznych*, „Inżynieria i Budownictwo”, 2023, R. 79, nr 7-8, s. 421-427, <https://doi.org/10.5604/01.3001.0053.7992>.

<sup>29</sup> J. Partyka, E. Kokocińska-Pakiet, G. Przybyłko, *Innowacyjność rozwiązań technologicznych piwniczek ekologicznych*, „Inżynieria i Budownictwo”, 2023, R. 79, nr 7-8, s. 421-427, <https://doi.org/10.5604/01.3001.0053.7992>.

W ostatnich latach, zarówno w Polsce jak i innych krajach NATO, nastąpił wzrost zainteresowania modułowymi obiektami ochronnymi. Dzięki temu powstaje coraz więcej firm oferujących takie obiekty, a współczesne konstrukcje odznaczają się coraz lepszymi parametrami bezpieczeństwa oraz funkcjonalnością. Najczęściej wykorzystuje się stalowe moduły kontenerowe osadzone na zbrojonej płycie fundamentowej z betonu, zapewniającym bezpieczeństwo dla rodziny liczącej do 6 osób. w zależności od konstrukcji i lokalizacji stosuje się drzwi ochronne, włązy lub klatkę schodową będącą kolejnym modułem. Istnieją też konstrukcje składające się z większej ilości modułów, szczególnie w przypadku przeznaczenia dla większej ilości osób, np. pracowników zakładów bądź w przypadku długotrwałego pobytu osób, co wymaga dodatkowych pomieszczeń. Ważnym aspektem w przypadku tych obiektów jest ośrodek gruntowy, stanowiącym dodatkowe zabezpieczenie przed oddziaływaniem środków bojowych. w miejscach, gdzie niemożliwe jest wykonanie robót ziemnych, np. z powodu obecności wód powierzchniowych bądź zwartej zabudowy miejskiej stosuje się mobilne naziemne obiekty ochronne (Rys. 7.). Obiekty te posiadają ograniczoną odporność oraz są łatwiejsze do wykrycia niż schrony podziemne<sup>30</sup>.

Rys. 7.

Przykład mobilnego naziemnego obiektu ochronnego



Źródło: Strona internetowa firmy Atlas Survival Shelters, shelters.pl (dostęp: 03.03.2024).

Znaczący postęp w aspekcie modułowego budownictwa ochronnego można osiągnąć poprzez zastosowanie najnowocześniejszych materiałów, a także sposoby ich łączenia. Wśród nich wyróżnić można różnego rodzaju włókna stosowane przede wszystkim w osłonach

<sup>30</sup> Strona internetowa firmy Atlas Survival Shelters, shelters.pl (dostęp: 03.03.2024).

balistycznych. Mowa tutaj o włóknach aramidowych typu kevlar, węglowych (karbonizowanych) oraz polietylenowych o ultra-wysokiej masie cząsteczkowej (UHMWPE)<sup>313233</sup>. Moduły i kompozyty stworzone na bazie tych materiałów mogą być bardzo dobrym zamiennikiem stali w budownictwie ochronnym. Główną przewagą osiągają poprzez niższą gęstość, dzięki czemu moduły o zadanych wymiarach są lżejsze oraz łatwiejsze w transporcie i montażu. Dodatkowo materiały te mogą tworzyć laminaty wykazujące większą niż stal wytrzymałość na uderzenia, ścieranie i rozciąganie, wytrzymałość na działanie ognia i skrajnych temperatur, zdolność pochłaniania energii, hydrofobowość oraz odporność na działanie większości środków chemicznych. z kolei moduły wykonane z włókna szklanego mogą posłużyć jako materiał izolacyjny konstrukcji oraz pręty zbrojenia budowli betonowych<sup>34</sup>.

Wykorzystanie modułów na bazie włókien może przyspieszyć wykonywanie prac fortyfikacyjnych, a także zwiększyć bezpieczeństwo żołnierzy na polu walki. Moduły te mogą być wykorzystywane nie tylko do budowy obiektów ochronnych, ale także do wzmacniania konstrukcji już istniejących lub budowanych z innych materiałów, na przykład z betonu czy stali. Wciąż jednak należy dążyć do wykorzystywania ośrodka gruntowego jako dodatkowej ochrony i naturalnego środka maskującego. w przypadku obiektów zlokalizowanych częściowo lub całkowicie pod powierzchnią gruntu, moduły na bazie włókien mogą posłużyć jako dopancerzenie najbardziej zagrożonych elementów konstrukcji, takich jak przelotnia, przedsionek czy elementy stanowisk obserwacyjnych i ogniowych.

