



Złożenie pracy online:  
2022-03-03 15:41:06  
Kod pracy:  
11246/39075/CloudA

Andrzej Słomka  
(nr albumu: 24323 )

Praca inżynierska

## **Projekt i wykonanie systemu sterowania klimatem**

## **Design and implementation of a climate control system**

Wydział: Wydział Nauk Społecznych i  
Informatyki

Kierunek: Informatyka

Specjalność: programowanie aplikacji  
biznesowych

Promotor: dr Roman Krasowski

Składam najserdeczniejsze wyrazy wdzięczności za opiekę naukową, życzliwość i poświęcony mi czas,  
które przyczyniły się do powstania mojej pracy dyplomowej.

I



## Streszczenie

Praca inżynierska przedstawia obecny problem z jakim zmagają się współczesne rolnictwo, przykład jego rozwiązania wraz z gotowym projektem oraz jego implementacją. Wstęp pracy opisuje dziedzinę problemu wraz z propozycją jego rozwiązania poprzez wykorzystanie inteligentnych szklarni. Pierwszy rozdział przedstawia aspekty biologiczne oraz czynniki fizyczne, które są niezbędne w przypadku regulacji klimatu. Rozdział drugi skupia się na doborze odpowiednich komponentów systemu szklarniowego od strony sterowania. Został dobrany odpowiedni sterownik PLC wraz z czujnikami oraz elementami wykonawczymi. Kolejny rozdział przedstawia projekt instalacji elektrycznej wraz z dokładnym opisem działania warstwy sprzętowej. Zaprojektowany program sterowania wraz z poszczególnymi funkcjami został dokładnie opisany w rozdziale czwartym. Piąty rozdział przedstawia poszczególne etapy budowy prototypu szklarni, po której nastąpiła walidacja poszczególnych procesów oraz funkcji opisana w rozdziale szóstym. Następnie w rozdziale siódmym została dokładnie omówiona aplikacja użytkownika, która została stworzona do zdalnego podglądu parametrów oraz sterowania szklarnią. W kolejnym rozdziale zostały omówione aspekty związane z dalszym rozwojem projektu. Ostatni rozdział podsumowuje całość pracy oraz przedstawia odpowiednie wnioski na bazie zgromadzonych doświadczeń.

## Słowa kluczowe

program, sterowanie, sterownik, klimat, szklarnia



## Abstract

The engineering thesis presents the current problem faced by modern agriculture, an example of its solution together with a ready project and its implementation. The introduction to the engineering thesis describes the area of the problem along with a proposal to solve it through the use of intelligent greenhouses. The first chapter presents the biological aspects and physical factors that are necessary for climate regulation. The second chapter focuses on the selection of appropriate components of the greenhouse system from the control point of view. The appropriate PLC controller with sensors and actuators was selected. The next chapter presents the design of the electrical installation with a detailed description of the operation of the hardware layer. The designed control program with individual functions has been described in detail in chapter four. The fifth chapter presents the various stages of building a greenhouse prototype, followed by validation of processes and functions described in chapter six. Then, in chapter seven, the user application was discussed in detail, which was created for remote viewing of parameters and control of the greenhouse. In the next chapter, aspects related to the further development of the project are discussed. The last chapter summarizes the entire work and presents appropriate conclusions based on the experience gathered.

## Keywords

program, control, controller, climate, greenhouse



## Spis treści

Wstęp.....	4
1 Założenia projektowe .....	6
1.1 Czynniki fizyczne i środowiskowe .....	6
1.2 Regulacja klimatu.....	10
1.2.1 Temperatura .....	10
1.2.2 Oświetlenie .....	10
1.2.3 Wilgotność powietrza .....	11
1.3 Regulacja warunków środowiska glebowego .....	12
2 Dobór komponentów systemu .....	13
2.1 Sterownik PLC .....	13
2.1.1 Opis sterownika .....	14
2.2 Dobór sygnałów wejściowych .....	15
2.2.1 Pomiar temperatury .....	15
2.2.2 Pomiar wilgotności gleby .....	16
2.2.3 Pomiar wilgotności powietrza.....	18
2.2.4 Pomiar poziomu wody w zbiorniku .....	19
2.2.5 Czujnik zamknięcia kłapy .....	21
2.2.6 Czujnik poziomu natężenia oświetlenia.....	22
2.3 Sygnały wyjściowe.....	23
2.3.1 Sterowanie temperaturą.....	23
2.3.2 Sterowanie wilgotnością gleby .....	26
2.3.3 Sterowanie oświetleniem .....	26
2.3.4 Sterowanie wentylacją .....	27
2.3.5 Sterowanie procesem zapewnienia wilgotności powietrza.....	29
2.4 Dobór modułów I/O sterownika PLC .....	29



2.4.1	Dobór modułów wejściowych .....	30
2.4.2	Dobór modułów wyjściowych .....	31
2.5	Układy zasilające.....	32
2.5.1	Zasilacz 24V .....	32
2.5.2	Zasilacz 12V .....	33
2.5.3	Zasilacz 5V .....	33
3	Projekt instalacji elektrycznej.....	35
3.1	Obwód zasilania .....	35
3.2	Obwody sterowania.....	36
4	Program sterujący .....	42
4.1	Sterowanie wilgotnością gleby.....	42
4.2	Sterowanie temperaturą powietrza .....	43
4.3	Sterowanie wentylacją.....	45
4.4	Sterowanie wewnętrznym obiegiem powietrza.....	47
4.5	Sterowanie oświetleniem.....	48
4.6	Sterowanie wilgotnością powietrza.....	49
5	Opis procesu budowy oraz walidacji okablowania .....	51
5.1	Budowa.....	51
5.2	Walidacja.....	55
6	Uruchomienie systemu i testy funkcjonalne.....	57
6.1	Rozprowadzenie napięć zasilających .....	57
6.2	Walidacja działania sterownika oraz wgranie oprogramowania.....	60
6.3	Walidacja sygnałów wejściowych .....	60
6.4	Testy funkcjonalne .....	61
6.4.1	Walidacja funkcji podlewania.....	61
6.4.2	Walidacja grzania oraz chłodzenia .....	61
6.4.3	Walidacja procesu wentylacji .....	62



