

STEROWNIK SZKLARNI

**ZASTOSOWANIE STEROWNIKÓW PRZEMYSŁOWYCH
PROJEKT ZALICZENIOWY**

**Wiśniewska Natalia 144558
Piórkowska Agnieszka 144548
Gajewski Miłosz 144550
Grupa dziekańska A - 2
Grupa laboratoryjna L - 3**



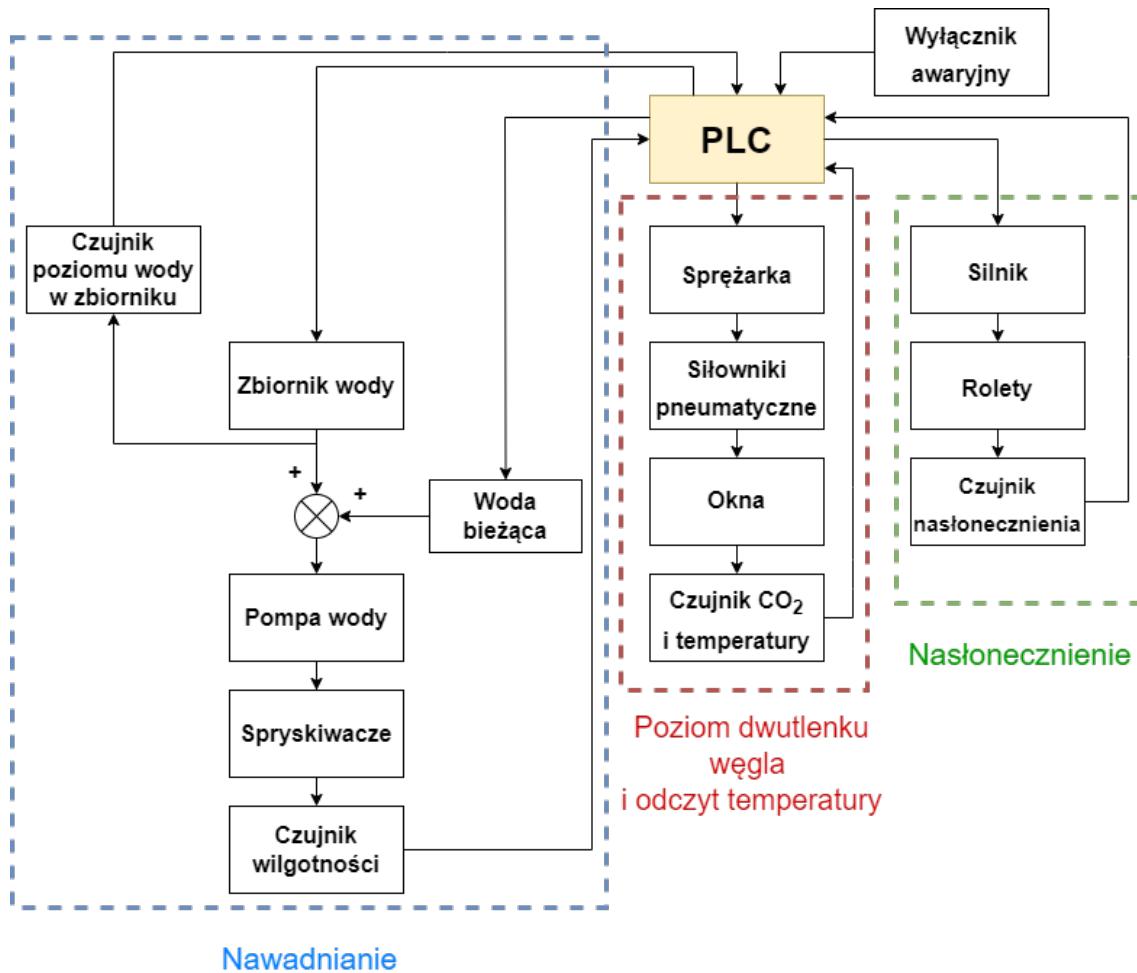
Politechnika Poznańska
Wydział Automatyki Robotyki i Elektrotechniki
Automatyka i Robotyka

Spis treści

1	<u>Opis procesu przemysłowego</u>	2
2	<u>Podział pracy pomiędzy członkami</u>	3
3	<u>Badania literaturowe</u>	4
4	<u>Algorytm działania programu</u>	6
5	<u>Program opatrzony komentarzami</u>	9
6	<u>Spis Tagów, DB, wykaz przestrzeni adresowej</u>	9
7	<u>Wykaz zajętości programu w sterowniku</u>	12
8	<u>Komponenty i kosztorys</u>	13
9	<u>WebServer</u>	20
10	<u>HMI</u>	21
11	<u>Schematy - elektryczne i pneumatyczne</u>	25
11.1	Schematy elektryczne	25
11.2	Schematy pneumatyczne	28
12	<u>Wnioski</u>	28
	Bibliografia	30

1 Opis procesu przemysłowego

Założeniem projektowym było zrealizowanie funkcjonalności sterownika inteligentnej szklarni. Program umożliwia automatyczne sterowanie szklarnią - obsługiwany jest proces nawadniania dla każdej z pięciu dostępnych stref, regulacji nasłoneczniania, poziomu dwutlenku węgla w pomieszczeniu oraz regulacji temperatury.



Rysunek 1: Schemat koncepcyjny projektu

Schemat koncepcyjny projektu odzwierciedla funkcjonalność trzech głównych założeń projektowych. Użytkownik z poziomu panelu HMI ma dostęp do podglądu oraz ustawień nasłonecznienia, temperatury oraz stężenia dwutlenku węgla w szklarni, a także ma możliwość ustalenia i podglądu wartości wilgotności, jaka ma panować dla poszczególnej strefy roślinności - do dyspozycji jest pięć stref.

Wspomniane nasłonecznienie regulowane jest przez rolety, które odpowiednio odsłaniają się bądź zasłaniają, by poziom nasłonecznienia osiągnął zadaną wartość. Poziom dwutlenku węgla jak i temperatura regulowane są poprzez odpowiednie otwieranie i zamykanie okien, a proces otwierania i zamykania realizowany jest dzięki słownikom pneumatycznym. Z uwagi na dbałość o środowisko, proces nawadniania uwzględnia dwa źródła - wodę bieżącą z sieci oraz wodę ze zbiornika na deszczówkę. Poprzez sterowanie elektrozaworami, nawadnianie może być prowadzone niezależnie dla każdej strefy. Dzięki temu użytkownik jest w stanie hodować rośliny, które wymagają różnego poziomu wilgotności. Każdy z opisanych procesów zawiera zabezpieczenie przed gwałtownymi załącznikami i wyłączeniami - filtracje. Dodatkowo, cały system zabezpieczony jest w wyłącznik awaryjny, wstrzymujący działanie automatycznej szklarni.

Użytkownik ma dostęp do pomiarów parametrów z okresu siedmiu dni - pomiary uszeregowane zostają od najnowszego do najstarszego pomiaru. Dodatkowo, wartości zapisanych pomiarów wizualizowane są na wykresach poprzez Web Server sterownika.

Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom konsumentów, użytkownik ma prawo modyfikowane przez siebie nastawy parametrów zapisać jako receptura, którą można w przyszłości wykorzystać.

2 Podział pracy pomiędzy członkami

- Agnieszka Piórkowska
 - Implementacja algorytmów na sterowniku,
 - Badania literaturowe i dobór elementów fizycznych do projektu.
- Natalia Wiśniewska
 - Projekt i implementacja WebServera,
 - Projekt i wykonanie schematów elektrycznych.
- Miłosz Gajewski
 - Projekt i implementacja HMI,
 - Projekt schematów algorytmów sterowania.

3 Badania literaturowe

Obecnie dąży się do jak największej automatyzacji procesów przemysłowych. Zastępowanie pracy ludzkich rąk przez sterowniki, czujniki, komponenty pneumatyczne oraz elektryczne, znajduje zastosowanie zarówno w domowych udogodnieniach, jak i w przemyśle na szeroką skalę.

Studium literatury pozwoliło zapoznać się z dotychczasowymi rozwiązaniami, jakie zostały wdrożone do celów inteligentnego zarządzania obiektem szklarniowym. Głównym elementem umożliwiającym kontrolę nad zautomatyzowaną szklarnią jest sterownik logiczny, którego zaprogramowanie odbywa się przy pomocy języka drabinkowego. PLC pomaga monitorować takie parametry jak temperatura, intensywność światła, wilgotność gleby. Istniejące na rynku rozwiązania zawierają także detekcję ruchu w szklarni¹.

Do prawidłowej funkcjonalności zautomatyzowanego obiektu szklarniowego istotne jest zaimplementowanie kompatybilnych ze sterownikiem PLC czujników pozwalających na kontrolę poszczególnych parametrów (wilgotność, temperatura, wskaźnik zawartości dwutlenku węgla w powietrzu, nasłonecznienie). Obligatorycznie należy dobrać takie komponenty, by były odporne na warunki szklarniowe. Wymagana jest szczególna ostrożność podczas doboru zasilaczy elektrycznych i czujników wystawionych na rozpryskiwanie się wody w pomieszczeniu².

Uprawy szklarniowe wymagają odpowiedniego nawodnienia. Istniejące rozwiązania przedstawiają różne sposoby dystrybucji wody do pomieszczenia szklarniowego. Podlewanie ręczne generuje spore straty finansowe, dlatego odchodzi się od tego zastosowania. W zamian za to wykorzystuje się zraszacze, wymagające do prawidłowej pracy wysokiego ciśnienia. Oprócz tego często spotyka się system nawadniania kropelkowego, który stosuje się głównie do roślin uprawianych w gruncie. Nawadnianie kropelkowe można podzielić na kilka kategorii - taśmy kroplujące, kroplowniki wpinane w rury oraz mikrozraszacze³.

Główne zalety wprowadzania automatycznych systemów kontroli do obiektów

¹S.V. Viraktamath et al. “AUTOMATIC GREENHOUSE MONITORING AND CONTROLLING SYSTEM USING PLC”. In: International Journal of Advances in Electronics and Computer Science 2.12 (2015), p. 115.

²Alexis Poncin. What is a smart greenhouse? A Beginner’s Guide. <https://ruuvi.com/what-is-a-smart-greenhouse-a-beginners-guide/>. 2021.

³JAK, KROK PO KROKU NAWADNIAĆ SZKLARNIĘ, TUNEL FOLIOWY? [https : / / www.podlane.pl/blog/jak-krok-po-kroku-nawadniac-szklarnie-tunel-foliowy/](https://www.podlane.pl/blog/jak-krok-po-kroku-nawadniac-szklarnie-tunel-foliowy/). 2021.

