

## **Biobudownictwo. Badanie parametrów technicznych materiałów z naturalnymi dodatkami.**

**Anna Treder, Igor Małeż, Ryszard Głowienkowski, Jakub Rychert pod kierunkiem mgr inż. Magdaleny Pytki – Leśniak – opiekuna młodzieży i KMT PZITB, Państwowe Szkoły Budownictwa im. prof. Mariana Osińskiego w Gdańsku**

### **1. Wprowadzenie**

Grupa uczniów z technikum budowlanego i technikum robót wykończeniowych Państwowych Szkół Budownictwa w Gdańsku wzięła udziału w stażu zagranicznym w Hiszpanii dotyczącym konstrukcji ekologicznych. Przygotowania do wyjazdu polegały m.in. na udziale w zajęciach na Politechnice Gdańskiej, których efektem są badania przeprowadzone na próbka z betonu konopnego. Beton konopny - to ciekawy materiał, który ma szansę zrewolucjonizować światowe budownictwo naturalne, ponieważ silnie wpisuje się w trend odnawialnych zasobów. Charakteryzuje się ujemnym śladem węglowym, bo podczas wzrostu konopie pochłaniają więcej dwutlenku węgla niż zużywa się go później do zrobienia z nich materiałów budowlanych. Beton konopny wykazuje wysokie zdolności izolowania termicznego, akumulacji ciepła, paroprzepuszczalności, jest niepalny, a po wyburzeniu budynku może być wykorzystany jako nawóz. Beton konopny jest produkowany przez mieszanie na mokro konopnych paździerz (czyli pociętych kawałków zdrewniałych części łodyg) ze spoiwem na bazie wapna. Hempcrete, mimo że nie ma funkcji nośnej, stanowi świetne wypełnienie ściany jako naturalny materiał izolacyjny o średniej gęstości. Nazywany jest „betonem”, dlatego że jest połączeniem wypełniacza ze spoiwem, oraz ze względu na stopniowe twardnienie - wapno jest coraz twardsze pod wpływem procesu karbonatyzacji, więc z roku na rok konstrukcja jest wytrzymalsza, a wapno przeobraża się powoli w skałę wapienną. Dużą zaletą takiego materiału jest jego przepuszczalność dla pary wodnej na której badaniu się skupiliśmy. Hempcrete jest porowaty, może zatem odprowadzać nadmiar wilgoci, akumulując go w celulozie konopi. Mimo, że włókno konopne jest w stanie akumulować wilgoć, dzięki obecności wapna o naturalnie wysokim pH, hempcrete utrudnia rozwój bakteriom i grzybom. Pleśń w tym przypadku to raczej rzadkość. Pierwszym, co działa na niekorzyść całego materiału, jest długość jego utwardzania. Cały proces trwa nawet do trzech miesięcy. W tym czasie jest narażony na niekorzystne działanie warunków atmosferycznych, które mogą opóźnić proces lub nawet uszkodzić konstrukcję. Jak wiadomo, często jest to czynnik losowy, trzeba zatem być ostrożnym w planowaniu terminu budowy. Szczególnie odradza się to w miesiącach zimowych i w okresie występowania przymrozków – wapno jest szczególnie wrażliwe na niskie temperatury