6.4.4	Uruchamianie sztucznego oświetlenia.....	62
7	Aplikacja użytkownika.....	64
7.1	Logowanie użytkownika.....	64
7.2	Tablica główna.....	65
7.3	Podlewanie.....	66
7.4	Wentylacja.....	67
7.5	Oświetlenie.....	68
7.6	Jakość powietrza.....	69
8	Dalszy rozwój projektu.....	71
8.1	Zasilanie szklarni z paneli fotowoltaicznych.....	71
8.2	Czujnik pogody.....	71
8.3	Monitorowanie jakości powietrza przez czujnik CO2.....	72
8.4	Automatyczne napełnianie zbiornika wody.....	72
8.5	Diagnostyka oraz powiadomienia SMS.....	72
8.6	System przeciwpożarowy (bezpieczeństwo funkcjonalne).....	72
8.7	Cyberbezpieczeństwo układu.....	73
9	Podsumowanie.....	75
	Bibliografia.....	77
	Spis ilustracji:.....	78
	Spis tabel:.....	80
	Spis załączników:.....	80



## Wstęp

Analizując piramidę Maslowa, można zaobserwować, że na samym jej dnie znajdują się potrzeby fizjologiczne człowieka. Jedną ze składowych podstawy jest zapewnienie pożywienia. Człowiek od zawsze do swojego przetrwania musiał zapewnić sobie pożywienie. Przez setki lat koncepcja zdobywania jedzenia nieustannie się zmieniała od polowania, po dzisiejsze zmechanizowane rolnictwo. Obecnie wysiłek wielu rąk ludzkich zastąpiły maszyny. Wydawać by się mogło, że osiągnęliśmy już kres rozwoju rolnictwa. Uważam jednak, że nie. Pomimo tego, że za pomocą jednego ciągnika można obsadzić dziesiątki hektarów ziemi to i tak skazani jesteśmy na kaprysy pogody, co jako konsumenci pośrednio odczuwamy poprzez wzrost cen. Kolejnym problemem jest fakt, iż jedne rośliny do wzrostu potrzebują wyższej temperatury inne niższej, jedne z kolei potrzebują wyższej wilgotności gleby inne mniejszej. Dlatego w jednym kraju bez najmniejszego wysiłku rosną banany, pomarańcze a w innym co najwyżej można o nich pomarzyć. Pomimo zapewnienia odpowiednich warunków klimatycznych istotna jest również jakość gleby. Z tym problemem nowoczesna technologia od dawna sobie radzi. Stosowanie szeregu nawozów dedykowanych pod dany typ roślin skutecznie wpływa na jej wegetację. Obszar występowania gleby również ma znaczenie. Niedaleka odległość od zakładów produkcyjnych, elektrowni czy innych tego typu zabudowań może doprowadzić do degradacji jakości powietrza. To z kolei przyczynić się może do choroby rośliny lub przedostanie się do niej niechcianych związków chemicznych. Jasną rzeczą jest, że w tym przypadku najbardziej poszkodowaną grupą są konsumenci żywności. (www.wikipedia.org, 2022) (Szmidt-Jaworska, Kopcewicz, 2020)

Przytoczone zostało tylko kilka problemów z jakimi po części wszyscy się zmagamy. w swojej pracy chcę przedstawić przykład drogi jaką można podążać w celu walki ze wszystkimi wymienionymi aspektami.

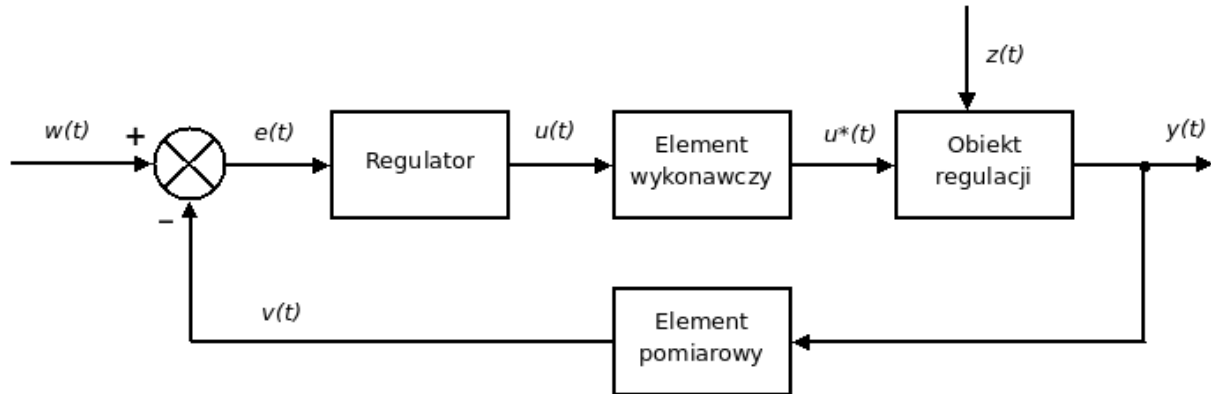
Szklarnia ogrodowa jest przestrzenią, w której tworzy się wyjątkowo korzystny mikroklimat dla uprawy roślin – optymalna temperatura, odpowiedni poziom wilgotności, a także ochrona przed gwałtownie zmieniającymi się warunkami atmosferycznymi. W rzeczywistym układzie warunki klimatyczne bardzo dynamicznie mogą się zmieniać na przykład: nagła zmiana pogody, która może doprowadzić do zbyt dużego nawodnienia gleby lub zbyt niskiej albo wysokiej temperatury. Tak dynamiczne warunki znacznie wydłużają dojrzewanie roślin lub wręcz go uniemożliwiają. (Szmidt-Jaworska, Kopcewicz, 2020)