Modułowe konstrukcje w działaniach wojskowych wykorzystuje także armia amerykańska. Expeditionary Shelter Protection System (ESPS) to system ochrony balistycznej i wybuchowej przeznaczony przede wszystkim dla zapewnienia bezpieczeństwa żołnierzy wysuniętych baz, stanowisk dowodzenia czy punktów kontrolnych. Podstawową rolą tego systemu jest ochrona przed pociskami karabinowymi, wybuchami oraz odłamkami pocisku artyleryjskiego. ESPS składa się z kompozytowych paneli najczęściej o wymiarach 1,2 m x 2,1 m, grubości do 12 mm

---

<sup>31</sup> P. Krysiak, A. Błachut, J. Kaleta. "Theoretical and Experimental Analysis of Inter-Layer Stresses in Filament-Wound Cylindrical Composite Structures", *Materials*, 2021, 14(22), <https://doi.org/10.3390/ma14227037>.

<sup>32</sup> P. Krysiak, A. Błachut, P. Gąsiorek, J. Kaleta, "Influence of fiber type and the layer thickness on the stress distribution in composite pipe", *Interdisciplinary Journal of Engineering Sciences*, 2014, Vol. II, s. 17-20.

<sup>33</sup> P. Krysiak, A. Błachut, B. Babiarczuk, "Structure analysis of a wound composite pipe based on continuous filaments", *Interdiscip*, 2016, Vol. IV, s. 11-14.

<sup>34</sup> M. Wesółowska, B. Delczyk-Olejniczak, *Włókna w balistyce – dziś i jutro*, "Techniczne Wyroby Włókiennicze", 2011, nr 1/2, s. 41-45.

i wadze do 67 kg. Przewagą tego systemu nad innymi konstrukcjami jest szybkość montażu, wynosząca 35 m/h przy zaangażowaniu 4 żołnierzy<sup>35</sup>. System ESPS prezentuje Rys. 8.

Rys. 8.

Montaż modułowych paneli kompozytowych systemu ESPS



Źródło: Strona internetowa firmy Compotech, compotechinc.com (dostęp: 03.03.2024).

Innym modułowym systemem stosowanym przez amerykańską armię jest MINATORS – wytrzymałe schronienie z możliwością szybkiego i wielokrotnego użycia (Rys. 9.). Konstrukcja składa się z podestu poziomującego oraz kompozytowych paneli modułowych tworzących podłogę, ściany i sufity. Schronienie może być montowane bez użycia narzędzi przez 3-6 żołnierzy w czasie poniżej 30 minut. Według producenta, powstały obiekt jest o około 40% lżejszy od tradycyjnie stosowanych konstrukcji, a także 4,5 razy bardziej energooszczędny niż wykorzystywane w wojsku namioty. Dodatkowo wyróżnia się możliwością zabezpieczenia przed oddziaływaniem broni chemicznej i biologicznej. Armia amerykańska wykorzystuje system MINATORS przede wszystkim do zakwaterowania żołnierzy w miejscach, gdzie istnieje pilna potrzeba rozmieszczenia wojsk, na przykład podczas wystąpienia katastrof naturalnych, Obiekty te są wykorzystywane również jako stanowiska dowodzenia, magazyny, stołówki, czy obiekty zabezpieczenia logistycznego<sup>36</sup>.

---

<sup>35</sup> Strona internetowa firmy Compotech, compotechinc.com (dostęp: 03.03.2024).

<sup>36</sup> *Ibidem*.

Rys. 9.

Modułowa konstrukcja typu MINATORS



Źródło: Strona internetowa firmy Compotech, compotechinc.com (dostęp: 03.03.2024).

Zapotrzebowanie na modułowe konstrukcje ochronne jest bardzo wysokie. Wynika to z trwających konfliktów zbrojnych bądź zagrożeń ich wystąpienia. Przykładem jest Estonia, która w najbliższym czasie planuje postawienie 600 jednomodułowych żelbetowych schronów przy granicy z Rosją<sup>37</sup>. Armie wielu państw nieustannie pracują nad wdrożeniem nowych rozwiązań, zwiększając parametry odpornościowe, szybkość montażu, a także komfort korzystania z obiektów przeznaczonych do ochrony. Warto wspomnieć, że budowle ochronne mogą być wsparte również o inne nowe technologie, jak na przykład wykorzystanie druku 3D do tworzenia obiektów fortyfikacyjnych i umocnień metodą przyrostową<sup>38</sup>.

## PODSUMOWANIE

Współczesne środki rażenia oraz obowiązujące w Polsce przepisy prawne, ustawy, rozporządzenia, a także normy wojskowe dotyczące budowli ochronnych sprawiają, że zapewnienie bezpieczeństwa żołnierzom oraz ludności cywilnej jest zadaniem bardzo trudnym.