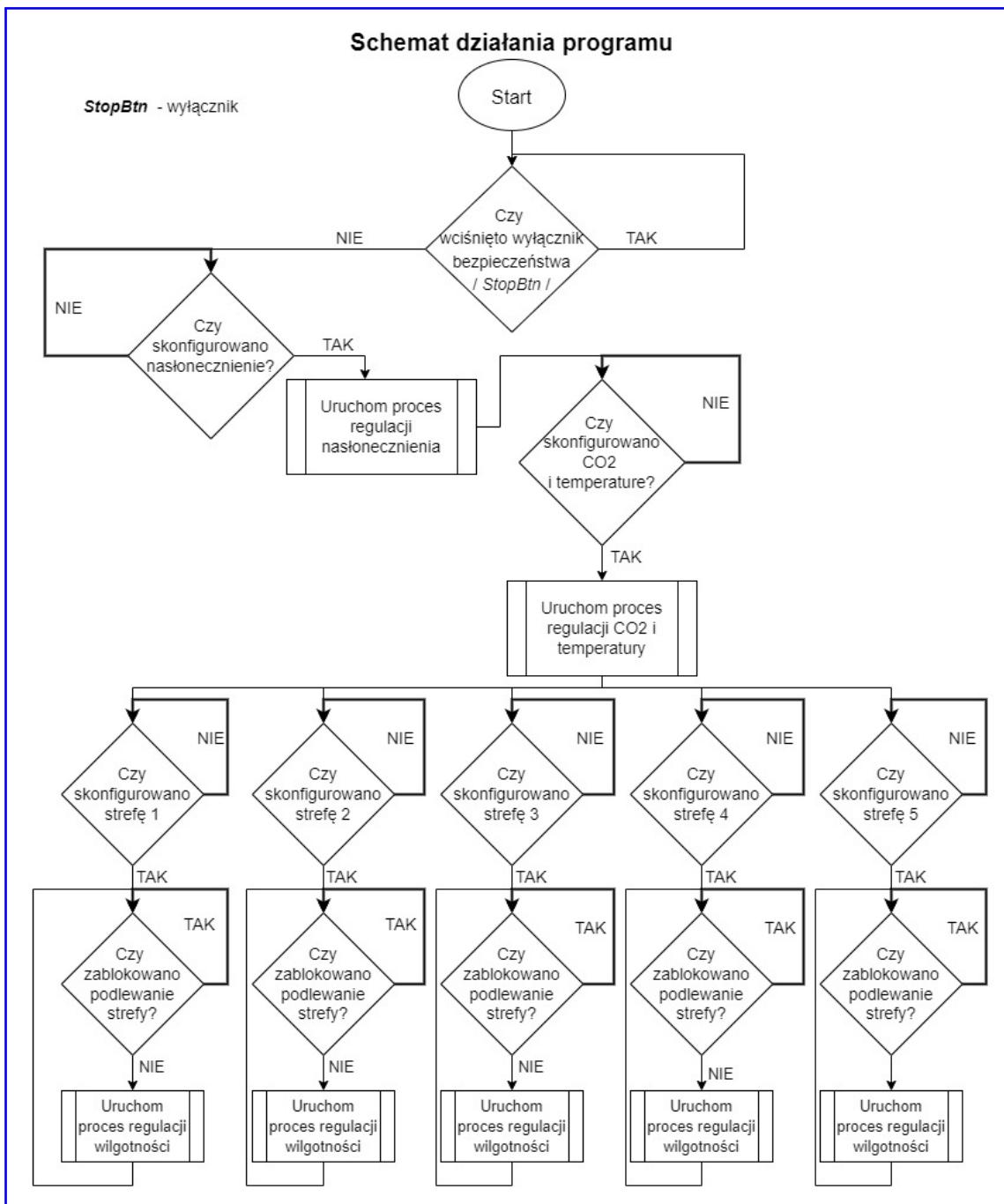
Zastosowanie sterowników przemysłowych

takich jak szklarnia jest możliwość stworzenia idealnego środowiska roślinom do ich wzrostu i uprawy. Dodatkowo automatyzację można dostosować pod własne potrzeby i potrzeby uprawianych roślin w szklarni. Jedną z głównych cech przemawiającą za tym, by skorzystać z automatyzacji szklarni jest redukcja kosztów utrzymania takiego obiektu poprzez zastosowanie techniki⁴.

Na podstawie badań literaturowych postanowiono w projekcie zaimplementować sterowanie obiektem szklarniowym w oparciu o sterownik PLC S7 - 1200, czujniki nasłonecznienia, czujnik poziomu dwultelnku węgla oraz temperatury, czujnik poziomu wody w zbiorniku oraz potrzebne do sprawnego działania obiektu komponenty elektryczne i pneumatyczne.

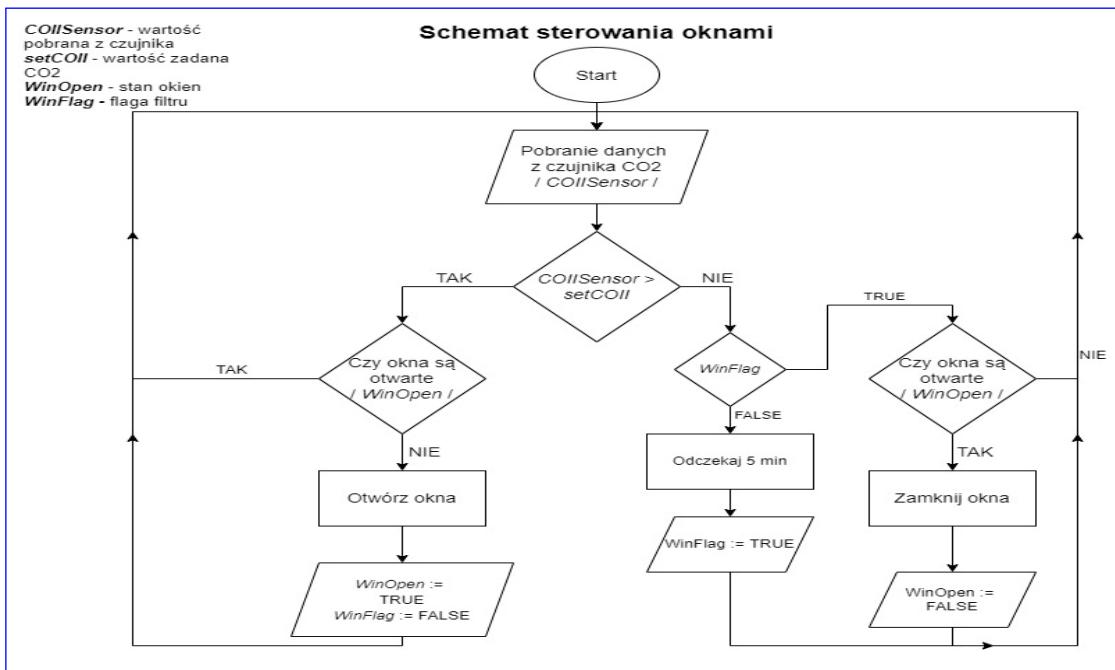
⁴GGS. 4 Benefits of automated control systems in a commercial greenhouse. <https://ggs-greenhouse.com/blog/4-benefits-of-automated-control-systems-in-a-commercial-greenhouse>.

4 Algorytm działania programu

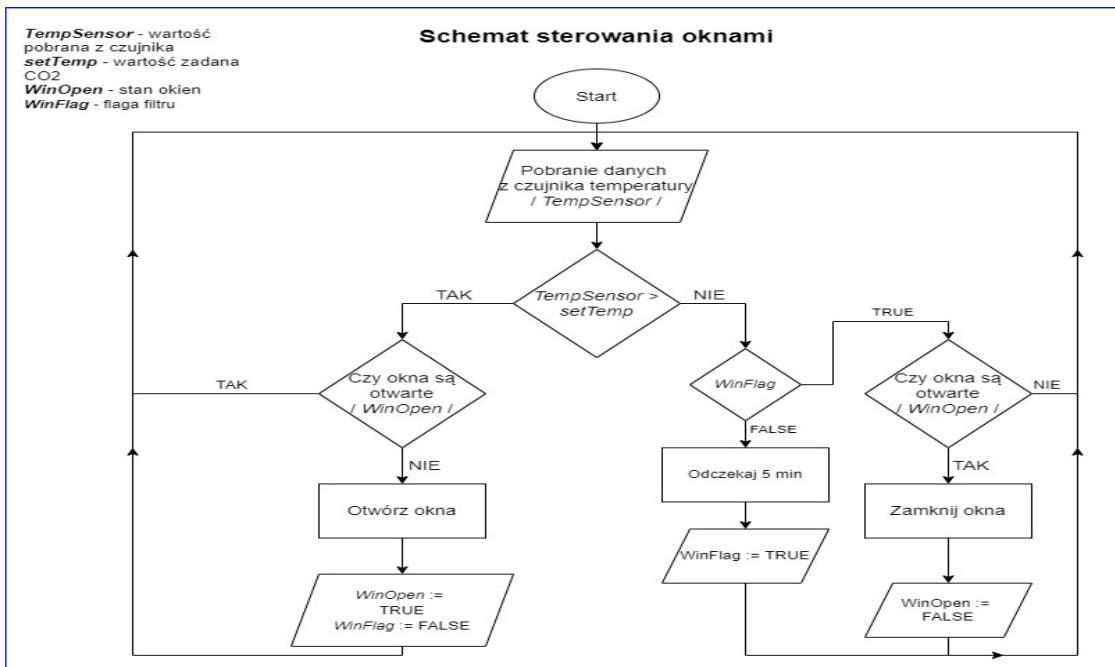


Rysunek 2: Schemat algorytmu działania programu - program główny.

Zastosowanie sterowników przemysłowych

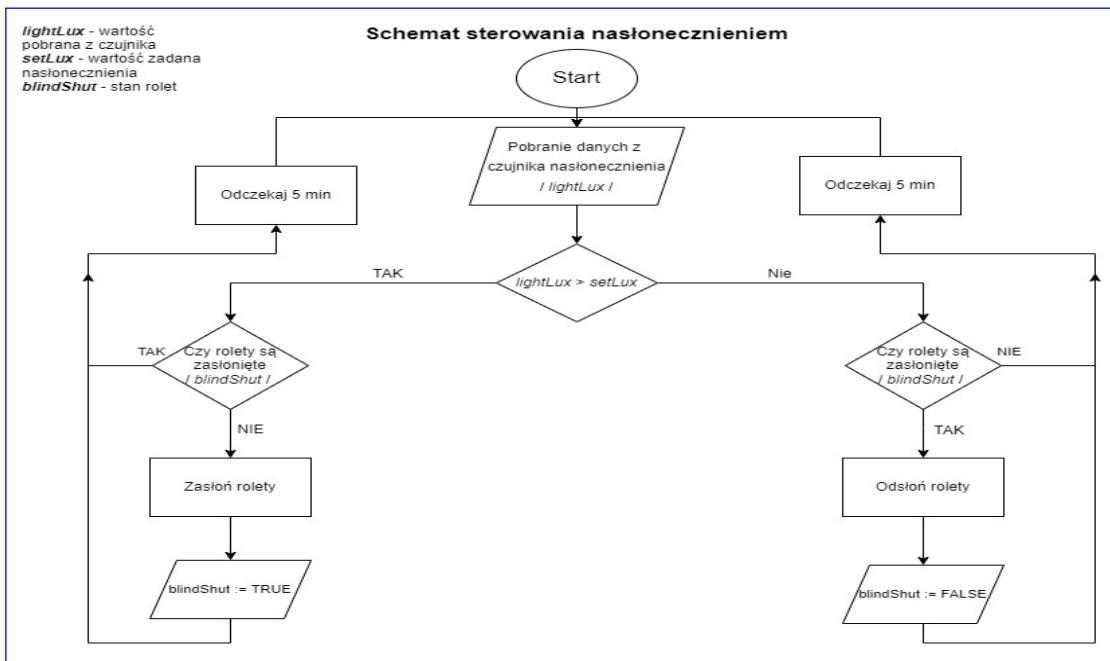


Rysunek 3: Schemat algorytmu działania programu - sterowanie poziomem CO2 i otwieraniem okien.

