

# **STELAŻOWY SYSTEM PRZECIWPOWODZIOWY – KONCEPCJA OPTYMALIZACJI MATERIAŁOWEJ LEKKICH BARIER MOBILNYCH**

Wojciech Panna, Radosław Madej, Jakub Tragarz, Wojciech Żyłka  
[w\\_panna@atar.edu.pl](mailto:w_panna@atar.edu.pl)

Akademia Tarnowska, ul. Mickiewicza, 33-100 Tarnów

---

## **Streszczenie**

Stelażowy System Przeciwpowodziowy oparto na hybrydowej konstrukcji (Rys. 1.), w której funkcje nośne realizowane są przez wahlivy stelaż stalowy (1), natomiast szczelność i adaptację do nierówności podłoża zapewnia elastyczna, dwuwarstwowa folia polimerowa (2). Kluczowym elementem rozwiązania jest wykorzystanie obciążenia hydrostatycznego spiętrzającej się wody jako czynnika stabilizującego zapórę, co pozwala na redukcję masy własnej konstrukcji przy zachowaniu wymaganej stateczności. Wyróżnia to omawiany system od innych rozwiązań aktualnie stosowanych w działaniach ratowniczych [1,2,3].

Wyniki badań użytkowych oraz testów przydatności operacyjnej przeprowadzonych w warunkach zbliżonych do rzeczywistych działań ratowniczych poskutkowały wydaniem rekomendacji Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpowodziowej – Państwowego Instytutu Badawczego do użycia w warunkach operacyjnych. Badania

obejmowały ocenę ergonomii montażu, stabilności zapory, szczelności połączeń oraz zachowania systemu na różnych typach podłoża. Wydana rekomendacja wskazywała również kierunek prac nad optymalizacją konstrukcji Stelażowego Systemu Przeciwpowodziowego.

W szczególności zasadne wydaje się rozważenie zastąpienia części elementów stalowych (1) konstrukcjami kompozytowymi lub hybrydowymi, co mogłoby prowadzić do redukcji masy jednostkowej, ograniczenia kosztów obróbki materiałowej oraz zwiększenia odporności korozyjnej systemu. Kolejnym kierunkiem prac badawczo-rozwojowych jest optymalizacja materiałowa stosowanej folii (2). Zastosowana w badanym rozwiązaniu folia o grubości około 1,5 mm zapewnia wysoką odporność mechaniczną, jednak jej sztywność ogranicza ergonomię montażu oraz zdolność dokładnego dopasowania do geometrii podłoża. Zasadne wydaje się zatem przeprowadzenie badań

porównawczych cieńszych, wielowarstwowych materiałów polimerowych o zróżnicowanej strukturze, umożliwiających zachowanie szczelności przy jednoczesnym zwiększeniu elastyczności układu.

Istotnym obszarem dalszej optymalizacji jest również sposób rozkładania konstrukcji stelażowej. Doświadczenia eksploatacyjne wskazują, że rozwiązania wymagające manualnego skręcania elementów podczas montażu (3) mogą ograniczać szybkość reakcji w warunkach działań kryzysowych. Alternatywą mogą być konstrukcje samorozkładające się, oparte na przegubach i mechanizmach składania analogicznych do mebli rozkładanych, co pozwoliłoby na eliminację elementów złącznych i uproszczenie procedury montażu.

**Słowa kluczowe:** ochrona przeciwpowodziowa, bariery tymczasowe, optymalizacja materiałowa, konstrukcje hybrydowe, systemy ratownicze

Wyniki testów wykazały konieczność dalszej poprawy stateczności konstrukcji w warunkach dynamicznego obciążenia wodą. W obecnej postaci stabilność systemu wspomagana jest dodatkowymi podporami (4), co wskazuje na potrzebę modyfikacji geometrii stelaża oraz rozkładu sił w podstawie zapory. Dalsze prace powinny koncentrować się na uzyskaniu samostabilizującej się konstrukcji, niewymagającej dodatkowych elementów wsporczych. Oprócz tego optymalizacji wymaga również sposób łączenia pojedynczych modułów zapor, który opiera się na zawinięciu folii sąsiednich modułów, umieszczeniu pomiędzy stalowymi elementami i ściśnięciu w celu stabilizacji mechanicznej i osiągnięciu wymaganej szczelności układu.