## 2. SPRAWOZDANIE Z PRZEPROWADZONYCH BADAŃ.

### 2.1 PODSTAWA OPRACOWANIA

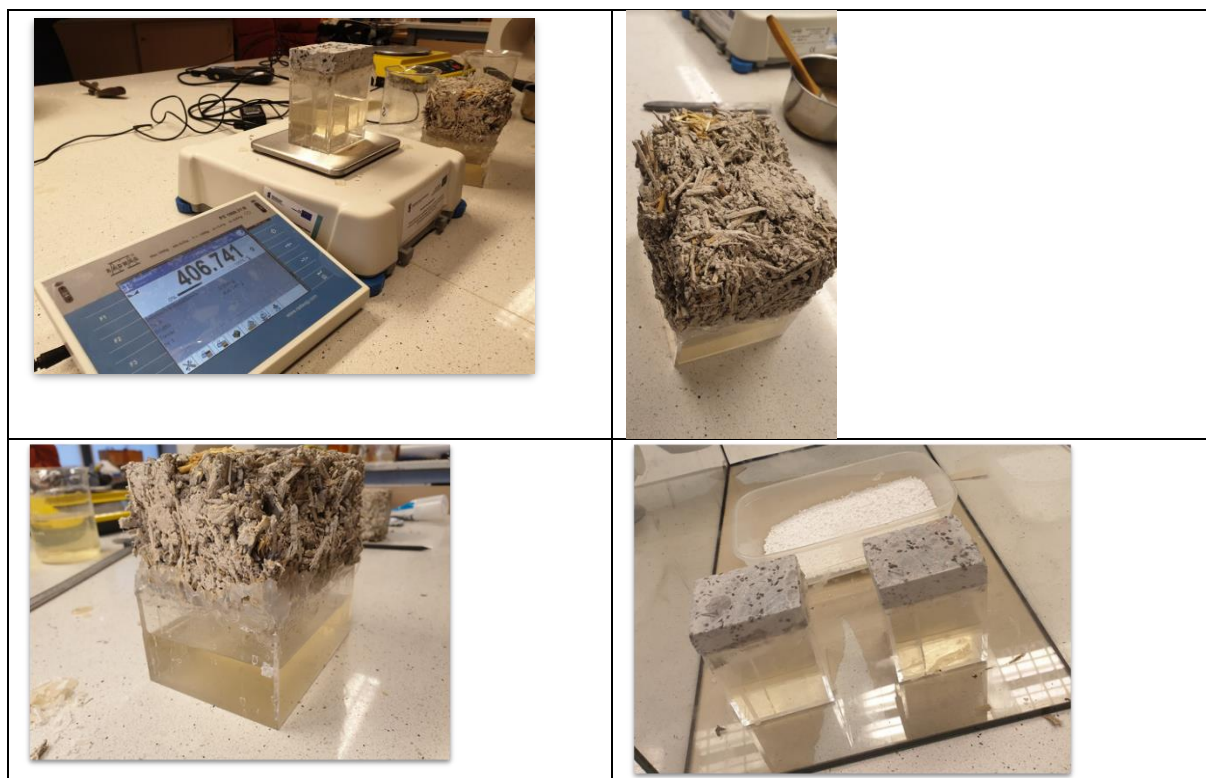
- A) PN-EN ISO 12752. Ciepłno-wilgotnościowe właściwości użytkowe materiałów i wyrobów budowlanych. Określanie właściwości związanych z transportem pary wodnej.
- B) PN-EN ISO 12524. Materiały i wyroby budowlane. Właściwości ciepłno-wilgotnościowe. Tabelaryczne wartości obliczeniowe.

### 2.2 CEL OPRACOWANIA

Celem opracowania jest określenie współczynnika oporu dyfuzyjnego pary wodnej dla:

- beton z granulatem z gumy z opon,
- beton na bazie włókien konopnych, próbki.

### 2.3 MATERIAŁ BADAWCZY



### 2.4 BADANIA

Z dostarczonych próbek tynku wycięto ciała próbne:

- 3 próbki z betonu z granulatem z gumy z opon, oznaczone jako a1, a2, a3,
- 2 próbki betonu z włóknem konopnym, oznaczone jako b4, b5.

Próbki zostały przytwierdzone szczelnie do otwartych naczyń. W naczyniach znajdował się przesycony roztwór siarczanu potasu zapewniający utrzymanie przez cały czas badania wilgotności względnej powietrza pod próbką równej 97%. Zestawy badawcze zostały umieszczone w komorze badawczej o kontrolowanej wilgotności względnej powietrza zapewniającą wilgotność względną powietrza nad próbką równą 0% (granulowany chlorek wapnia) i stabilizowanej temperaturze (średnia temperatura pomiaru była równa 23,3°C). Różnica ciśnień cząstkowych pary wodnej w układzie pomiarowym była równa 2720 Pa. W ustalonych okresach czasu zestawy badawcze ważono w celu określenia wielkości transportu pary wodnej.

Na podstawie uzyskanych wyników obliczono linię regresji między masą a czasem. Zgodnie z PN-EN ISO 12572 nachylenie tej krzywej jest równe wielkości strumienia pary wodnej  $G$  (w kg/s) przenikającej przez próbkę materiału.