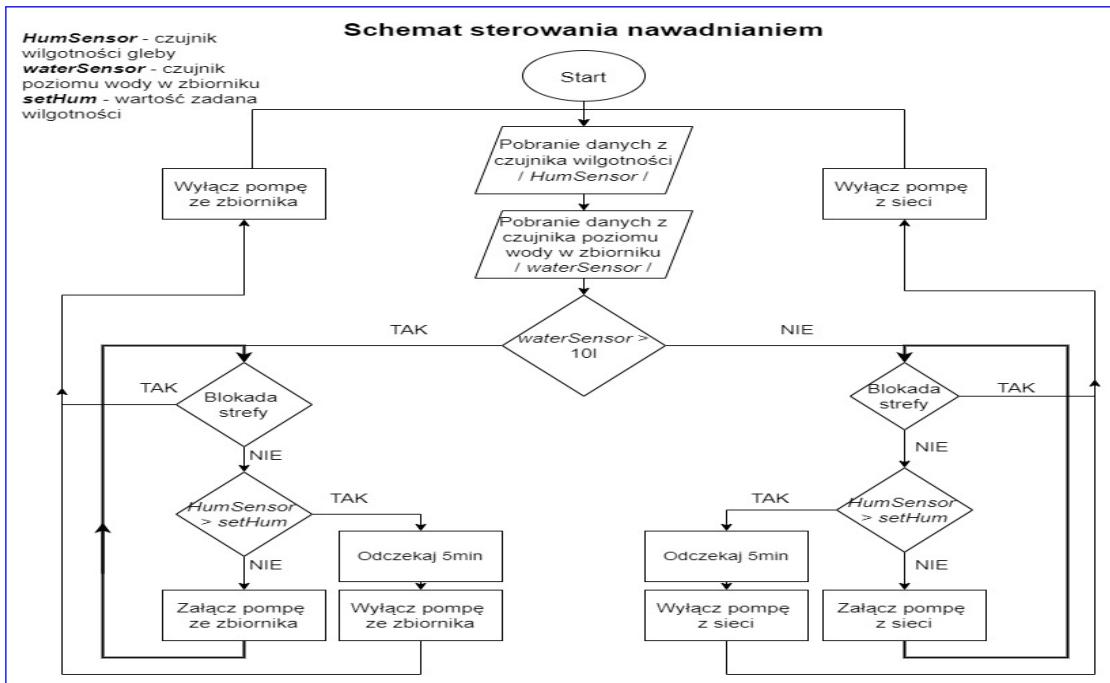


Rysunek 4: Schemat algorytmu działania programu - sterowanie poziomem temperatury i otwieraniem okien.

Zastosowanie sterowników przemysłowych



Rysunek 5: Schemat algorytmu działania programu - sterowanie poziomem nasłonecznienia i odsłonięciem rolet.



Rysunek 6: Schemat algorytmu działania programu - sterowanie poziomem nawadnienia jednej strefy i pompami wody.

W celu ograniczenia zużycia fizycznych elementów konstrukcji spowodowanych szybkimi przełączaniami stanów w algorytmach sterowania odpowiednich parametrów zastosowano metody filtracji spowalniające przełączania i zabezpieczające przed zmianami stanów spowodowanych działaniem krótkich zakłóceń pomiarowych. Zaimplementowany program na sterowniku ma domyślne (podstawowe) wartości parametrów regulacyjnych, stąd działa od samego uruchomienia sterownika, jednak wszystkie parametry potrzebne do sterowania mogą zostać skonfigurowane przez użytkownika za pomocą panelu operatorskiego. Poza głównym algorytmem działania programu sterownik realizuje jeszcze archiwizacje danych pomiarowych oraz pracę WebServera, który to zapewnia dostęp do wspomnianych pomiarów poprzez ich wizualizację.

5 Program opatrzony komentarzami

Program opatrzony komentarzami w formacie .pdf znajduje się w załącznikach do projektu: *Szklarnia_kod.pdf* oraz *HMI.pdf*.

6 Spis Tagów, DB, wykaz przestrzeni adresowej

Totally Integrated Automation Portal																																																																																																																																																																																								
Szklarnia_AMN / PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly]																																																																																																																																																																																								
PLC tags																																																																																																																																																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th><th>Data type</th><th>Address</th><th>Retain</th><th>Visible in HMI</th><th>Accessible from HMI</th><th>Comment</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>System_Byte</td><td>Byte</td><td>%MB1</td><td>False</td><td>True</td><td>True</td><td></td></tr> <tr><td>FirstScan</td><td>Bool</td><td>%M1.0</td><td>False</td><td>True</td><td>True</td><td></td></tr> <tr><td>DiagStatusUpdate</td><td>Bool</td><td>%M1.1</td><td>False</td><td>True</td><td>True</td><td></td></tr> <tr><td>AlwaysTRUE</td><td>Bool</td><td>%M1.2</td><td>False</td><td>True</td><td>True</td><td></td></tr> <tr><td>AlwaysFALSE</td><td>Bool</td><td>%M1.3</td><td>False</td><td>True</td><td>True</td><td></td></tr> <tr><td>Clock_Byte</td><td>Byte</td><td>%M0</td><td>False</td><td>True</td><td>True</td><td></td></tr> <tr><td>Clock_10Hz</td><td>Bool</td><td>%M0.0</td><td>False</td><td>True</td><td>True</td><td></td></tr> <tr><td>Clock_5Hz</td><td>Bool</td><td>%M0.1</td><td>False</td><td>True</td><td>True</td><td></td></tr> <tr><td>Clock_2.5Hz</td><td>Bool</td><td>%M0.2</td><td>False</td><td>True</td><td>True</td><td></td></tr> <tr><td>Clock_2Hz</td><td>Bool</td><td>%M0.3</td><td>False</td><td>True</td><td>True</td><td></td></tr> <tr><td>Clock_1.25Hz</td><td>Bool</td><td>%M0.4</td><td>False</td><td>True</td><td>True</td><td></td></tr> <tr><td>Clock_1Hz</td><td>Bool</td><td>%M0.5</td><td>False</td><td>True</td><td>True</td><td></td></tr> <tr><td>Clock_0.625Hz</td><td>Bool</td><td>%M0.6</td><td>False</td><td>True</td><td>True</td><td></td></tr> <tr><td>Clock_0.5Hz</td><td>Bool</td><td>%M0.7</td><td>False</td><td>True</td><td>True</td><td></td></tr> <tr><td>Sensor_nasłonecznienia</td><td>Word</td><td>%IW64</td><td>False</td><td>True</td><td>True</td><td></td></tr> <tr><td>Tag_2</td><td>Bool</td><td>%I0.0</td><td>False</td><td>True</td><td>True</td><td></td></tr> <tr><td>Rolety</td><td>Bool</td><td>%Q0.0</td><td>False</td><td>True</td><td>True</td><td></td></tr> <tr><td>Czujnik</td><td>Int</td><td>%IW66</td><td>False</td><td>True</td><td>True</td><td></td></tr> <tr><td>Okna</td><td>Bool</td><td>%Q0.1</td><td>False</td><td>True</td><td>True</td><td></td></tr> <tr><td>Pompa_zbiornik</td><td>Bool</td><td>%Q0.2</td><td>False</td><td>True</td><td>True</td><td></td></tr> <tr><td>Pompa_sieć</td><td>Bool</td><td>%Q0.3</td><td>False</td><td>True</td><td>True</td><td></td></tr> <tr><td>Nawadnianie_strefa_1</td><td>Bool</td><td>%Q0.4</td><td>False</td><td>True</td><td>True</td><td></td></tr> <tr><td>Nawadnianie_strefa_2</td><td>Bool</td><td>%Q0.5</td><td>False</td><td>True</td><td>True</td><td></td></tr> <tr><td>Nawadnianie_strefa_3</td><td>Bool</td><td>%Q0.6</td><td>False</td><td>True</td><td>True</td><td></td></tr> <tr><td>Nawadnianie_strefa_4</td><td>Bool</td><td>%Q0.7</td><td>False</td><td>True</td><td>True</td><td></td></tr> </tbody> </table>			Name	Data type	Address	Retain	Visible in HMI	Accessible from HMI	Comment	System_Byte	Byte	%MB1	False	True	True		FirstScan	Bool	%M1.0	False	True	True		DiagStatusUpdate	Bool	%M1.1	False	True	True		AlwaysTRUE	Bool	%M1.2	False	True	True		AlwaysFALSE	Bool	%M1.3	False	True	True		Clock_Byte	Byte	%M0	False	True	True		Clock_10Hz	Bool	%M0.0	False	True	True		Clock_5Hz	Bool	%M0.1	False	True	True		Clock_2.5Hz	Bool	%M0.2	False	True	True		Clock_2Hz	Bool	%M0.3	False	True	True		Clock_1.25Hz	Bool	%M0.4	False	True	True		Clock_1Hz	Bool	%M0.5	False	True	True		Clock_0.625Hz	Bool	%M0.6	False	True	True		Clock_0.5Hz	Bool	%M0.7	False	True	True		Sensor_nasłonecznienia	Word	%IW64	False	True	True		Tag_2	Bool	%I0.0	False	True	True		Rolety	Bool	%Q0.0	False	True	True		Czujnik	Int	%IW66	False	True	True		Okna	Bool	%Q0.1	False	True	True		Pompa_zbiornik	Bool	%Q0.2	False	True	True		Pompa_sieć	Bool	%Q0.3	False	True	True		Nawadnianie_strefa_1	Bool	%Q0.4	False	True	True		Nawadnianie_strefa_2	Bool	%Q0.5	False	True	True		Nawadnianie_strefa_3	Bool	%Q0.6	False	True	True		Nawadnianie_strefa_4	Bool	%Q0.7	False	True	True	
Name	Data type	Address	Retain	Visible in HMI	Accessible from HMI	Comment																																																																																																																																																																																		
System_Byte	Byte	%MB1	False	True	True																																																																																																																																																																																			
FirstScan	Bool	%M1.0	False	True	True																																																																																																																																																																																			
DiagStatusUpdate	Bool	%M1.1	False	True	True																																																																																																																																																																																			
AlwaysTRUE	Bool	%M1.2	False	True	True																																																																																																																																																																																			
AlwaysFALSE	Bool	%M1.3	False	True	True																																																																																																																																																																																			
Clock_Byte	Byte	%M0	False	True	True																																																																																																																																																																																			
Clock_10Hz	Bool	%M0.0	False	True	True																																																																																																																																																																																			
Clock_5Hz	Bool	%M0.1	False	True	True																																																																																																																																																																																			
Clock_2.5Hz	Bool	%M0.2	False	True	True																																																																																																																																																																																			
Clock_2Hz	Bool	%M0.3	False	True	True																																																																																																																																																																																			
Clock_1.25Hz	Bool	%M0.4	False	True	True																																																																																																																																																																																			
Clock_1Hz	Bool	%M0.5	False	True	True																																																																																																																																																																																			
Clock_0.625Hz	Bool	%M0.6	False	True	True																																																																																																																																																																																			
Clock_0.5Hz	Bool	%M0.7	False	True	True																																																																																																																																																																																			
Sensor_nasłonecznienia	Word	%IW64	False	True	True																																																																																																																																																																																			
Tag_2	Bool	%I0.0	False	True	True																																																																																																																																																																																			
Rolety	Bool	%Q0.0	False	True	True																																																																																																																																																																																			
Czujnik	Int	%IW66	False	True	True																																																																																																																																																																																			
Okna	Bool	%Q0.1	False	True	True																																																																																																																																																																																			
Pompa_zbiornik	Bool	%Q0.2	False	True	True																																																																																																																																																																																			
Pompa_sieć	Bool	%Q0.3	False	True	True																																																																																																																																																																																			
Nawadnianie_strefa_1	Bool	%Q0.4	False	True	True																																																																																																																																																																																			
Nawadnianie_strefa_2	Bool	%Q0.5	False	True	True																																																																																																																																																																																			
Nawadnianie_strefa_3	Bool	%Q0.6	False	True	True																																																																																																																																																																																			
Nawadnianie_strefa_4	Bool	%Q0.7	False	True	True																																																																																																																																																																																			