Celem pracy jest wykonanie systemu umożliwiającego ciągły nadzór nad warunkami panującymi w szklarni. Kontrola ma na celu pomiar aktualnych wielkości fizycznych (takich





jak: temperatura, nawodnienie gleby itp.) oraz na ich podstawie za pomocą odpowiednich urządzeń wykonawczych (aktuatorów) reagować na zadane parametry w celu dążenia do optymalnych warunków wzrostu roślin. W ten sposób będzie spełniona podstawowa zasada regulacji układu.



Rysunek 1. Układ regulacji ze sprzężeniem zwrotnym

Źródło: ([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org), 2022)

Głównym celem jaki ma realizować układ to automatyzacja wszystkich czynności jakie konieczne są przy tradycyjnym modelu oraz jak największego skrócenia czasu wzrostu roślin. Pozwoli to zarówno na zmniejszenie kosztów poprzez zredukowanie znacznej ilości pracy jaką należy wykonywać (podlewania, ogrzewanie itd.). Dodatkowo nadzór nad warunkami klimatu pozwoli na wcześniejsze oraz bardziej obfite zbiory.

Oprócz zapewnienia optymalnej regulacji istotnym jest również zapewnienie bezpieczeństwa układu jak i użytkownika. System musi sam wykrywać sytuacje, które mogą doprowadzić do jego uszkodzenia i nim przeciwdziałać. Przykładowo sterownik nie może dopuścić do zwarć, przeciążeń itp.

Aby zapewnić odpowiedni nadzór konieczna jest wizualizacja parametrów, wielkości fizycznych w czasie rzeczywistym. Osiągnięte zostanie to poprzez opracowanie odpowiedniej aplikacji.

# 1 Założenia projektowe

Pierwszym etapem będzie określenie podstawowych założeń oraz wymagań projektowych. Zostanie to określone poprzez analizę czynników wpływających na jakość i wzrost roślin.

## 1.1 Czynniki fizyczne i środowiskowe

Rośliny rozwijają się w środowisku, które dzięki swojej specyfice można podzielić na dwie grupy. Pierwszą z nich to pomieszczenia lub otwarta przestrzeń, w której dojrzewają organy nadziemne roślin. Wspomniana część nazywana jest klimatem. Natomiast organy podziemne mogą znajdować się w specjalnym podłożu, glebie, wodzie (kultury hydroponiczne) lub zawieszane w powietrzu (kultury aeroponiczne). (Szmidt-Jaworska, Kopcewicz, 2020)

Warunki panujące w obydwóch grupach wpływają na jakość oraz wielkość plonów roślin. Warto wspomnieć, że uprawiając konkretny gatunek a nawet odmianę, należy przestudiować wymagania dla indywidualnej rośliny. Należy tak przygotować warunki środowiska, żeby uzyskać optymalne uwarunkowania dla prawidłowego wzrostu i rozwoju. Wypada pamiętać, iż wspomniana ingerencja w środowisko może powodować duże nakłady czasu i pracy. W związku z tym czasami warto włożyć trochę wysiłku i zastanowić się nad idealnym doбором gatunku, który będzie się dobrze rozwijał już w zapewnionych warunkach. Koniecznym jest uwzględnienie warunków środowiska podczas całego procesu wzrostu roślin, ponieważ w trakcie trwania cyklu warunki te ulegają zmianie. Ciągła kontrola i interwencja wpływa zbawiennie na plon. (Szmidt-Jaworska, Kopcewicz, 2020)

Istnieje wiele czynników, które wspólnie regulują prawidłowy wzrost oraz rozwój roślin. Do wspomnianych czynników należą: temperatura, światło, opady atmosferyczne, a także ruch i skład gazowy powietrza oraz mikroklimat panujący w najbliższym sąsiedztwie uprawianych roślin. (Szmidt-Jaworska, Kopcewicz, 2020)

Jednak najważniejszym czynnikiem jest światło, jego zewnętrznym źródłem jest słońce. Dostarcza ono energii koniecznej roślinom do procesu fotosyntezy, czyli do prowadzenia podstawowego procesu życiowego. W efekcie fotosyntezy z dwutlenku węgla oraz wody powstają związki organiczne (cukry proste) oraz tlen. Wytworzona w tym procesie glukoza, może zostać zastosowana do kolejnych przemian prowadzących do wzrostu roślin. Glukoza może również przemienić się w skrobię lub tłuszcz i przydać się jako materiał zapasowy



zgrupowany w korzeniach lub łodygach. Zauważono, że rośliny lepiej pożytkują promieniowanie rozproszone niż bezpośrednie. (Szmidt-Jaworska, Kopcewicz, 2020)