Gęstość strumienia pary wodnej  $g$  obliczono ze wzoru:

$$g = \frac{G}{A} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}^2} \right],$$

w którym  $A$  – powierzchnia eksponowana próbki do badań, [m<sup>2</sup>].

Przepuszczalność pary wodnej  $W$  obliczono ze wzoru:

$$W = \frac{G}{A \cdot \Delta p_v} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}} \right],$$

w którym  $\Delta p_v$  różnica ciśnień pary wodnej po obu stronach próbki, [Pa].

Opór pary wodnej  $Z$  jest odwrotnością przepuszczalności pary wodnej  $W$ :

$$Z = \frac{1}{W} \left[ \frac{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}}{\text{kg}} \right].$$

Współczynnik przenoszenia pary wodnej  $\delta$  jest określony wzorem:

$$\delta = W \cdot d \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}} \right],$$

w którym  $d$  - grubość badanej próbki, [m].

Współczynnik oporu dyfuzyjnego  $\mu$  definiowany jest wzorem:

$$\mu = \frac{\delta_0}{\delta},$$

w którym  $\delta_0$  – współczynnik przepuszczania pary wodnej w powietrzu w warunkach badania (w temperaturze 23 °C  $\delta_0 = 1,94 \cdot 10^{-10}$  kg/m·s·Pa).

Dyfuzyjnie równoważna grubość warstwy powietrza (względny opór dyfuzyjny) definiowana jest wzorem:

$$S_d = \delta_0 \cdot Z \quad [m].$$

## 2.5 WYNIKI BADAŃ

### 2.5.1 Charakterystyka próbek

Wymiary i masy próbek podano w Tabelicy 1.

Tabelica 1. Parametry pomiaru

Wymiar	jedm.	Symbol	
		beton z granulatem	beton konopny

		1	2	3	45	5
a	m	73,340	73,200	73,330	136,100	140,280
b	m	54,820	54,830	54,680	109,000	99,860
h	m	20,520	20,480	20,800	71,300	81,250
m	kg	178,893	176,271	180,919	408,460	254,856
V	m <sup>3</sup>	$8,2501 \cdot 10^{-5}$	$8,22 \cdot 10^{-5}$	$8,34E \cdot 10^{-5}$	$1,0577 \cdot 10^{-3}$	$1,1382 \cdot 10^{-3}$
Gęstość objętościowa	kg/m <sup>3</sup>	2169	2144	2169	386	224

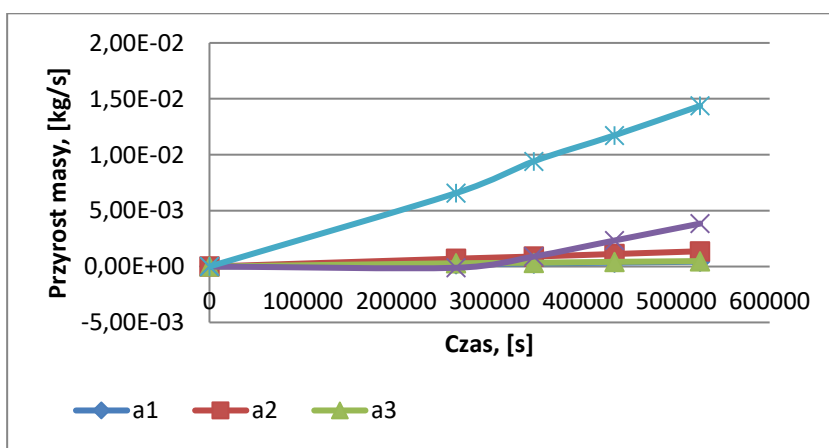
## 2.5.2 Wielkość zmiany masy

Zmiany masy zestawów w ustalonym przedziale czasu przedstawiono w Tabelicy 2. Jako czas początkowy przyjęto termin, w którym zmiana masy w czasie zaczęła mieć przebieg liniowy. Tablica 2. Zmiany masy zestawów w czasie