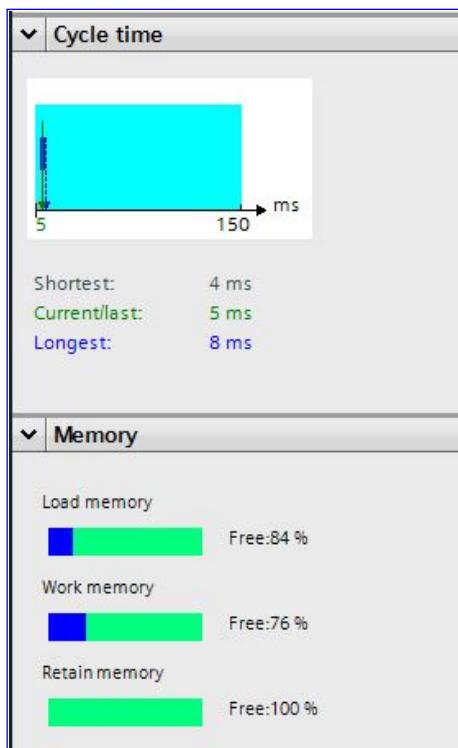
Totally Integrated Automation Portal															
Szklarnia_AMN / PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Program blocks															
Dane_programu [DB2]															
Dane_programu Properties															
General															
Name	Dane_programu	Number	2	Type	DB	Language	DB								
Numbering	automatic														
Information															
Title	Dane - zmienne	Author	AMN	Comment	Zmienne dostępne dla całego programu.	Family									
Version	0.1	User-defined ID													
Dane_programu															
Name	Data type	Start value	Retain	Accessible from HMI	Visible in HMI	Setpoint	Comment								
▼ Static															
blindShut	Bool	false	False	True	True	False	Stan rolet: 1 - zasłonięte, 0 - odsłonięte.								
Light_Lux_temp	Real	0.0	False	True	True	False									
lightLux_	Real	0.0	False	True	True	False	Nasłonecznienie.								
Temp_	Real	0.0	False	True	True	False	Temperatura.								
CO2_	Real	0.0	False	True	True	False	Pozym CO2.								
setCO2	Real	5.0	False	True	True	False	Docelowa wartość CO2.								
setCO2_	Real	50.0	False	True	True	False	Docelowa wartość CO2 z HMI.								
setTemp	Real	5.0	False	True	True	False	Docelowa wartość temperatury.								
setTemp_	Real	50.0	False	True	True	False	Docelowa wartość temperatury z HMI.								
StopBtn	Bool	false	False	True	True	False	Wyłącznik awaryjny: 1 - aktywny (blokada wszystkiego), 0 - nieaktywny.								
WaterLevel	Real	5.0	False	True	True	False	Minimalny poziom wody w zbiorniku.								
StopPodlewanie	Bool	false	False	True	True	False	Blokada podlewania stref: 1 - Blokada podlewania, 0 - Możliwe podlewanie.								
Strefa1	Bool	false	False	True	True	False	Blokada podlewania strefy 1: 1 - Blokada podlewania, 0 - możliwe podlewanie.								
Strefa2	Bool	false	False	True	True	False	Blokada podlewania strefy 2: 1 - Blokada podlewania, 0 - możliwe podlewanie.								
Strefa3	Bool	false	False	True	True	False	Blokada podlewania strefy 3: 1 - Blokada podlewania, 0 - możliwe podlewanie.								
Strefa4	Bool	false	False	True	True	False	Blokada podlewania strefy 4: 1 - Blokada podlewania, 0 - możliwe podlewanie.								
Strefa5	Bool	false	False	True	True	False	Blokada podlewania strefy 5: 1 - Blokada podlewania, 0 - możliwe podlewanie.								
setHum_Strefa2	Real	5.0	False	True	True	False	Docelowa wartość wilgotności - Strefa 2.								
setHum_Strefa1	Real	5.0	False	True	True	False	Docelowa wartość wilgotności - Strefa 1.								
setHum_Strefa5	Real	5.0	False	True	True	False	Docelowa wartość wilgotności - Strefa 5.								
setHum_Strefa4	Real	5.0	False	True	True	False	Docelowa wartość wilgotności - Strefa 4.								
setHum_Strefa3	Real	5.0	False	True	True	False	Docelowa wartość wilgotności - Strefa 3.								
setHum_Strefa1_	Real	50.0	False	True	True	False	Docelowa wartość wilgotności z HMI - Strefa 1.								
setHum_Strefa2_	Real	50.0	False	True	True	False	Docelowa wartość wilgotności z HMI - Strefa 2.								
setHum_Strefa3_	Real	50.0	False	True	True	False	Docelowa wartość wilgotności z HMI - Strefa 3.								
setHum_Strefa4_	Real	50.0	False	True	True	False	Docelowa wartość wilgotności z HMI - Strefa 4.								
setHum_Strefa5_	Real	50.0	False	True	True	False	Docelowa wartość wilgotności z HMI - Strefa 5.								
Strefa1_podlewanie	Bool	false	False	True	True	False	Aktywne podlewanie strefy 1: 1 - podlewanie, 0 - nie podlewa.								
Strefa2_podlewanie	Bool	false	False	True	True	False	Aktywne podlewanie strefy 2: 1 - podlewanie, 0 - nie podlewa.								
Strefa3_podlewanie	Bool	false	False	True	True	False	Aktywne podlewanie strefy 3: 1 - podlewanie, 0 - nie podlewa.								
Strefa4_podlewanie	Bool	false	False	True	True	False	Aktywne podlewanie strefy 4: 1 - podlewanie, 0 - nie podlewa.								
Strefa5_podlewanie	Bool	false	False	True	True	False	Aktywne podlewanie strefy 5: 1 - podlewanie, 0 - nie podlewa.								
WinOpen	Bool	false	False	True	True	False	Stan okien: 1 - otwarte, 0 - zamknięte.								
setLux	Real	5.0	False	True	True	False	Docelowa wartość oświetlenia.								
setLux_	Real	50.0	False	True	True	False	Docelowa wartość oświetlenia z HMI.								
Hum_Strefa5	Real	0.0	False	True	True	False	Wilgotność strefy 5.								
Hum_Strefa4	Real	0.0	False	True	True	False	Wilgotność strefy 4.								
Hum_Strefa3	Real	0.0	False	True	True	False	Wilgotność strefy 3.								
Hum_Strefa2	Real	0.0	False	True	True	False	Wilgotność strefy 2.								
Hum_Strefa1	Real	0.0	False	True	True	False	Wilgotność strefy 1.								
Lux_Start	Bool	true	False	True	True	False	Pomiar początkowy nasłonecznienia.								
▼ Nasłonecznienie	Array[0..6] of Real		False	True	True	False	Akwizycja pomiarów do wizualizacji - nałonecznienie.								
Nasłonecznienie[0]	Real	30.0	False	True	True	False									