Światło bierze udział nie tylko w procesie fotosyntezy, ale również wpływa na rozwój i wzrost roślin. Zjawisko to nazywa się fotomorfogenezą. Zjawisko to charakteryzuje się regulacją procesów zachodzących w roślinach podczas całego ich życia. Światło wpływa na dojrzewanie oraz kiełkowanie nasion, zielenienie i kwitnienie roślin oraz wytwarzanie i starzenie owoców. Na podstawie badań odnoszących się do zakwitania roślin w zależności od trwania długości fazy jasnej i ciemnej w ciągu dnia (okres 24-godzinny) wyróżniono rośliny dnia krótkiego i długiego. Rośliny przynależne do pierwszej grupy, kwitnące przy 10-15 godzinach ciągłej ciemności to np. soja. Natomiast sałata masłowa, groch, rzodkiewka, kapusta pekińska, szpinak należą do grupy roślin kwitnących, gdy w ciągu dnia jest co najmniej 10 godzin światła. Są jeszcze rośliny niewrażliwe na długość dnia tzw. obojętne. Do tej grupy zaliczyć można ogórka, pomidora, kalafiora, fasolę, bób oraz brokuł. (Szmidt-Jaworska, Kopcewicz, 2020) (Knaflowski, 2010)

Następnym czynnikiem, który ma wpływ na właściwy wzrost i rozwój roślin to temperatura. Optymalna temperatura to taka, w której rośliny najszybciej i najlepiej rosną. Należy pamiętać, iż dla poszczególnych gatunków i odmian temperatura może się różnić, ponadto zależy także od cyklu wzrostu rośliny. (Szmidt-Jaworska, Kopcewicz, 2020)

W temperaturze minimalnej zostaje zahamowany wzrost roślin, w większości przypadków jest to od temperatury 6°C. Są przypadki, które wytrzymują spadek temperatury nawet do -25°C, są to m. in. jarmuż, niektóre odmiany pora oraz warzywa wieloletnie. Oczywiście jest to również zależne od warunków pogodowych, takich jak obecność pokrywy śnieżnej czy wiatru. Pokrywa śnieżna chroni rośliny przed przemarzaniem, natomiast wiatr przyspiesza przemarzanie roślin. Rośliny ciepłolubne przemarzają w temperaturze 0°C. Do tego rodzaju roślin należą: pomidor, ogórek, papryka, melon, cukinia, dynia oraz fasola. Rozwój określonych organów zależy od temperatury minimalnej, można tutaj przytoczyć przykład ogórka, którego owoce nie wytworzą się w temperaturze poniżej 9°C. (Szmidt-Jaworska, Kopcewicz, 2020) (Knaflowski, 2010)

Kolejnym czynnikiem są opady, w Polsce średnia suma rocznych opadów wynosi 650 mm. Uprawy zależą od ilości oraz intensywności deszczu. Zbyt mała ilość opadów działa na obniżenie jakości warzyw, stają się one zdrewniałe oraz mają gorzki smak. Natomiast nadmiar opadów powoduje pogorszenie smaku, warzywa stają się wodniste oraz bardziej skłonne na choroby. Opady śniegu oraz grubość pokrywy śnieżnej jest ważna dla zimowania



roślin w polu. Tymczasem występujące latem opady nagłego gradu mogą kaleczyć lub doszczętnie niszczyć uprawy. (Szmidt-Jaworska, Kopcewicz, 2020)

Następnym czynnikiem jest dwutlenek węgla, który jest konieczny w procesie fotosyntezy, dlatego im wyższe jego stężenie i natężenie światła to rośliny rosną szybciej i wytwarzają więcej substancji odżywczych. Warto pamiętać, aby stężenie nie przekraczało 1%, gdyż może mieć to negatywny wpływ. Zwrócić uwagę należy, iż skład gazowy powietrza można regulować tylko i wyłącznie w przestrzeniach zamkniętych. (Szmidt-Jaworska, Kopcewicz, 2020)

Korzystnie na rośliny wpływa lekki ruch powietrza. Wiatr osuszając liście ogranicza infekcję oraz rozwój patogenów zagrażającym roślinom. Dzięki ruchom powietrza zmniejsza się wzrost roślin na długości, co powoduje wykształcenie się mocniejszych pędów. Wiatr bierze udział w cyklu zapylenia drogą przenoszenia pyłków roślin wiatropylnych lub rusza całymi roślinami samopylnymi. Należy mieć na uwadze siłę wiatru, gdyż zbyt silny może uszkadzać a w skrajnych przypadkach nawet przewracać całe rośliny. Ogórki, szparaga, fasola, i kapusta pekińska są roślinami wrażliwymi na gwałtowny i porywisty ruch powietrza. Dlatego w rejonach, gdzie występują często silne wiatry, można zastosować osłony przeciw ruchom powietrza. (Szmidt-Jaworska, Kopcewicz, 2020)

Mikroklimat jest to klimat charakterystyczny na małej przestrzeni, której odrębność jest skutkiem specyfiki układu czynników ją generujących. Do wspomnianych czynników należą: wysokość i wahania temperatur, prędkość ruchu powietrza, wilgotność itd. Inny klimat będzie panował na polu otoczonym drzewami, pagórkami od tego na otwartej przestrzeni. Obszar o wystawie południowej cechuje się znacznie lepszym ogrzaniem warstwy gleby i powietrza, zaś bliskość zbiornika wodnego oddziałuje na zmniejszenie różnic temperatur pomiędzy dniem a nocą. Natomiast na podtopienia są narażone uprawy położone w zagłębieniach, czego nie uświadczą role na wzniesieniach, które z kolei są narażone na przesuszenie oraz przemarznięcie zimujących roślin ze względu na mniejszą pokrywą śniegu. (Szmidt-Jaworska, Kopcewicz, 2020)

Przy uprawie warzyw ważnym jest środowisko glebowe, ponieważ warzywa mają wysokie wymagania z nią związane. Gleba nie powinna być zbyt ciężka oraz obficie nawodniona. Nie powinna ulegać zatwardzeniu wierzchniej warstwy, jednakże powinna być bogata w wodę i składniki pokarmowe a także dysponować grubą warstwą próchniczą. Do uprawy warzyw najlepszą jest struktura gruzełkowata o agregatach 0,8-3,5 mm, natomiast optymalnym odczynem gleby jest pH 6,4-8,1. Wybierając warzywa do uprawy, warto



przeanalizować wymagania glebowe, gdyż największe mają: cebula, ogórek, seler, kapusta pekińska i kalafior. (Szmidt-Jaworska, Kopcewicz, 2020) (Knaflowski, 2010)