Czas	Symbol zestawu				
	a1	a2	a3	b4	b5
[s]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]
0	0	0	0	0	0
264000,00	$2,22 \cdot 10^{-4}$	$7,00 \cdot 10^{-4}$	$2,90 \cdot 10^{-4}$	$-1,11 \cdot 10^{-4}$	$6,57 \cdot 10^{-3}$
347400,00	$2,80 \cdot 10^{-4}$	$8,95 \cdot 10^{-4}$	$3,40 \cdot 10^{-4}$	$8,95 \cdot 10^{-4}$	$9,42 \cdot 10^{-3}$
433800,00	$3,50 \cdot 10^{-4}$	$1,12 \cdot 10^{-3}$	$4,20 \cdot 10^{-4}$	$2,33 \cdot 10^{-3}$	$1,17 \cdot 10^{-2}$
525600,00	$4,31 \cdot 10^{-4}$	$1,37 \cdot 10^{-3}$	$4,84 \cdot 10^{-4}$	$3,84 \cdot 10^{-3}$	$1,44 \cdot 10^{-2}$

## 2.5.3 Wielkość strumienia pary wodnej G

Na podstawie wyników przedstawionych w Tabl. 2 sporządzono wykres zależności zmiany masy w czasie (Rys. 1).



Rys. 1. Wykres zależności zmiany masy próbek w czasie

Nachylenie linii dla ostatnich wyników obliczone metodą najmniejszych kwadratów wynosi:

	Symbol zestawu
--	----------------

	a1	a2	a3	b4	b5
G [kg/s]	$8,824 \cdot 10^{-10}$	$2,680 \cdot 10^{-9}$	$6,972 \cdot 10^{-10}$	$1,646 \cdot 10^{-8}$	$2,876 \cdot 10^{-8}$

## 2.5.4 Zestawienie wyników obliczeń

Zestawienie wyników obliczeń przedstawiono w Tablicy 3.

Tablica 3. Zestawienie wyników obliczeń

Zestaw	Gęstość strumienia pary wodnej	Przepuszczalność pary wodnej	Opór pary wodnej	Wsp. przenoszenia pary wodnej	Współczynnik oporu dyfuzyjnego
	$g$	$W$	$Z$	$\delta$	$\mu$
	[kg/m <sup>2</sup> ·s]	[kg/m <sup>2</sup> ·s·Pa]	[m <sup>2</sup> ·s·Pa/kg]	[kg/m·s·Pa]	[-]
a1	$2,195 \cdot 10^{-7}$	$8,06737 \cdot 10^{-11}$	$1,24 \cdot 10^{-10}$	$1,65542 \cdot 10^{-12}$	117
a2	$6,677E \cdot 10^{-7}$	$2,45433 \cdot 10^{-10}$	$4,07E \cdot 10^{-9}$	$5,02646 \cdot 10^{-12}$	39
a3	$1,739E \cdot 10^{-7}$	$6,3914 \cdot 10^{-11}$	$1,56 \cdot 10^{-10}$	$1,3294 \cdot 10^{-12}$	146
Średnia					-
b4	$1,110 \cdot 10^{-6}$	$4,0786 \cdot 10^{-10}$	$2,45 \cdot 10^{-9}$	$2,908 \cdot 10^{-11}$	6,7
b5	$2,053 \cdot 10^{-6}$	$7,546 \cdot 10^{-10}$	$1,33 \cdot 10^{-9}$	$6,131 \cdot 10^{-11}$	3,2
Średnia					-

## 2.6 PODSUMOWANIE

1. Wynik próbki a2 znacznie odbiega od wyników próbek a1 i a3. Przyczyną jest prawdopodobnie nieszczelny zestaw pomiarowy.
2. Wyniki próbek a1 i a3 zgodne są z wynikami uzyskiwanymi dla betonów o podobnych gęstościach objętościowych (PN-EN ISO 12524).
3. Próbki b4 i b5 (beton z konopiami) mają różne gęstości objętościowe, stąd różnice w uzyskanych wynikach.

## 3 BIOBUDOWNICTWO

Drugą częścią tematu są konstrukcje ekologiczne, które wykonywaliśmy z naturalnie pozyskanych materiałów gliny, słomy, piasku na permakulturowym gospodarstwie w Sewilli.