Totally Integrated Automation Portal							
Name	Data type	Start value	Retain	Accessible from HMI	Visible in HMI	Setpoint	Comment
Nasłonecznienie[1]	Real	35.0	False	True	True	False	
Nasłonecznienie[2]	Real	70.0	False	True	True	False	
Nasłonecznienie[3]	Real	60.0	False	True	True	False	
Nasłonecznienie[4]	Real	75.0	False	True	True	False	
Nasłonecznienie[5]	Real	25.0	False	True	True	False	
Nasłonecznienie[6]	Real	10.0	False	True	True	False	
▼ CO2	Array[0..6] of Real		False	True	True	False	Akwizycja pomiarów do wizualizacji - CO2.
CO2[0]	Real	10.0	False	True	True	False	
CO2[1]	Real	11.0	False	True	True	False	
CO2[2]	Real	15.0	False	True	True	False	
CO2[3]	Real	8.0	False	True	True	False	
CO2[4]	Real	7.0	False	True	True	False	
CO2[5]	Real	10.0	False	True	True	False	
CO2[6]	Real	11.0	False	True	True	False	
▼ Temperatura	Array[0..6] of Real		False	True	True	False	Akwizycja pomiarów do wizualizacji - Temperatura.
Temperatura[0]	Real	15.0	False	True	True	False	
Temperatura[1]	Real	16.0	False	True	True	False	
Temperatura[2]	Real	20.0	False	True	True	False	
Temperatura[3]	Real	19.0	False	True	True	False	
Temperatura[4]	Real	21.0	False	True	True	False	
Temperatura[5]	Real	22.2	False	True	True	False	
Temperatura[6]	Real	23.4	False	True	True	False	
▼ Hum_1	Array[0..6] of Real		False	True	True	False	Akwizycja pomiarów do wizualizacji - wilgotność strefy 1.
Hum_1[0]	Real	10.0	False	True	True	False	
Hum_1[1]	Real	20.0	False	True	True	False	
Hum_1[2]	Real	30.0	False	True	True	False	
Hum_1[3]	Real	40.0	False	True	True	False	
Hum_1[4]	Real	50.0	False	True	True	False	
Hum_1[5]	Real	50.0	False	True	True	False	
Hum_1[6]	Real	60.0	False	True	True	False	
▼ Hum_2	Array[0..6] of Real		False	True	True	False	Akwizycja pomiarów do wizualizacji - wilgotność strefy 2.
Hum_2[0]	Real	90.0	False	True	True	False	
Hum_2[1]	Real	80.0	False	True	True	False	
Hum_2[2]	Real	44.4	False	True	True	False	
Hum_2[3]	Real	34.3	False	True	True	False	
Hum_2[4]	Real	77.7	False	True	True	False	
Hum_2[5]	Real	78.8	False	True	True	False	
Hum_2[6]	Real	80.0	False	True	True	False	
▼ Hum_3	Array[0..6] of Real		False	True	True	False	Akwizycja pomiarów do wizualizacji - wilgotność strefy 3.
Hum_3[0]	Real	33.3	False	True	True	False	
Hum_3[1]	Real	56.6	False	True	True	False	
Hum_3[2]	Real	76.7	False	True	True	False	
Hum_3[3]	Real	87.8	False	True	True	False	
Hum_3[4]	Real	98.9	False	True	True	False	
Hum_3[5]	Real	12.1	False	True	True	False	
Hum_3[6]	Real	45.4	False	True	True	False	
▼ Hum_4	Array[0..6] of Real		False	True	True	False	Akwizycja pomiarów do wizualizacji - wilgotność strefy 4.
Hum_4[0]	Real	66.6	False	True	True	False	
Hum_4[1]	Real	77.7	False	True	True	False	
Hum_4[2]	Real	65.6	False	True	True	False	
Hum_4[3]	Real	55.5	False	True	True	False	
Hum_4[4]	Real	55.5	False	True	True	False	
Hum_4[5]	Real	55.5	False	True	True	False	
Hum_4[6]	Real	66.4	False	True	True	False	
▼ Hum_5	Array[0..6] of Real		False	True	True	False	Akwizycja pomiarów do wizualizacji - wilgotność strefy 5.
Hum_5[0]	Real	23.4	False	True	True	False	
Hum_5[1]	Real	34.5	False	True	True	False	
Hum_5[2]	Real	53.5	False	True	True	False	
Hum_5[3]	Real	98.7	False	True	True	False	
Hum_5[4]	Real	54.3	False	True	True	False	
Hum_5[5]	Real	56.9	False	True	True	False	
Hum_5[6]	Real	22.2	False	True	True	False	

7 Wykaz zajętości programu w sterowniku

	Objects	Load memory	Work memory	Retain memory	I/O	DI	DO	AI	AQ
1		16 %	24 %	0 %		0 %	133 %	100 %	-%
2									
3	Total:	1 MB	25600 bytes	2048 bytes	Configured:	8	6	2	0
4	Used:	164906 bytes	6052 bytes	0 bytes	Used:	0	8	2	0
Details									
6	▶ OB	5906 bytes	239 bytes						
7	▶ FC	41779 bytes	2240 bytes						
8	▶ FB	28132 bytes	905 bytes						
9	▶ DB	86854 bytes	2668 bytes	0 bytes					
10	Objects for Motion Technology	-	-	0 bytes					
11	Data types	-							
12	PLC tags	2235 bytes		0 bytes					

Rysunek 7: Zajętość pamięciowa programu w sterowniku z podziałem na poszczególne rodzaje pamięci.



Rysunek 8: Zajętość pamięciowa programu w sterowniku oraz czas cyklu.

8 Komponenty i kosztorys

- NAWADNIANIE

Nazwa elementu	Producent	Cena za szt.	Ilość	Suma	link
Pompa - hydrofor bezzbiornikowy	Omnigena	719 zł	2	1438 zł	klik!
Wąż ssący z zaworem i filtrem	Omnigena	112 zł	2	224 zł	klik!
Wąż tłoczny	Hypo	72 zł	1	72 zł	klik!
Trójkątnik	Profec	29,64 zł	1	29,64 zł	klik!
Elektrozawór	-	119,99 zł	5	599,95 zł	klik!
Wąż do mikrozraszaczny	iDINO	67 zł	5	335 zł	klik!
Weżyki do mikrozraszaczny	30	1,08 zł	NaanDanJain	32,4 zł	klik!
Mikrozraszacz	30	10 zł	NaanDanJain	300 zł	klik!
Czujnik poziomu cieczy	Termipol	300 zł	1	300 zł	klik!
Czujnik wilgotności gleby	Songle	15,99 zł	1	15,99 zł	klik!
Łączny koszt elementów nawadniających					3346,98 zł



Rysunek 9: Bezzbiornikowy zestawy hydroforowy do pompowania wody. Zawiera zabezpieczenie przed pracą na sucho. Jedna pompa przeznaczona jest do pompowania wody ze zbiornika na deszczówkę, a druga do pompowania wody z sieci wodociągowej.



Rysunek 10: Wąż ssący z filtrem, dzięki któremu nie zostają zassane zanieczyszczenia oraz z zaworem zwrotnym, który umożliwia przepływ wody tylko w jednym kierunku.



Rysunek 11: Wąż tłoczny antywibracyjny. Zapewnia szczelne połączenie i tłumienie drgań.



Rysunek 12: Trójkątnik umożliwiający połączenie dwóch źródeł poboru wody i zapewniający dołączenie dalszych elementów instalacji hydrotechnicznej.



Rysunek 13: Elektrozawór sterujący załączaniem każdej z poszczególnych stref.



Rysunek 14: Wąż umożliwiający doprowadzenie nawodnienia do każdej ze stref na długości. Od węża do mikrozraszaczów odchodzą mniejsze węzyki doprowadzające wodę do systemu mikrozraszaczów.



Rysunek 15: Węzyki do mikrozraszaczów umożliwiają połączenie głównego węża dystrybuującego wodę do poszczególnych mikrozraszaczów.



Rysunek 16: Mikrozraszacz umieszczany w ziemi służący do nawadniania upraw w szklarni.



Rysunek 17: Czujnik poziomu cieczy w zbiorniku, który umożliwia określenie, czy w zbiorniku z deszczówką znajduje się wystarczająca ilość wody do nawodnienia szklarni.



Rysunek 18: Czujnik poziomu wilgotności gleby, który monitoruje poziom wilgotności i odpowiednio umożliwia załączenie bądź wyłączenie podlewania w zależności od wartości.

• NASŁONECZNIENIE

Nazwa elementu	Producent	Cena za sztukę	Ilość	Suma	Link
Silnik do rolet	Simu	547 zł	2	1094 zł	klik!
Czujnik nasłonecznienia	PM Ecology	990 zł	2	990 zł	klik!
Łączny koszy elementów oświetleniowych					2084 zł



Rysunek 19: Silnik prądu stałego przeznaczony do sterowania roletami, którego istotną zaletą jest mechaniczny układ ustawienia górnego i dolnego położenia krańcowego w głowicy napędu, przez co nie są wymagane osobne krańcówki.



Rysunek 20: Czujnik badający natężenie nasłonecznienia. Od wskazywanej przez niego wartości zależy to, czy rolety są podniesione, czy opuszczone.

• TEMPERATURA I CO2

Nazwa elementu	Producent	Cena za szt.	Ilość	Suma	Link
Siłownik pneumatyczny	AiR Work	186 zł	2	372 zł	klik!
Zawór pneumatyczny dławiąco - zwrotny	Hydron	37,39 zł	2	74,78 zł	klik!
Zawór rozdzielający 3/2	Hafner	200 zł	2	400 zł	klik!
Cewka do zaworu elektromagnetycznego	Hafner	30 zł	4	120 zł	klik!
Czujnik CO2 i temperatury	HOTCOLD	703 zł	4	703 zł	klik!
Łączny koszt elementów - temperatura i CO2					1669,78 zł



Rysunek 21: Siłownik pneumatyczny jednostronnego działania pchający ze skokiem o wartości 20mm. Instalacja pneumatyczna służąca do uchyłania i zamknięcia okien w szklarni, dzięki czemu można dobrać odpowiednią temperaturę wewnętrzną oraz stężenie CO2.



Rysunek 22: Zawór dławiąco-zwrotny pneumatyczny z gwintem. Zawór umożliwia swobodny przepływ jednokierunkowy wraz z przepływem z dławieniem w kierunku przeciwnym.



Rysunek 23: Zawór rozdzielający sterujący kierunkiem przepływu powietrza. Sterowany dwustronnie elektrycznie, typu 3/2, normalnie zamknięty.



Rysunek 24: Cewka do zaworów o podłączeniach elektrycznych - styki płaskie DIN. Cewka elektromagnetyczna jest elementem sterującym w instalacji pneumatycznej polgającej na kontroli przepływu powietrza.



Rysunek 25: Czujnik stężenia dwutlenku węgla w powietrzu oraz czujnik temperatury w jednym urządzeniu.

• ELEMENTY BEZPIECZEŃSTWA

Nazwa elementu	Producent	Cena za szt.	Ilość	Suma	Link
Wyłącznik nadprądowy	ABB	36,60 zł	1	36,60 zł	klik!
Łączny koszt elementów bezpieczeństwa					36,60 zł



Rysunek 26: Wyłącznik nadprądowy o charakterystyce typu D, co oznacza, że zastosowanie odnajduje przede wszystkim w przemyśle. Tego typu wyłącznik nadprądowy stosowany jest do zabezpieczenia urządzeń elektroenergetycznych.

• ELEMENTY MONTAŻOWE

Nazwa elementu	Producent	Cena za szt.	Ilość	Suma	Link
Szafa sterownicza	Sabaj System	4288 zł	1	4288 zł	klik!
Szyna DIN	OBO BETTERMANN	49,02 zł	3	147,06 zł	klik!
Łączny koszt elementów montażowych					4435,06 zł



Rysunek 27: Sterowniki oraz pozostałe elementy sterujące zostały umieszczone w szafie rozdzielczej, która wykazuje się wysoką szczelnością i ochroną urządzeń elektrycznych przed niekorzystnym działaniem czynników zewnętrznych takich jak pył lub woda. Z uwagi na zmieniające się warunki w szklarni, szafa sterująca musi wykazywać się wysokim stopniem ochrony.



Rysunek 28: Niemalże wszystkie wykorzystane elementy sterujące zamontowane zostały na szynach DIN 35mm.

• ELEMENTY STERUJĄCE

Nazwa elementu	Producent	Cena za szt.	Ilość	Suma	Link
Sterownik PLC	Siemens	3031,58 zł	1	3031,58 zł	klik!
Moduł wejść analogowych	Siemens	2328,86 zł	1	2328,86 zł	klik!
Panel HMI	Siemens	2766,01 zł	1	2766,01 zł	klik!
Łączny koszt elementów sterujących					8126,45 zł



Rysunek 29: Sterownik PLC jest głównym komponentem projektu inteligentnej szklarni. Opiera się na nim cały algorytm sterowania.



Rysunek 30: Moduł rozszerzeń wejść analogowych jest niezbędny do realizacji pomiarów z czujników.