Aby cieszyć się z obfitych plonów dobrej jakości należy mieć na uwadze odpowiednie przygotowanie gleby, dopilnowanie terminu siewu oraz wykonanie tego w odpowiedni sposób. Prawdłowo dobrane i przeprowadzone zabiegi pielęgnacyjne oraz działania ochrony roślin zagwarantują prawidłowy wzrost roślin. Do wykonania wszystkich prac stosuje się różne narzędzia uprawowe. Aktualnie zauważa się trend łączenia kilku narzędzi tworząc tzw. agregaty uprawowe. W konsekwencji zmniejsza się liczbę przejazdów po polu, ponieważ podczas jednego przejazdu można wykonać pracę następujących narzędzi: kultywatora, włóka, wału strunowego oraz bron zębowych. (Szmidt-Jaworska, Kopcewicz, 2020)

Na wielkość plonu wpływa prawidłowe następstwo roślin po sobie. Uprawianie przez wiele sezonów na tym samym polu tego samego gatunku lub roślin pokrewnych może prowadzić do tzw. „zmęczenia gleby”. Skutkuje to spadkiem plonu, gdyż gleba zostaje zakwaszona lub zasolona. Poprawne zmianowanie pozwoli na uniknięcie niekorzystnych warunków. (Bross-Burkhardt, 2020)

Poniżej przedstawiono zalecane odstępy czasowe w uprawie dla niektórych warzyw. Najkrótszą przerwę w uprawie na tym samym polu, bo tylko dwa lata zaleca się dla cebuli i pora. Natomiast dla ogórka, marchwi, sałaty, czosnku i selera rekomendowany czas to 3 lata. 4 lata doradza się dla warzyw kapustnych, cykorii, grochu, pietruszki oraz buraka ćwikłowego. Jednak należy obserwować warzywa, ponieważ mogą wystąpić choroby takie jak: kiła kapusty, głownia cebuli, rak pomidora, wtedy powinno się zachować 5 letnią przerwę w uprawie roślin na tym stanowisku. Można też zastosować przedplony lub poplony. Do takich plonów można zastosować sałatę, szpinak, kalarepę oraz rukolę, ponieważ mają one krótki czas wegetacji. (Bross-Burkhardt, 2020)

Do prawidłowego wzrostu roślin niezbędne są makroskładniki pobierane z powietrza to między innymi węgiel oraz tlen. Potrzebny jest również wodór pobierany z wody. Nieodzowne są też mikroskładniki takie jak: mangan, żelazo, cynk oraz miedź jak i bor, molibden oraz chlor. Należy jednak pamiętać, iż azot jest najbardziej plonotwórczym pierwiastkiem, gdyż jego niedobór prowadzi do słabego wzrostu roślin, zdrewnienia tkanek oraz powoduje żółte zabarwienie liści. W konsekwencji niedostatek azotu prowadzi do spadku ilości i jakości plonu (Szmidt-Jaworska, Kopcewicz, 2020).



## 1.2 Regulacja klimatu

W pierwszej części zostaną określone wielkości fizyczne jakie konieczne są do regulacji z poziomu klimatu (część rośliny znajdująca się nad poziomem gleby).

### 1.2.1 Temperatura

Najbardziej istotnym czynnikiem klimatu jest regulacja temperatury. Układ sterowania musi na wejściu mierzyć temperaturę wewnątrz szklarni oraz dbać aby temperatura mieściła się w założonym zakresie regulacji.

Występują trzy podstawowe rodzaje regulacji: ON/OFF, proporcjonalny i PID. w zależności od systemu, który ma być kontrolowany, stosuje się inny rodzaj regulatora do sterowania danym procesem.

Regulacja typu ON/OFF jest najprostszym typem. Polega ona na uruchamianiu urządzenia grzejnego gdy temperatura spada poniżej wartości optymalnej. Kontrola sterowania jest realizowana poprzez element termoczuły (np. termostat) lub przez czujnik temperatury, który dostarcza informacje do elementu nadrzędnego sterowania. Jeżeli sterownik uzna, że temperatura jest w prawidłowym zakresie odłączy element grzejny.

Niedoskonałość regulatorów ON/OFF miały wyeliminować regulatory proporcjonalne. Działanie tych urządzeń polega na dostarczaniu uśrednionej mocy grzewczej w zależności od wielkości spadku temperatury. Dla niewielkiego spadku będzie to niewielka moc, która będzie się podwyższać wraz z zmniejszaniem temperatury. (www.wikipedia.org, 2022)

Ostatnim omawianym sposobem regulacji jest regulator PID(proporcjonalno-całkująco-różniczkujący). Składa się on z trzech bloków: proporcjonalnego, całkującego oraz różniczkującego. Jego zadanie w przypadku regulacji temperatury polega na obliczaniu wartości uchybu pomiędzy wartością zadaną na wejściu oraz wartością rzeczywistą (regulowaną). Dokładne działanie algorytmu regulacji będzie polegało na redukcji obliczonego uchybu, poprzez manipulację sygnału wejściowego. (www.wikipedia.org, 2022)

### 1.2.2 Oświetlenie

Bez prawidłowego oświetlenia faza wzrostu może zostać spowolniona lub co gorsza zatrzymana. Również należy zaznaczyć, że światło dostarczane jest jedynie od wschodu do zachodu słońca z określoną intensywnością. Czas pomiędzy cyklami zachodu i wschodu jest przez roślinę nie wykorzystywany. Aby możliwy był ciągły wzrost rośliny konieczne jest sterowanie wartością dostarczanego światła. System musi monitorować odpowiednią porę dnia poprzez pomiar natężenia światła. Pozwoli to na sterowanie sztucznym oświetleniem,