---

<sup>37</sup> Strona internetowa serwisu InfoSecurity24, InfoSecurity24.pl, (dostęp: 03.03.2024).

<sup>38</sup> A. Wysoczański, J. Partyka, P. Mackiewicz, *The use of high-performance concretes, ultra high-performance concretes, and additive manufacturing technology in increasing the ballistic protection level of field fortifications*, "Wiedza Obronna", 2023, Tom 284, nr 3, <https://doi.org/10.34752/2023-k284>.

o ile spełnienie wymagań w zakresie odporności obiektów jest możliwe w prawie każdych warunkach, o tyle ochrona przed bronią chemiczną i biologiczną wymaga hermetycznej izolacji obiektu. Kolejną ważną kwestią jest przystosowanie obiektów na pobyt długotrwały, co wiąże się z zapewnieniem dostępu do bieżącej wody i odprowadzania ścieków, montażu systemu wentylacji powietrza oraz wydzieleniem pomieszczeń przystosowanych na odpoczynek. Dlatego przedstawione w niniejszym artykule współczesne rozwiązania oraz trendy rozwojowe nie są rozwiązaniami idealnymi i uniwersalnymi. Jednakże pomimo trudności w zapewnieniu bezpieczeństwa w pełnym zakresie, konstrukcje te znacząco wpływają na jego zwiększenie. Zwiększanie bezpieczeństwa to proces ciągły, postępujący wraz z rozwojem przemysłu zbrojeniowego, ale także wraz ze zmianami klimatycznymi, wywołującymi katastrofy naturalne. Proces ten wymaga udoskonalania rozwiązań materiałowo-technicznych, powiązanych z rozwojem nowoczesnych technologii oraz wymianą doświadczeń w zakresie projektowania i budowy budowli ochronnych w technologii modułowej. Niniejsza praca przedstawia zasadność wznoszenia modułowych budowli ochronnych przy zastosowaniu aktualnie stosowanych i stale rozwijanych technologii. Autorzy w obiektywny sposób przedstawili zalety takich obiektów, a przede wszystkim wady, których wykluczenie pozytywnie wpłynie na ochronę ludności. Nie ma zatem wątpliwości, że wykorzystanie modułowych elementów w budowlach ochronnym jest i będzie tematem wielu dyskusji i rozważań naukowców.

## **BIBLIOGRAFIA**

### **REFERENCES LIST**

#### **PIŚMIENNICTWO**

#### **LITERATURE**

- Plis A., Prałat K., Budownictwo modułowe jako odpowiedź na współczesne wyzwania, „Przegląd Budowlany”, 2023, 94 (7-8), s. 151-154, <https://doi.org/10.5604/01.3001.0053.8513>.
- Peng C., Application of prefabricated building in emergency rescue project construction Taking - Wuhan Huoshenshan Hospital Project as an example, “IOP Conference Series: Earth and Environmental Science”, 2021, 742 012005, s. 3. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/742/1/012005>.
- Wysocki K., Jastrzębska E., Współczesne uwarunkowania maskowania stanowisk dowodzenia, „Przegląd Sił Zbrojnych”, 2021, nr 3, s. 73, 76.
- Fangrat J., Sieczkowski J., Budownictwo innowacyjne: technologie prefabrykowane i modułowe w budownictwie mieszkaniowym, „Nauka i Budownictwo”, 2017, R.21, nr 12, s. 58-61.
- Barbu A. F., Bârsan L., Study on designing a modular house, “Bulletin of the Transilvania University of Braşov”, 2022, Vol. 16(65) No. 2, Series I, s. 15-21, <https://doi.org/10.31926/but.ens.2022.15.64.2.2>.

