

Sprawozdanie ze Szklarni

Piotr Psuty, Jakub Marek, Victoria Bryke, Jakub Szewczyk, Miłosz Taranowicz

27 listopada 2025

1 Warunki dla roślin

Podstawową funkcją szklarni jest zapewnienie odpowiedniego środowiska, zatem stało się to głównym punktem wyjścia naszego projektu. Rośliny, niezależnie od gatunku, wymagają kilku podstawowych czynników, aby prawidłowo rosnąć i funkcjonować:

1. **Światło** – niezbędne do fotosyntezy, dzięki której rośliny wytwarzają energię. Ilość potrzebnego światła zależy od gatunku.
2. **Woda** – umożliwia transport składników oraz przebieg procesów metabolicznych. Zarówno niedobór, jak i nadmiar są szkodliwe.
3. **Powietrze** – dostarcza dwutlenek węgla do fotosyntezy i tlen do oddychania. Odpowiednia cyrkulacja powietrza pomaga także zapobiegać chorobom.
4. **Temperatura** – wpływa na tempo wzrostu i procesy biochemiczne.
5. **Wilgotność powietrza** – wpływa na procesy transpiracji (parowania) z nadziemnych części roślin, dzięki którym regulują one swoją temperaturę oraz utrzymują przepływ wody i składników odżywczych z korzeni do liści.

W związku z powyższym zbudowana przez nas konstrukcja posiada odizolowaną komorę, w której wnętrzu panują ustalone przez użytkownika warunki. Zamontowaliśmy odpowiednie oświetlenie, nawilżacz powietrza, elementy grzewcze oraz wentylatory. Dodatkowo, aby mieć pełną kontrolę nad środowiskiem, w szklarni znajdują się czujniki temperatury i wilgotności, dzięki czemu w każdej chwili system może dostosować moc urządzeń. Pozwala to na uprawę szerokiego zakresu gatunków roślin, z jednym zastrzeżeniem – wszystkie sadzonki powinny mieć zbliżone potrzeby, ponieważ konstrukcja zawiera jeden wspólny segment dla wszystkich donic.

2 Konstrukcja szklarni

2.1 Ogólna konstrukcja

Szklarnia wymagała stosunkowo dużej obudowy, odpornej na wilgoć, temperaturę i promieniowanie. Konstrukcja musiała być również szczelna (z wyjątkiem otworów na wentylatory), dając jednocześnie możliwość obserwacji roślin w środku. Ze względu na ograniczony budżet zdecydowano się na konstrukcję ze sklejki brzozowej, która została odpowiednio zabezpieczona. Jako że szklarnia

przeznaczona była do przestrzeni publicznej na uczelni, zamiast szkodliwych metod impregnacji wykorzystano olej tungowy, który nie wydziela toksycznych związków lotnych. Dodatkowo, aby zminimalizować ilość wilgoci wnikającej do drewna, krawędzie obudowy zabezpieczono silikonem. Aby uzyskać widoczność wnętrza szklarni, front konstrukcji wraz z drzwiczkami wykonano z przezroczystego szkła akrylowego.

2.2 Druk 3D

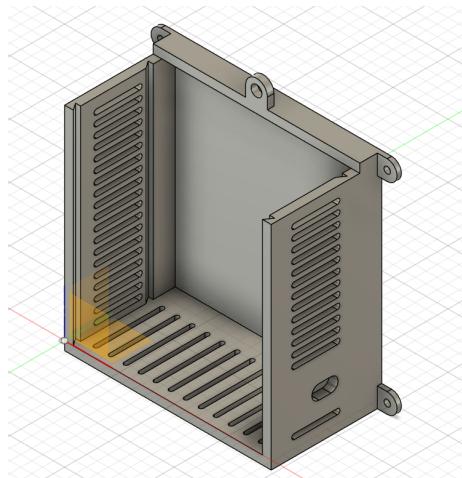
Projekt wymagał elementów zaprojektowanych bezpośrednio pod konstrukcję szklarni. W tym celu wykorzystano technologię druku 3D, dzięki dostępnym na Wydziale Fizyki UW drukarkom 3D. Przy pomocy programu Fusion 360 zaprojektowano takie elementy jak (przykładowe rysunki projektów poniżej):

- **Obudowa do Raspberry Pi**
- **Pojemnik do umieszczenia Raspberry Pi**
- **Obudowa na mikrokontroler ESP8266 i pozostałe podzespoły**
- **Inne elementy łączeniowe**