**Keywords:** flood protection, temporary barriers, material optimisation, hybrid structures, emergency response systems

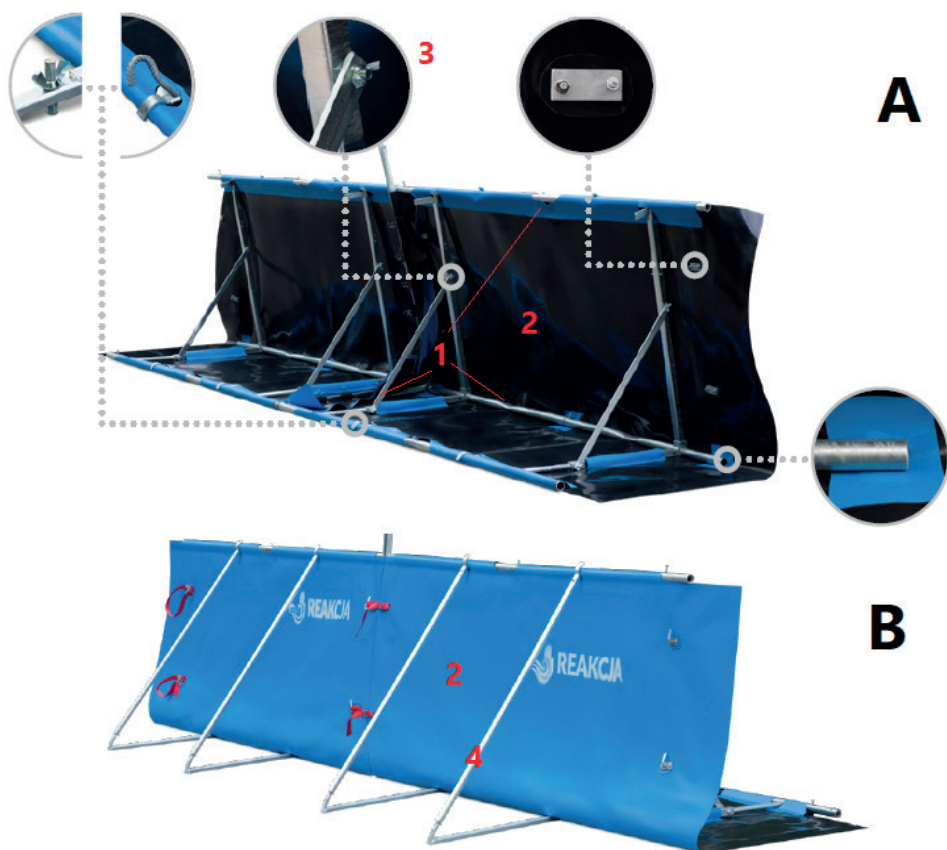
## Bibliografia/References

[1] Kobbe B., Brinkmann. 2011. Development and Testing of Water-Filled Tube Systems for Flood Protection Measures. International Conference on Textile Composites and Inflatable Structures STRUCTURAL MEMBRANES 2011.

[2] Huong T.C., Plaut R.H., Filz G.M. 2022. Wedged geomembrane tubes

as temporary flood-fighting devices. Thin-Walled Structures 40(11), pp. 913-923.

[3] Woon Yang Tan, Xin Yi Chong, Cha Yao Tan, Chow Hock Lim, Fang Yenn Teo 2024. A Review on Lightweight Mobile Flood Wall Barrier: Way Forward for Malaysia. The Journal of The Institution of Engineers Malaysia 84(2).



Rys. 1. Złączone dwa moduły systemu stelażowego w pozycji nacierającej wody (A) i od strony zabezpieczanej B, z zaznaczonymi głównymi elementami konstrukcji: 1 – stalowy stelaż, 2 – dwuwarstwowa folia PVC, 3 – skręcany element stabilizujący, 4 – podpory zabezpieczające.

Fig. 1. Two connected modules of the frame-based Flood Protection System, view from the water-impact side (A) and the protected side (B), with main structural elements indicated: 1 – steel frame, 2 – double-layer PVC membrane, 3 – bolted stabilising element, 4 – supporting braces.

# **FRAME-BASED FLOOD PROTECTION SYSTEM – A CONCEPT OF MATERIAL OPTIMISATION FOR LIGHTWEIGHT TEMPORARY BARRIERS**

Wojciech Panna, Radosław Madej, Jakub Tragarz, Wojciech Żyłka  
[w\\_panna@atar.edu.pl](mailto:w_panna@atar.edu.pl)

Akademia Tarnowska, ul. Mickiewicza, 33-100 Tarnów

---

The Frame-Based Flood Protection System is founded on a hybrid structural concept (Fig. 1), in which load-bearing functions are provided by a swinging steel frame (1), while sealing performance and adaptation to ground irregularities are ensured by a flexible, double-layer polymer membrane (2). A key feature of the solution is the utilisation of the hydrostatic pressure of impounded water as a stabilising factor for the barrier, enabling a reduction in the self-weight of the structure while maintaining the required stability. This distinguishes the proposed system from other solutions currently employed in emergency response operations [1–3].

The results of functional testing and operational suitability assessments conducted under conditions simulating real emergency response scenarios led to the issuance of a recommendation by the Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute (CNBOP-PIB) for operational use. The tests included evaluation of installation ergonomics, struc-

tural stability, joint tightness, and system behaviour on different types of ground surfaces. The issued recommendation also identified directions for further optimisation of the Frame-Based Flood Protection System.

In particular, consideration should be given to replacing selected steel components (1) with composite or hybrid structures, which could lead to a reduction in unit weight, lower material processing costs, and improved corrosion resistance of the system. Another important research and development direction concerns material optimisation of the applied membrane (2). The approximately 1.5 mm thick membrane used in the tested configuration ensures high mechanical resistance; however, its stiffness limits installation ergonomics and precise adaptation to ground geometry. Therefore, comparative investigations of thinner, multilayer polymer materials with diversified structural configurations appear justified in order to maintain sealing performance while increasing system flexibility.

A significant area for further optimisation also concerns the deployment mechanism of the frame structure. Operational experience indicates that solutions requiring manual tightening of mechanical elements during installation (3) may reduce response speed in crisis situations. An alternative approach could involve self-deploying structures based on hinge systems and folding mechanisms analogous to collapsible furniture, enabling the elimination of fastening elements and simplification of the installation procedure.

Test results also demonstrated the need for further improvement of structural stability under dyna-

mic water loading conditions. In its current configuration, system stability is supported by additional braces (4), indicating the necessity of modifying frame geometry and force distribution within the barrier base. Future work should focus on achieving a self-stabilising configuration that does not require auxiliary supporting elements. Furthermore, optimisation is required in the method of connecting individual barrier modules, which currently relies on wrapping adjacent membranes, positioning them between steel elements, and compressing them to achieve mechanical stabilisation and the required level of watertightness.