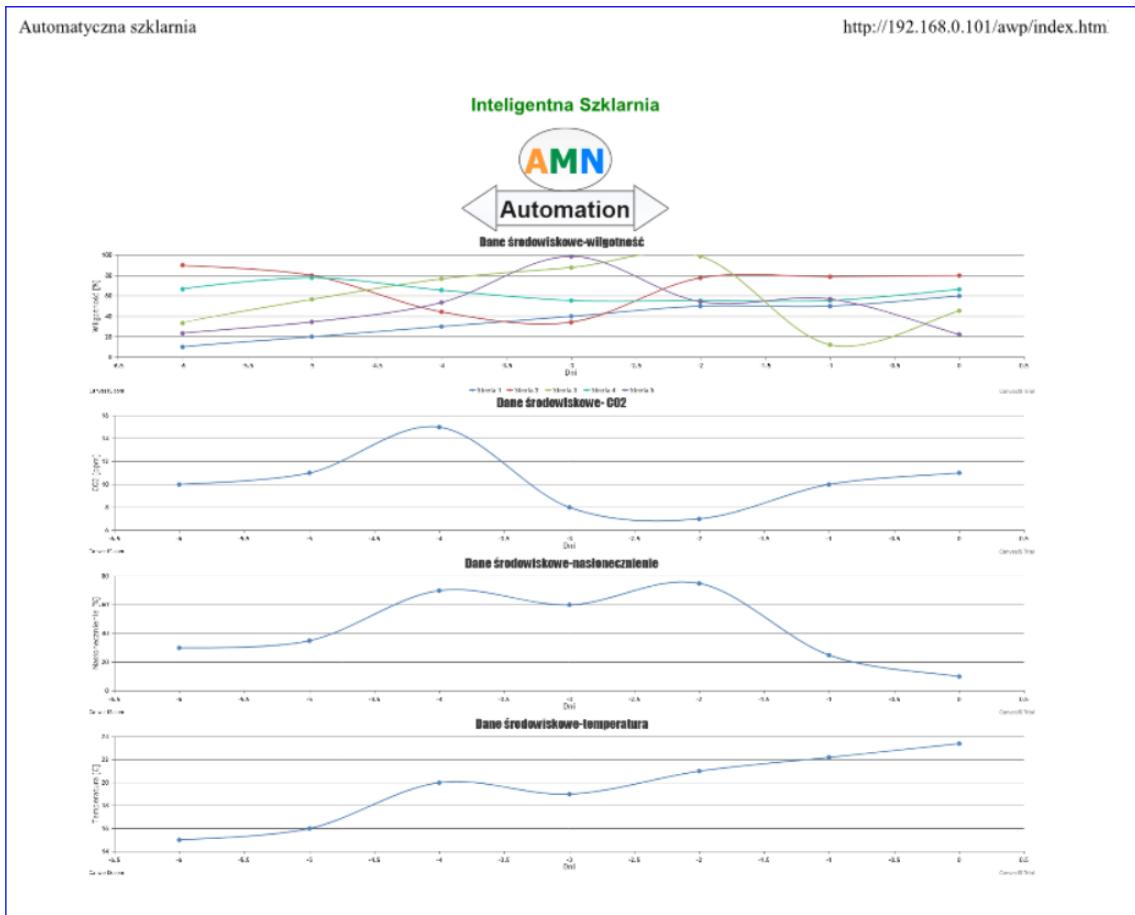
Rysunek 31: Panel HMI umożliwia użytkownikowi podgląd oraz modyfikację parametrów szklarni.

- ŁĄCZNY KOSZTORYS

Elementy	Koszt
Nawadnianie	3346,98 zł
Nasłonecznienie	2084 zł
Temperatura i CO2	1669,78 zł
Montaż	4435,06 zł
Bezpieczeństwo	36,60 zł
Sterowanie	8126,45
Suma	19698,87 zł

9 WebServer

Wygląd strony webservera przedstawia się następująco:



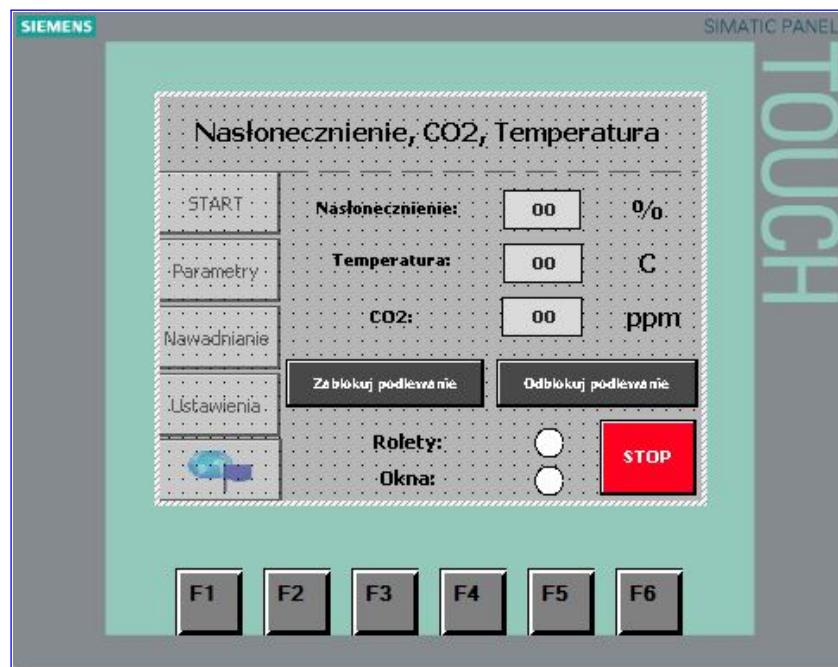
Rysunek 32: Wygląd strony webservera

Na stronie webservera można wyświetlić dane dla poszczególnych wartości fizycznych z okresu ostatniego tygodnia. Do wspominanych pomiarów szklarni zalicza się: wilgotność dla każdej z pięciu stref, poziom CO₂, poziom nasłonecznienia oraz temperatura. Dane aktualizowane są z sterownika za pomocą bloku WWW. Do przedstawienia wykresów została wykorzystana biblioteka canvasJS. Wspominaną stronę można również zobaczyć korzystając z załącznika Strona_www.html.

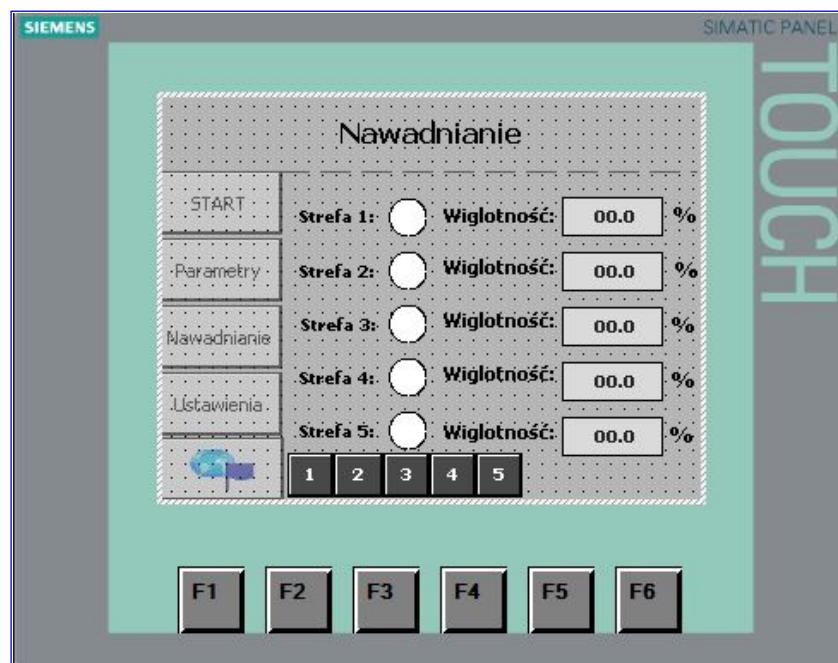
10 HMI



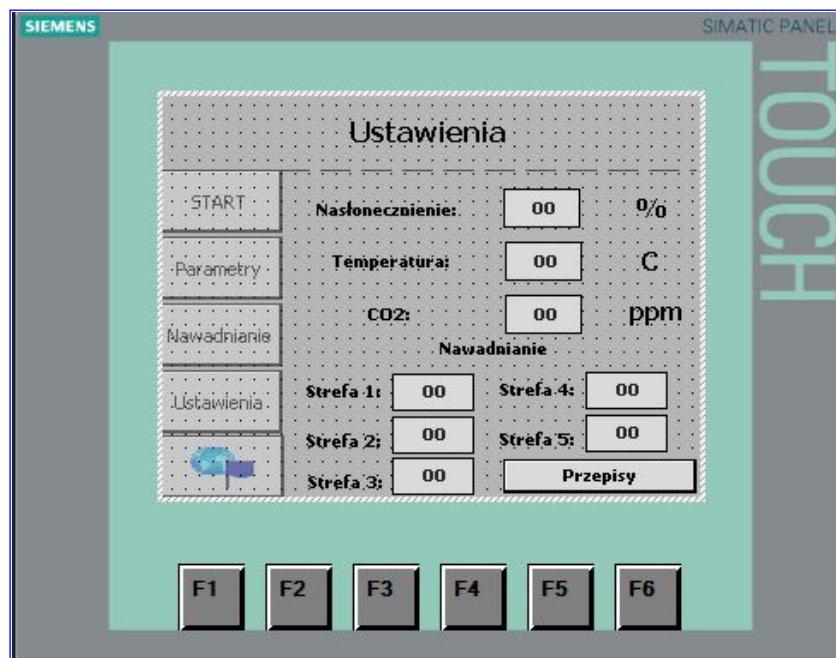
Rysunek 33: Widok ekranu głównego wyświetlacza HMI.



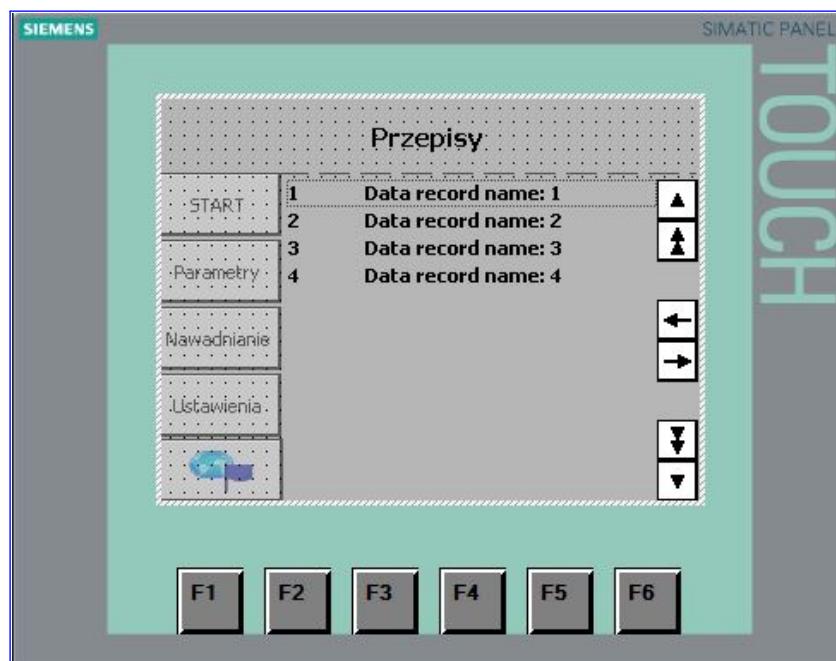
Rysunek 34: Widok ekranu wyświetlacza HMI z parametrami układu.