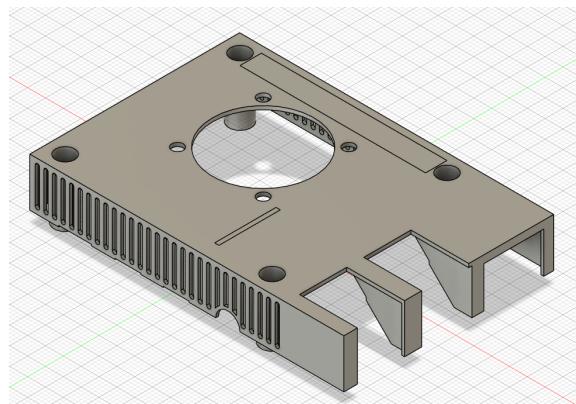
Najważniejsze projekty w celu własnej modyfikacji i wydruku można pobrać z repozytorium pod poniższym linkiem.

Repozytorium z projektami elementów do wydruku 3D:

https://github.com/piotrpsuty/Green_House_3D_designs



(a) Część pojemnika na elektronikę



(b) Górną część obudowy do Raspberry Pi

Przykładowe projekty, które wydrukowano w 3D na potrzeby konstrukcji szklarni

3 Elektronika

Niniejsza sekcja opisuje warstwę elektroniczną projektu szklarni, obejmującą zastosowane komponenty, architekturę połączeń oraz sposób działania układu pomiarowo-sterującego. Szczegółowy opis oprogramowania i logiki implementacji znajduje się w odrębnym rozdziale.

3.1 Zastosowane komponenty

W projekcie wykorzystano następujące elementy elektroniczne:

- **NodeMCU v3 (ESP8266)** — główny mikrokontroler odpowiedzialny za odczyt sensorów, sterowanie urządzeniami wykonawczymi oraz komunikację z serwerem poprzez MQTT.
- **8 czujników wilgotności gleby (analogowe)** — monitorują poziom wilgotności w każdej donicy.
- **Multipleksjer analogowy 8:1** — umożliwia sekwencyjny odczyt ośmiu czujników przy wykorzystaniu jednego wejścia ADC w NodeMCU.
- **Czujnik DHT22** — pomiar temperatury i wilgotności powietrza wewnętrz szklarni.
- **MOSFET-y** — sterowanie lampami, nawilżaczem piezoelektrycznym i wodoodporną grzałką.
- **Lampy doświetlające** — zapewniają odpowiednie warunki świetlne.
- **Nawilżacz piezoelektryczny** — podnosi wilgotność powietrza.
- **Wodoodporne grzałki** — reguluje temperaturę wewnętrzną.
- **Wentylatory komputerowe** — pracują stale na niskich obrotach, zapewniając cyrkulację powietrza.
- **Raspberry Pi** — pełni funkcję serwera MQTT oraz hostuje aplikację służącą do wizualizacji i zdalnego sterowania szklarnią.

3.2 Architektura systemu

NodeMCU pełni rolę jednostki brzegowej, lokalnie odczytującej dane z czujników i sterującej urządzeniami. Wszystkie pomiary (temperatura, wilgotność powietrza, wilgotność gleby) oraz stany urządzeń wykonawczych są przesyłane do Raspberry Pi za pomocą protokołu MQTT. Serwer przetwarza dane, udostępnia je aplikacji oraz pozwala użytkownikowi na zdalne zmienianie parametrów pracy szklarni.

3.3 Samoregulacja środowiska szklarni

System działa w oparciu o prostą pętlę: *pomiar → ocena → działanie*.

1. NodeMCU odczytuje temperaturę i wilgotność powietrza z DHT22 oraz sekwencyjnie wartości z ośmiu czujników wilgotności gleby.

2. Dane porównywane są z ustalonymi progami (nastawami), które użytkownik może modyfikować zdalnie.
3. Na podstawie pomiarów sterowane są: nawilżacz (wilgotność powietrza), grzałka (temperatura) oraz lampa. Informacja o zbyt niskiej wilgotności gleby dla konkretnej rośliny jest przekazywana użytkownikowi.
4. Wentylatory pracują nieprzerwanie na niskiej prędkości, stabilizując warunki wewnętrz szklarni.

Dzięki temu szklarnia samodzielnie utrzymuje zadane warunki, zapewniając roślinom optymalne środowisko wzrostu.

3.4 Odczyt czujników analogowych

Ze względu na ograniczenie NodeMCU (jedno wejście ADC), zastosowano multiplekser 8:1. Linie adresowe sterowane z NodeMCU wybierają aktualny kanał, po czym wartość z danego czujnika trafia na wejście ADC. Rozwiążanie to umożliwia sprawny, sekwencyjny pomiar ośmiu sygnałów analogowych bez konieczności stosowania dodatkowych układów pomiarowych.