- Nazarczuk M., Ewolucja systemów konstrukcji drewnianych budynków wielokondygnacyjnych, „Budownictwo i Inżynieria Środowiska”, 2018, s. 159-165, <https://doi.org/10.24427/bis-2018-vol9-no4-0002>.
- Runkiewicz L., Szulc J., Sieczkowski J., Współczesne budownictwo modułowe kontynuatorem budownictwa wielkopłytkowego, „Budownictwo i Prawo”, 2020, R. 23, nr 3, s. 3-8.
- Szruba M., Wyroby i konstrukcje stalowe, „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne”, 2019, nr 6, s. 68-72.
- Czarkowski M., Rola systemu modułowego w kontekście zrównoważonego rozwoju budownictwa mieszkalnego i infrastruktury towarzyszącej, Ogólnopolska Studencka Konferencja Budowlana, Gdańsk, 2023.
- Wyrzykowski A., Tiny houses czyli projektowanie (nie) minimalistyczne, „Przestrzeń, Ekonomia, Społeczeństwo”, 2019, 15/l, s. 85-106, <https://doi.org/10.23830/15/l/2019/85106>.
- Al.-Chaar G., Banko M., Eick B., Carlson T., Performance of HESCO Bastion Units Under Combined Normal and Cyclic Lateral Loading, „Construction Engineering Research Laboratory”, 2017, Report numer: 17-4.
- Woźniak D., Kukielka L., Niektóre aspekty transportu kontenerowego w wojsku, „Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe”, 2011, R. 12, nr 5, s. 455-463.
- Partyka J., Kokocińska-Pakiet E., Przybyłko G., Innowacyjność rozwiązań technologicznych piwniczek ekologicznych, „Inżynieria i Budownictwo”, 2023, R. 79, nr 7-8, s. 421-427, <https://doi.org/10.5604/01.3001.0053.7992>.
- Krysiak P., Błachut A., Kaleta J. "Theoretical and Experimental Analysis of Inter-Layer Stresses in Filament-Wound Cylindrical Composite Structures", *Materials*, 2021, 14(22), <https://doi.org/10.3390/ma14227037>.
- Krysiak P., Błachut A., Gąsiorek A., Kaleta J., "Influence of fiber type and the layer thickness on the stress distribution in composite pipe", *Interdisciplinary Journal of Engineering Sciences*, 2014, Vol. II, s. 17-20.
- Krysiak P., Błachut A., Babiarczuk B., "Structure analysis of a wound composite pipe based on continuous filaments", *Interdiscip*, 2016, Vol. IV, s. 11-14.
- Wesołowska M., Delczyk-Olejniczak B., Włókna w balistyce – dziś i jutro, „Techniczne Wyroby Włókiennicze”, 2011, nr 1/2, s. 41-45.
- Wysoczański A., Partyka J., Mackiewicz P., The use of high-performance concretes, ultra high-performance concretes, and additive manufacturing technology in increasing the ballistic protection level of field fortifications, „Wiedza Obronna”, 2023, Tom 284, nr 3, <https://doi.org/10.34752/2023-k284>.

## ŹRÓDŁA SOURCES

- Strona internetowa Instytutu Budownictwa Modułowego, <https://www.modular.org>, „Raporty z budownictwa modułowego – Analiza branży budownictwa modułowego”.
- Strona internetowa firmy badawczej Spectis, <https://spectis.pl>, „Raport dotyczący wartości rynku budownictwa modułowego w Polsce”.
- Norma Obronna NO-54-A205 Polowe obiekty fortyfikacyjne. Klasyfikacja i wymagania ogólne dotyczące rozwiązań funkcjonalnych.

Wytyczne Szefa Obrony Cywilnej Kraju z dnia 4 grudnia 2018 roku w sprawie zasad postępowania z zasobami budownictwa ochronnego, załącznik: Warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać budowle ochronne.

Rządowa strona internetowa, <https://www.gov.pl>, „Raport dotyczący budowli ochronnych”.

Europejski Dokument Oceny (ETAG) 023, Guideline for European Technical Approval of Prefabricated Building Units, Bruksela, 2006.

Rozporządzenie z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2002 poz. 690 z późn. zm.).

Polska Norma, PN-B-02151-3:2015-10 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 3: Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych.

Norma Obronna, NO-54-A205 Polowe obiekty fortyfikacyjne. Klasyfikacja i wymagania ogólne dotyczące rozwiązań funkcjonalnych.

Polska Norma, PN-ISO 2848: 1998 Budownictwo – Koordynacja modułarna – Zasady i reguły.

Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz.U. z 1994 r., poz. 414 z późn. zm.).

Ustawa z dnia 7 lipca 2023 o zmianie ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. z 2023 r. poz. 1688).

Rozporządzenie Ministra Obrony Narodowej z dnia 31 sierpnia 2023 r. w sprawie warunków technicznych dla obiektów budowlanych niebędących budynkami, służących obronności Państwa (Dz. U. z 2023 r. poz. 1916).

Norma Obronna, NO-54-A205 Polowe obiekty fortyfikacyjne. Klasyfikacja i wymagania ogólne dotyczące rozwiązań funkcjonalnych.

Norma Obronna, NO-54-A206 Wejścia do schronów polowych z elementów prefabrykowanych. Klasyfikacja i podstawowe wymiary.

Strona internetowa firmy Atlas Survival Shelters, [shelters.pl](http://shelters.pl).

Strona internetowa firmy Compotech, [compotechinc.com](http://compotechinc.com).

Strona internetowa serwisu InfoSecurity24, [InfoSecurity24.pl](http://InfoSecurity24.pl).



Copyright (c) 2024 Dawid Olszewski, Jacek Partyka, Piotr Krysiak, Andrzej Wysoczański



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.