Drewniane domy cieszą się stale rosnącą popularnością, łącząc tradycję z ekologią i oszczędnościami. drewno zachowuje optymalny poziom wilgotności i pozwala konstrukcji „oddychać”. We wnętrzach latem nie dochodzi do skrajnego przegrzewania, zaś zimą ściany nie wyziębiają się tak łatwo. Przy odpowiedniej obróbce drewno doskonale broni się też przed pożarami. Słoma jest jednym z najbardziej perspektywicznych materiałów konstrukcyjnych – łatwa w uprawie i zbiorze, szeroko dostępna w środkowej Europie i przystępna cenowo. W budownictwie wykorzystują się ją zwykle w połączeniu z gliną lub cementem.

Słomiane bale używane do wypełniania ścian wykazują się doskonałymi właściwościami izolacyjnymi, zarówno pod względem termicznym, jak i akustycznym. Pozwalają więc zaoszczędzić na rachunkach za energię Gliniane domy mogą być budowane z tzw. gliny konstrukcyjnej dostępnej w postaci gotowych bloczków. Zawiera ona zazwyczaj nieorganiczne dodatki, które chronią ściany przed pękaniem. Alternatywnie szkielet domu wykonany ze stali, drewna lub żelbetonu wypełnia się lekką gliną, czyli mieszanką ziemi np. ze słomą Dom ekologiczny to dom dla ludzi, którzy przejmują się stanem środowiska naturalnego i nie chcą go pogarszać. Budynek ekologiczny jest wznoszony z pełną świadomością celu, jaki temu przyświeca, i z pełną odpowiedzialnością za osiągnięty efekt. Kierunek wydaje się prosty – ma być przyjazny naturze. Do jego budowy trzeba więc zastosować materiały, których produkcja lub pozyskanie nie odbijają się negatywnie na stanie środowiska naturalnego. Podczas pobytu na dwutygodniowym stażu zawodowym wykonane zostały elementy biokonstrukcji. Materiały pozyskano z terenów gospodarstwa permakulturowego, prace budowlane wykonywane były w sposób tradycyjny ręcznie, przy niewielkiej pomocy elektronarzędzi.

		
<p>Fot.1.pozyskanie materiału</p>	<p>Fot 2 i 3 . Badania materiałów</p>	



Fot 4 i 5. Przygotowanie materiału do budowy

Fot 6. Przygotowanie konstrukcji nośnej ściany



Fot 7 i 8 Wypełnienie ściany mieszanką gliny, piasku, trzciny, wody



Fot 9. Nakładanie wyprawy tynkarskiej z glin, piasku, trzciny, wody,

Fot 10. 11 Ściana

### 3.1 PREZENTACJA WYNIKÓW BADAŃ PODCZAS KONFERENCJI ORGANIZOWANEJ PRZE POLITECHNIKĘ GDAŃSKĄ I FIRMĘ DRUTEX „OKNO NA BUDOWNICTWO.

#### Bibliografia

1. PN-EN ISO 12752. Ciepłno-wilgotnościowe właściwości użytkowe materiałów i wyrobów budowlanych. Określanie właściwości związanych z transportem pary wodnej.
2. PN-EN ISO 12524. Materiały i wyroby budowlane. Właściwości ciepłno-wilgotnościowe. Tabelaryczne wartości obliczeniowe.
3. Praca zbiorowa pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Bogusława Stefańczyka Budownictwo ogólne tom1-5, Wydawnictwo Arkady, 2010
4. <https://ekocentrycy.pl>

#### Zespół

Artykuł napisaliśmy po powrocie ze stażu w Seville w ramach upowszechniania projektu **Stáže zagraniczne w ramach programu Erasmus+ Kształcenie i szkolenia zawodowe**. Nawiązanie stałej współpracy na linii uczeń-pracodawca-uczelnia podniosło wiedzę i umiejętności w zakresie przedmiotów zawodowych w obszarze budownictwa ekologicznego oraz pozwoliła na rozwój kompetencji w zakresie języka angielskiego zawodowego. Na zdjęciu uczniowie klasy czwartej Technikum nr 5 Państwowych Szkół Budownictwa im. prof. Mariana Osińskiego w Gdańsku wraz z opiekunem: od lewej Ryszard Głowienkowski, Igor Małeż, Jakub Rychert, Anna Treder, mgr inż. Magdalena Pytka-Leśniak.