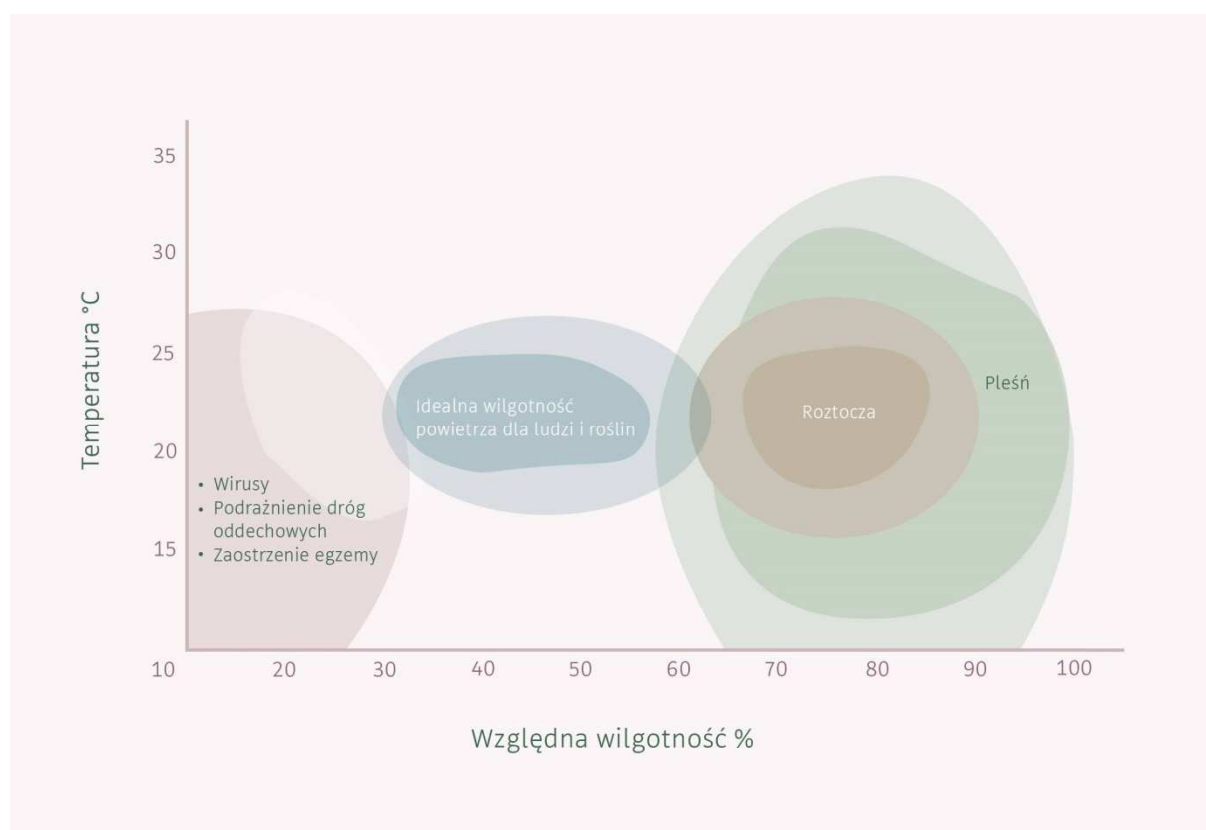


które poprzez dostarczenie odpowiednich długości fali światła umożliwi wzrost rośliny nawet w nocy. (Szmidt-Jaworska, Kopcewicz, 2020)

Sztuczne oświetlenie pochodzące od LED pozwoli na dokładną kontrolę czasokresu świecenia. Ponadto światło dostarczane będzie pod odpowiednim kątem oraz dedykowanym natężeniami. W tym przypadku można pokusić się o stwierdzenie, że sztuczne światło będzie bardziej wydajne niż promienie słoneczne ze względu na sprecyzowane parametry światła wymaganego przez roślinę.

### 1.2.3 Wilgotność powietrza

Kolejnym istotnym czynnikiem dla rozwoju roślin jest poziom wilgotności powietrza. System musi monitorować względną wilgotność powietrza oraz regulować jej poziom. Poniższy wykres przedstawia optymalny poziom wilgotności powietrza względem temperatury dla roślin oraz ludzi:



Rysunek 2. Wilgotność względna

Źródło: ([www.plantsforhumans.com](http://www.plantsforhumans.com), 2022)

Wilgotność powietrza jest to ilość wody w postaci pary wodnej w atmosferze (mierzona w procentach). Rośliny do prawidłowego wzrostu potrzebują odpowiednio nawilżonej

przestrzeni gazowej. Optymalna wilgotność powinna kształtować się pomiędzy 40 proc. a 60 proc. Gdy nawilżenie jest mniejsze, skutkuje to żółknięciem i zasychaniem liści a nawet obumarciem rośliny, ponieważ tracą one zbyt dużo wody w procesie transpiracji. Im wyższa temperatura powietrza, tym szybciej zmniejsza się wilgotność, co z kolei powoduje większą utratę wody przez rośliny. (www. plantsforhumans.com, 2022)

W celu zapewnienia odpowiedniej jakości powietrza system powinien zapewniać cykliczną jego wymianę. Dostarczenie stałej dawki świeżego powietrza skutecznie zwiększy procentową zawartość dwutlenku węgla w powietrzu. (www. plantsforhumans.com, 2022)

### **1.3 Regulacja warunków środowiska glebowego**

W przypadku warstwy glebowej głównymi czynnikami koniecznymi dla prawidłowego wzrostu roślin jest jakość gleby (ph, azot, makro i mikro elementy) oraz stan nawodnienia. W przypadku składu gleby konieczne jest zastosowanie w szklarni odpowiedniego gatunku lub zastosowania odpowiednich nawozów. (Szmidt-Jaworska, Kopcewicz, 2020)

Jeżeli chodzi o nawodnienie to system będzie musiał prowadzić stały nadzór nad poziomem wilgotności gleby i w razie potrzeby reagować. Reakcja systemu powinna dostarczyć odpowiednią ilość wody poprzez opracowany system nawadniania.