Rysunek 35: Widok ekranu wyświetlacza HMI z widokiem stref.



Rysunek 36: Widok ekranu wyświetlacza HMI z ustawieniami układu.

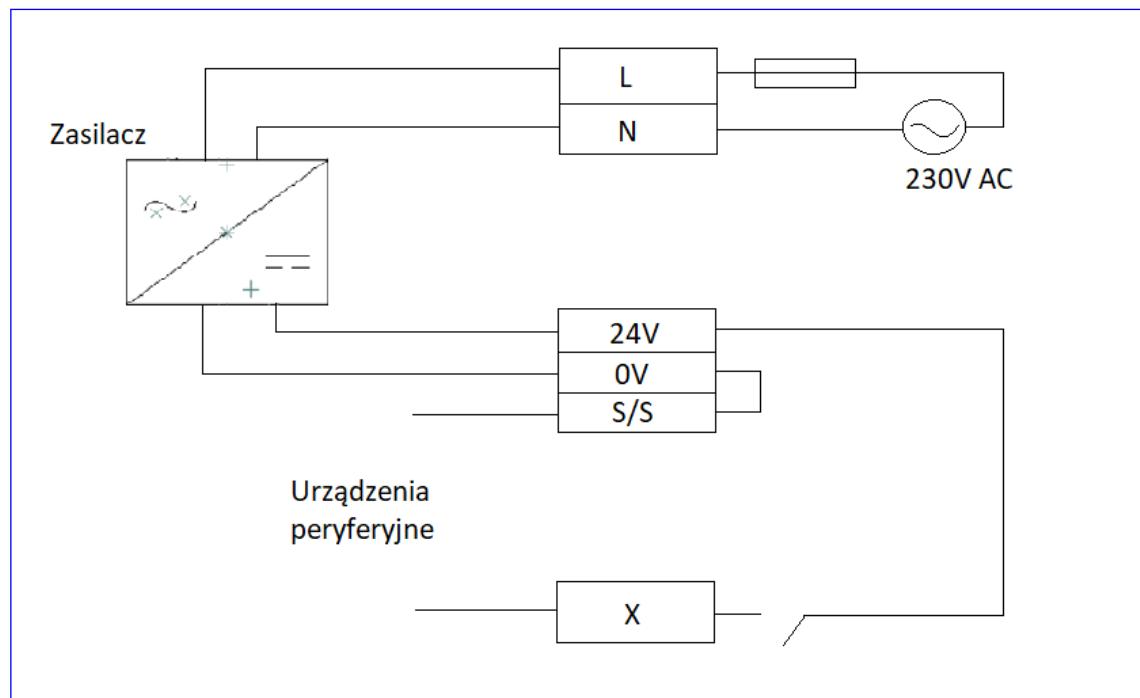


Rysunek 37: Widok ekranu wyświetlacza HMI z przepisami.

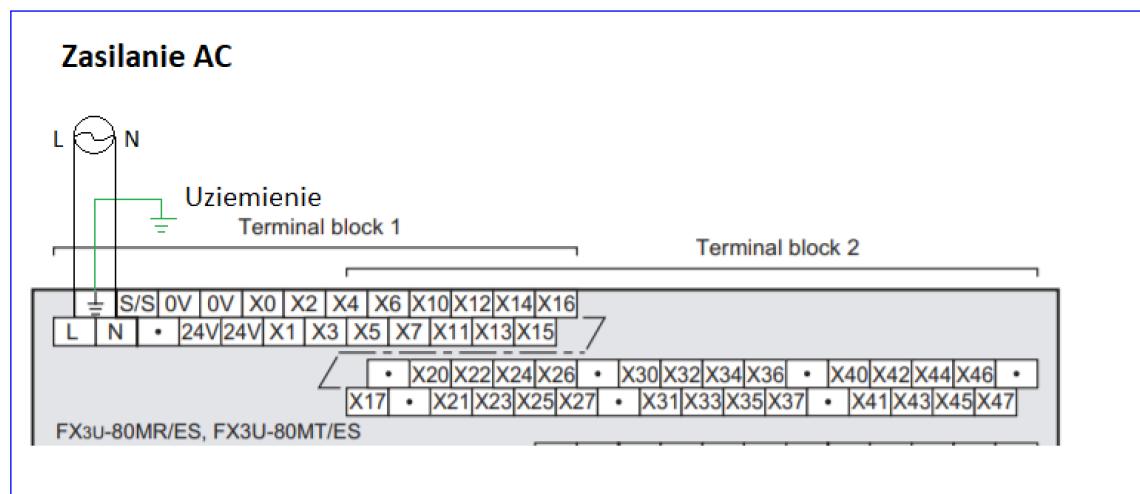
Interakcja użytkownika z systemem sterującym odbywa się za pomocą wyświetlacza HMI. Interfejs użytkownika został zaprojektowany w taki sposób by być możliwie przejrzysty, prosty i intuicyjny, zapewniając by absolutnie każdy użytkownik bez większej wiedzy wstępnej zaraz po zobaczeniu wyświetlacza mógł szybko odnaleźć interesującą go opcje. Wyświetlacz podzielony został na ekrany, pomiędzy którymi możliwe jest przełączanie za pomocą przycisków po lewej stronie ekranu, ostatni z nich służy również do zmiany języka, gdyż interfejs został przetłumaczony i dostępny jest w języku polskim, angielskim oraz niemieckim. Początkowo użytkownik powitany zostaje ecranem startowym, z którego rozpoczyna nawigacje po systemie. Zakładka parametry prezentuje aktualne wartości trzech podstawowych parametrów jakimi są poziom nasłonecznienia, temperatura oraz poziom CO₂, dodatkowo znajdują się dwa przyciski pozwalające całkowicie zablokować lub odblokować podlewanie wszystkich stref. Na dole znajdują się kontrolki zasłonięcia rolet i otwarcia okien, które odpowiednio zmieniają kolor na czerwony bądź zielony w zależności od stanu w jakim znajdują się wspomniane elementy. Ostatnim elementem jest przycisk STOP blokujący całkowicie wykonywanie algorytmu sterowania. Ecran „Nawadnianie” prezentuje wilgotność poszczególnych stref, oraz informuje za pomocą kontrolki o zmieniającym się kolorze czy dana strefa jest w danym momencie podlewana czy też nie. Na dole ekranu widocznych jest 5 przycisków odpowiedzialnych za indywidualne blokowanie poszczególnej strefy, przyciski te również zmieniają kolor (zielony lub czerwony) w zależności od tego czy dana strefa jest zablokowana lub nie. Na opisanych ekranach wszystkie elementy odpowiadające za wyświetlanie informacji miały jedynie charakter jednokierunkowy, na ekranie „Ustawienia” elementy te nie tylko wyświetlają zadane parametry układu, ale również po kliknięciu na nie umożliwiają konfigurację tych parametrów. Wprowadzone docelowe parametry można również zapisywać w postaci gotowych przepisów, które dostępne są za pomocą przycisku na dole ekranu ustawień. Przepisy umożliwiają wybranie predefiniowanych gotowych zestawów, modyfikacje zapisanych jak również tworzenie swoich własnych zbiorów parametrów. Główną ideą projektu interfejsu użytkownika była przyjazność obcowania z nim.