3.5 Sterowanie elementami wykonawczymi

Lampy, grzałka oraz nawilżacz są podłączone przez MOSFET-y typu logic-level, przystosowane do sterowania napięciem 3,3 V. Pozwala to na bezpieczne włączanie i wyłączanie obciążzeń z poziomu mikrokontrolera. Sterowanie MOSFET-ami umożliwia zarówno tryb cyfrowy (ON/OFF), jak i – w razie potrzeby – regulację mocy poprzez PWM.

3.6 Rozwiążanie napotkanych problemów

Podczas projektowania i integracji układu zwrócono uwagę na następujące kwestie:

- **Niedobór wejść ADC** — rozwiązano poprzez użycie multipleksera, co znacząco uprościło konstrukcję i ograniczyło koszty.
- **Sterowanie obciążeniami z poziomu 3,3 V** — zastosowano odpowiednie MOSFET-y logic-level oraz separację obwodów mocy i logiki.
- **Stabilność pomiarów gleby** — zastosowano uśrednianie odczytów oraz kalibrację czujników.
- **Wymuszona cyrkulacja powietrza** — rozwiązana poprzez ciągłą pracę wentylatorów na niskich obrotach.

3.7 Podsumowanie

Zaprojektowany układ elektroniczny zapewnia pełną autonomię szklarni dzięki integracji czujników, elementów wykonawczych i komunikacji MQTT. NodeMCU odpowiada za lokalną kontrolę i podejmowanie decyzji, natomiast Raspberry Pi umożliwia monitorowanie i sterowanie zdalne. Całość tworzy stabilny i skalowalny system, przygotowany do dalszego rozwoju funkcjonalności.

4 System sterowania i oprogramowanie

Cały system sterowania szklarnią podzielony został na trzy główne moduły: serwer, oprogramowanie mikrokontrolera oraz aplikację mobilną. Poniżej przedstawiono szczegółowy opis działania każdego z modułów.

4.1 Serwer

Serwer został napisany z wykorzystaniem framework'a Spring i współpracuje z bazą danych PostgreSQL. Jego głównym zadaniem jest przyjmowanie zapytań REST-owych od klienta oraz obsługa bazy danych. Dodatkowo serwer odpowiada za komunikację ze szklarnią za pomocą protokołu MQTT. Aplikacja posiada przygotowany obraz dockerowy, co docelowo umożliwia jej uruchomienie na platformie Raspberry Pi.

Repozytorium oprogramowania do sterowania serwerem:

<https://github.com/Sconguser/greenhouseMSServer>

4.2 Mikrokontroler (Embedded)

Kod obsługujący szklarnię działa na mikrokontrolerze ESP8266. Program odczytuje pliki konfiguracyjne szklarni, a następnie na podstawie dostarczonych parametrów steruje odpowiednimi kontrolerami (np. nawilżaczem powietrza). Układ odczytuje również obecne warunki za pomocą sensorów, takich jak termometr. Komunikacja z serwerem odbywa się poprzez wiadomości wysyłane protokołem MQTT, które pozwalają na wymianę informacji i zdalną zmianę konfiguracji szklarni.

Repozytorium oprogramowania do sterowania mikrokontrolerem ESP8266:

https://github.com/marekkuba/greenhouse_MakerSpace

4.3 Aplikacja mobilna

Aplikacja mobilna została napisana w technologii Flutter. Oferuje ona funkcjonalności takie jak uwierzytelnianie i autoryzacja użytkownika. Aplikacja wysyła i odbiera zapytania REST-owe, za pomocą których użytkownik może kontrolować konfigurację szklarni oraz otrzymywać informacje o jej obecnych parametralach.

Repozytorium z kodem do aplikacji:

<https://github.com/Sconguser/greenhouseMobile>

5 Podsumowanie i wnioski

W trakcie projektu skonstruowano w pełni funkcjonalną, zautomatyzowaną szklarnię, która spełnia założone wymagania dotyczące kontroli warunków środowiskowych dla roślin egzotycznych. Projekt pozwolił na praktyczne połączenie wiedzy z wielu dziedzin: od projektowania CAD i druku 3D, przez budowę obwodów elektronicznych, aż po programowanie systemów wbudowanych, serwera i aplikacji klienckiej. Stworzone rozwiązanie ma charakter modułowy, co pozwala na jego łatwą rozbudowę w przyszłość. Potencjalne kierunki rozwoju projektu to:

- instalacja kamery do podglądu roślin w czasie rzeczywistym,

- dodanie czujnika natężenia światła w celu automatycznej regulacji jasności lamp (symulacja wschodów i zachodów słońca),
- implementacja zautomatyzowanego systemu nawadniania roślin.