## 2 Dobór komponentów systemu

### 2.1 Sterownik PLC

Sterownik PLC można przedstawić jako mały komputer przemysłowy z modułowymi komponentami zaprojektowanymi do automatyzacji procesów sterowania. w przypadku automatyzacji procesu sterowania szklarnią wspomniany kontroler będzie optymalnym wyborem. (Nowakowski, 2006)

Sterowniki PLC składają się z następujących elementów:

- jednostki centralnej (CPU)
- wejść cyfrowych
- wejść analogowych
- wyjść cyfrowych
- wyjść analogowych
- modułu zasilania
- modułu komunikacji
- pamięci

(Nowakowski, 2006)

Analizując postawione wymagania, koniecznym jest aby sterownik umożliwiał wizualizację stanów swojej pracy wraz z możliwością zdalnego sterowania dostępnymi procesami.

Aby spełnić założenia projektowe oraz zapewnić odpowiednią skalowalność systemu zostanie zastosowany sterownik firmy Siemens typu LOGO w wersji 8.3.



Rysunek 3. Sterownik LOGO

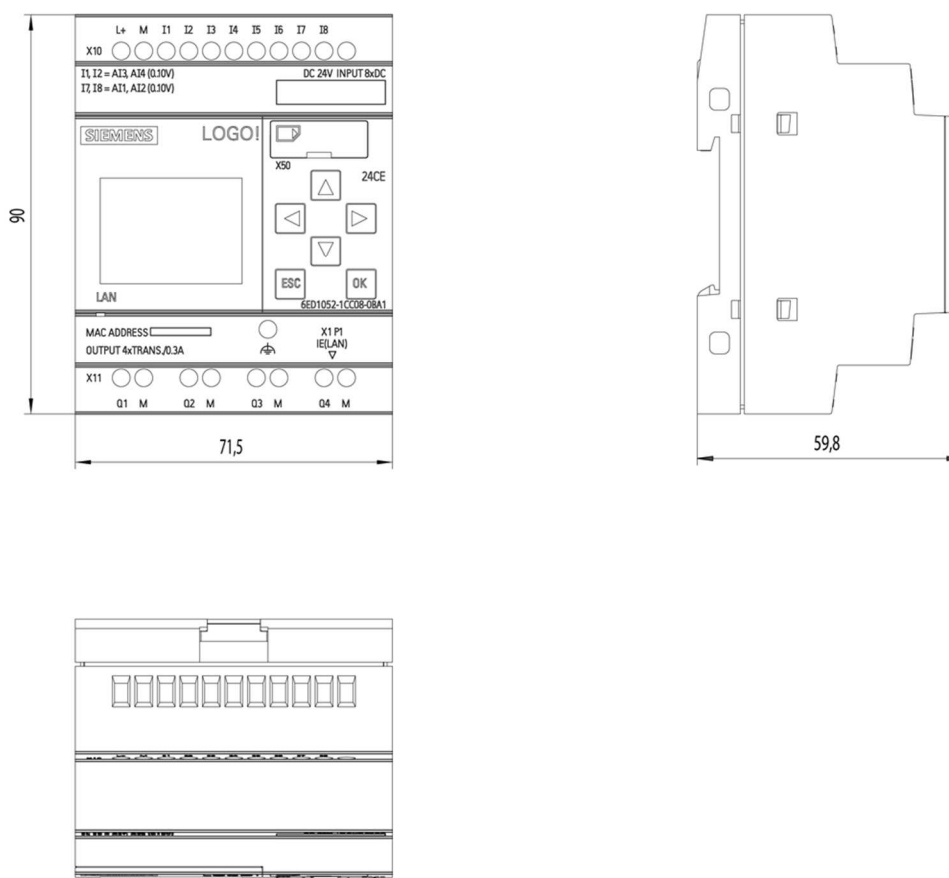
Źródło: ([www.automation.siemens.com](http://www.automation.siemens.com), 2022)



### 2.1.1 Opis sterownika

Do swojej prawidłowej pracy sterownik potrzebuje zasilania napięciem stałym o poziomie znamionowym 24V dostarczanym z zasilacza o odpowiedniej mocy wyjściowej. Sterownik w swojej bazowej formie posiada osiem wejść cyfrowych oraz cztery wyjścia tranzystorowe. W związku z tym, że sterownik posiada modułową konstrukcję to po określeniu wszystkich sygnałów wejściowych oraz wyjściowych (zarówno cyfrowych jak i analogowych) możliwe będzie dobranie odpowiednich modułów I/O. Do wymiany danych z innymi urządzeniami na przednim panelu zastosowane zostało gniazdo RJ45 umożliwiające ustanowienie połączenia w technologii Ethernet. Zapis dodatkowych parametrów takich jak np.: logi z temperaturą umożliwić będzie zainstalowana w sterowniku karta SD. Do podstawowej diagnostyki sterownika dostępny jest prosty wyświetlacz LCD, w którym można sprawdzić podstawowe parametry pracy jak i stan wejść/wyjść (www.automation.siemens.com, 2022).