11 Schematy - elektryczne i pneumatyczne

11.1 Schematy elektryczne

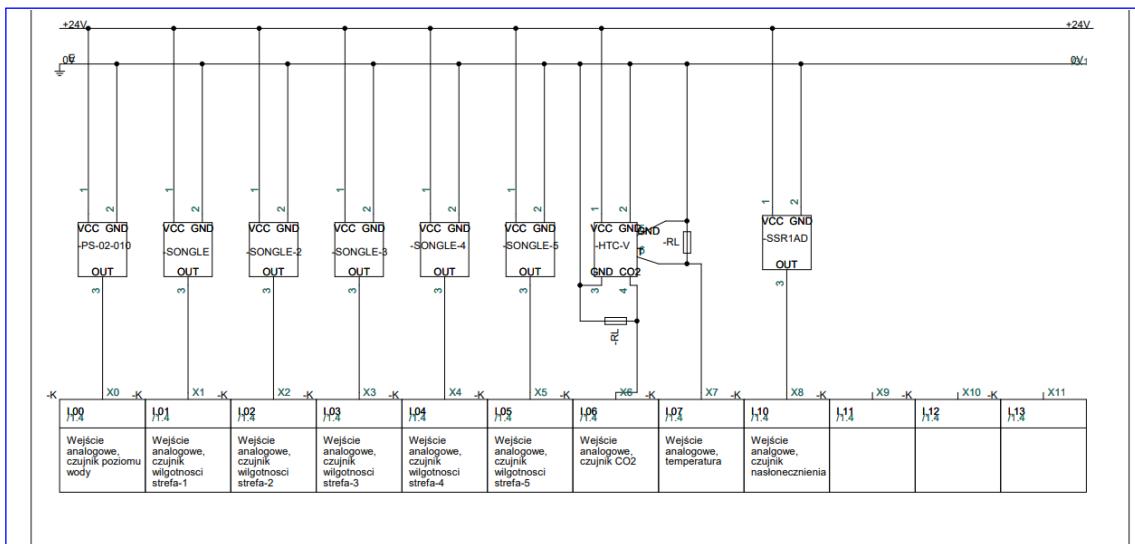


Rysunek 38: Schemat zasilania dla sterownika PLC

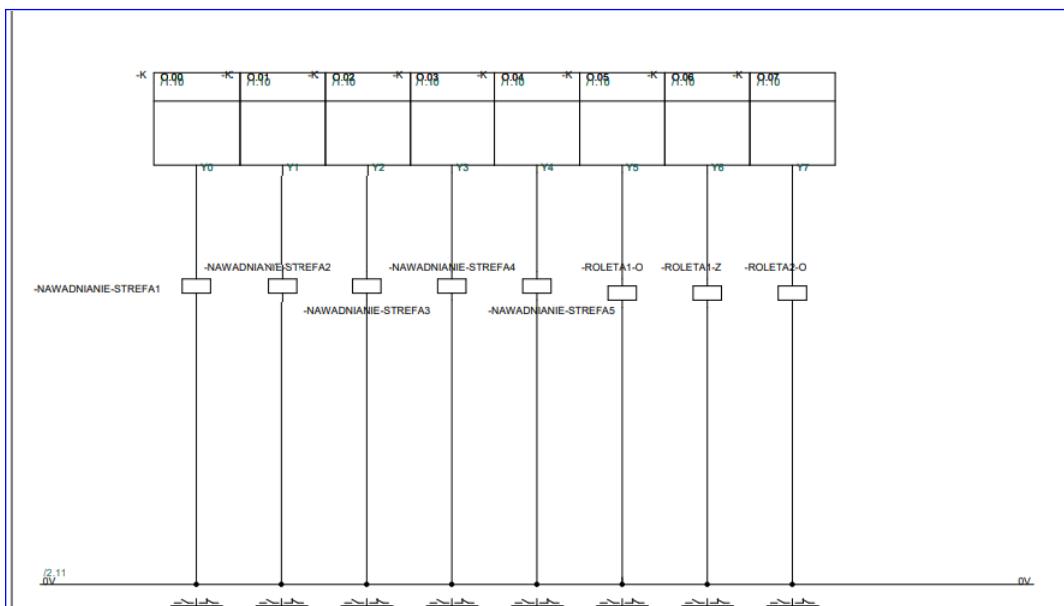


Rysunek 39: Schemat zasilania dla sterownika PLC

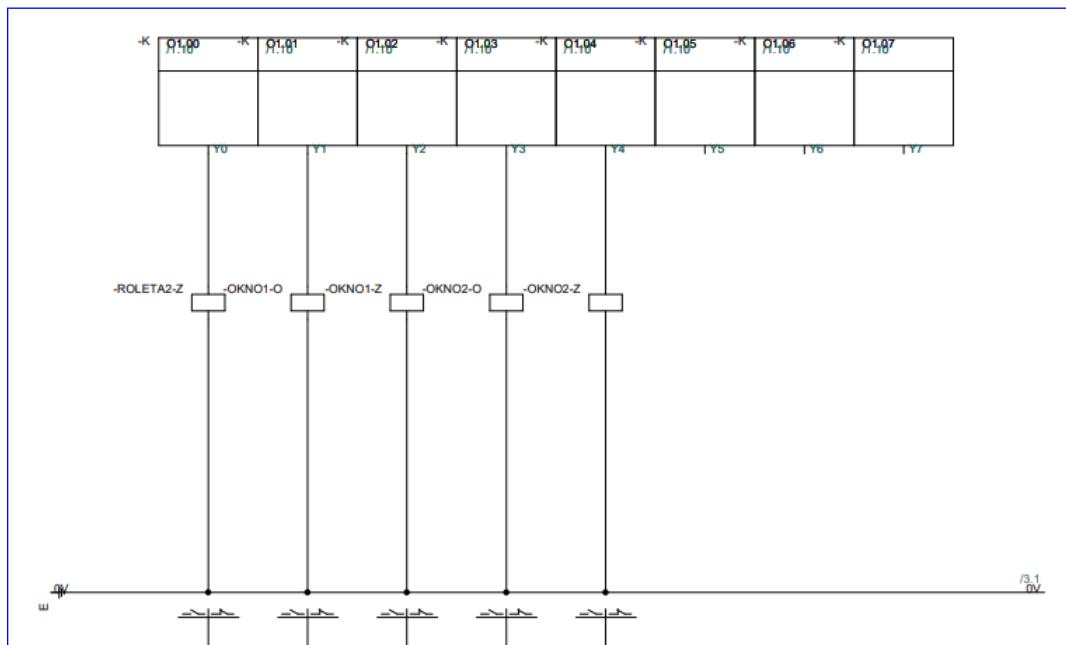
Zastosowanie sterowników przemysłowych



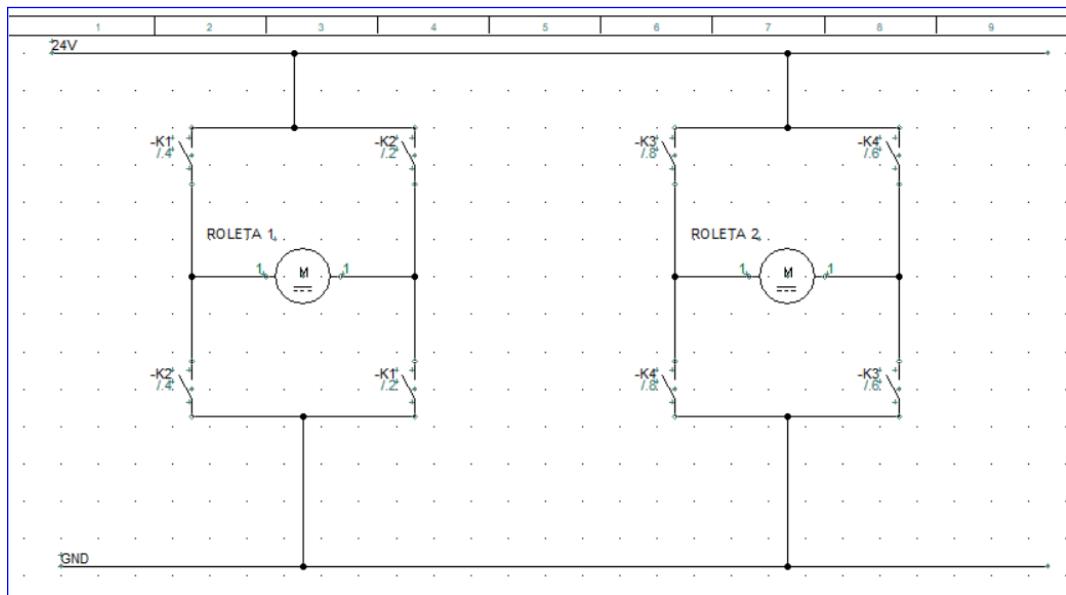
Rysunek 40: Schemat połączeniowy do wejść sterownika PLC



Rysunek 41: Schemat połączeniowy od wyjść sterownika PLC

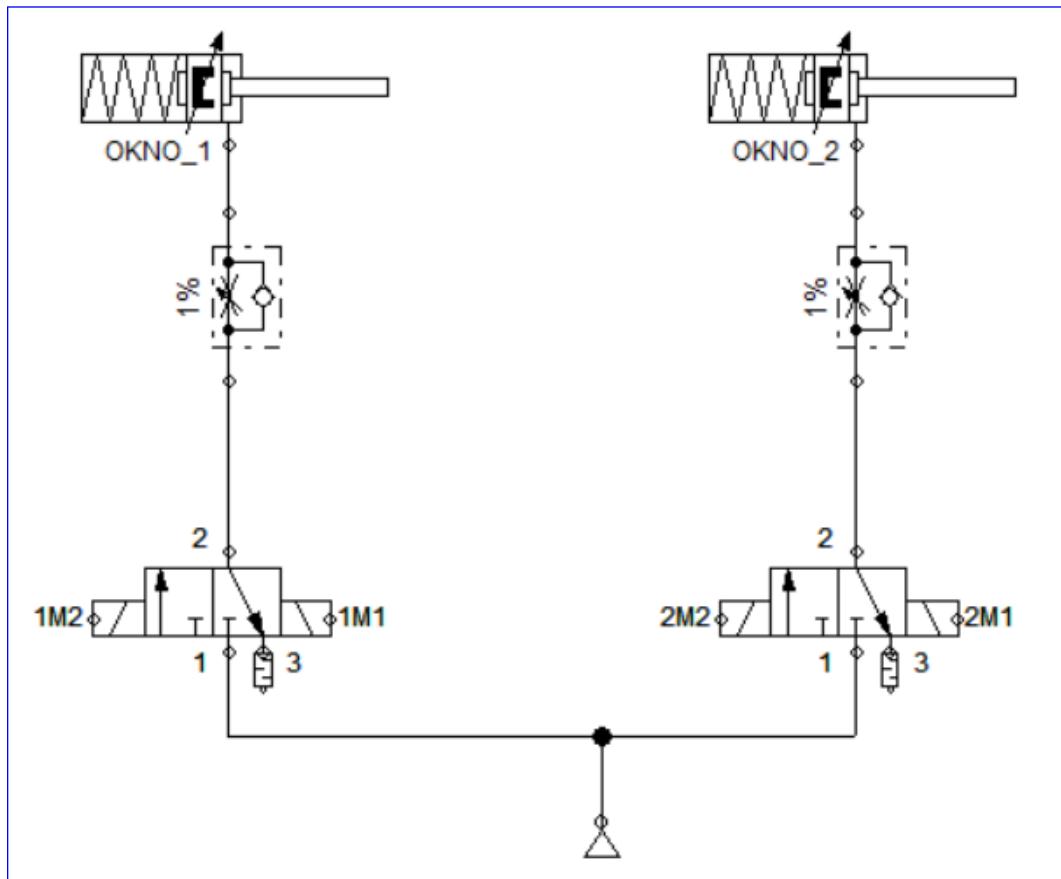


Rysunek 42: Schemat połączeniowy od wyjść sterownika PLC



Rysunek 43: Schemat połączeniowy dla rolet

11.2 Schematy pneumatyczne



Rysunek 44: Schemat pneumatyczny dla obsługi otwierania okien

12 Wnioski

Celem projektu było stworzenie programu do automatycznego sterowania szklarnią - kontrola nawadniania dla pięciu stref roślinności na podstawie wartości wilgotności, kontrola poziomu nasłonecznienia, stężenia CO₂ w powietrzu oraz kontrola temperatury. Użytkownik ma możliwość monitorowania parametrów szklarni oraz ich dostosowywania przy pomocy panelu HMI. Dodatkowo, może tworzyć swoje receptury. Dane archiwizowane są z ostatnich siedmiu dni i prezentowane są na wykresach poprzez Web Server sterownika. Założenia projektowe zostały zrealizowane, a także poszerzone o dodatkowe aspekty - dobór fizycznych komponentów wraz z kosztorysem oraz schematy elektryczne.

Realizacja opisanego projektu umożliwiła poszerzenie wiedzy z zakresu

Zastosowanie sterowników przemysłowych

zastosowania sterowników przemysłowych, a także zobrazowała mnogość zastosowań jaką mogą mieć sterowniki PLC.

Bibliografia

- GGS. 4 Benefits of automated control systems in a commercial greenhouse. <https://ggs-greenhouse.com/blog/4-benefits-of-automated-control-systems-in-a-commercial-greenhouse>.
- JAK, KROK PO KROKU NAWADNIAĆ SZKLARNIE, TUNEL FOLIOWY?
<https://www.podlane.pl/blog/jak-krok-po-kroku-nawadniac-szklarnie-tunel-foliowy/>. 2021.
- Poncin, Alexis. What is a smart greenhouse? A Beginner's Guide. <https://ruuvi.com/what-is-a-smart-greenhouse-a-beginners-guide/>. 2021.
- Viraktamath, S.V. et al. "AUTOMATIC GREENHOUSE MONITORING AND CONTROLLING SYSTEM USING PLC". In: International Journal of Advances in Electronics and Computer Science 2.12 (2015), p. 115.