Poniższy rysunek przedstawia dokładną budowę sterownika:



Rysunek 4. Rysunek sterownika LOGO

Źródło: (www.automation.siemens.com, 2022)



## 2.2 Dobór sygnałów wejściowych

Aby prawidłowo dobrać moduły wejściowe koniecznym jest założenie minimalnej ilości sygnałów wejściowych. Koncepcja sygnałów w pierwszej fazie projektowej nie powinna ograniczać możliwości rozbudowy układu. Nie można jednak przewymiarować ilości I/O gdyż jest to nieopłacalne oraz zmniejszy możliwość zabudowy.

W celu stworzenia mikroklimatu w szklarni, zostaną dobrane następujące sygnały wraz z niezbędnymi czujnikami.

### 2.2.1 Pomiar temperatury

Głównym czynnikiem warunkującym prawidłowy rozwój roślin jest temperatura. Aby zapewnić prawidłową interpretację temperatury przez sterownik koniecznym jest zastosowanie odpowiedniego czujnika, który na swoim wyjściu wystawi sygnał: 0-10V. Następnie po stronie sterownika wartość wejściowa napięcia zostanie odpowiednio przeliczona na rzeczywistą wartość temperatury.

Oprócz parametrów elektrycznych, specyfika klimatu w szklarni (wilgotność) wymaga zastosowania odpowiednio szczelnej obudowy.

Jako czujnik został wybrany: ROPAM RHT-2H. Poniższa tabela przedstawia wszystkie najważniejsze parametry czujnika:

Tabela 1

Parametry czujnika temperatury

Zakres pomiarowy	-20°C do +80°C
Sygnał wyjściowy	0-10V
Napięcie zasilania	12-24 VDC
Wymiary	64x57x36 [mm]
Szczelność	IP65
Warunki pracy	-20°C do +80°C, wilgotność 0-100 %RH, środowisko chemicznie neutralne

*Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych katalogowych producenta*

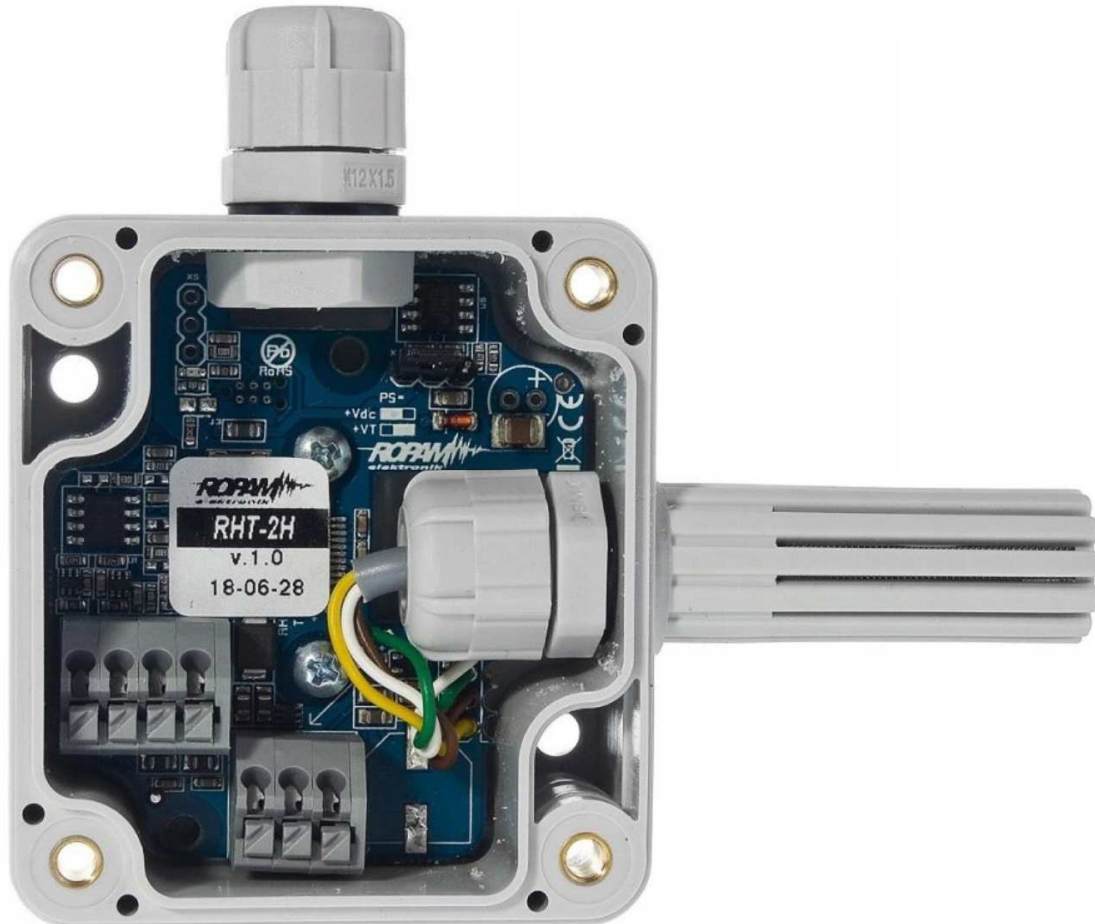
Działanie tego czujnika opiera się na zmianie rezystancji elementu pomiarowego. W przypadku spadku temperatury - rezystancja maleje, natomiast przy wzroście temperatury rezystancja wzrasta. Cała konstrukcja wraz z opornikiem i układem elektronicznym jest tak dobrana, że całe urządzenie pomiarowe ma wysoką dokładność odzwierciedlającą



rzeczywistą temperaturę w zakresie od ok.  $-20^{\circ}\text{C}$  do  $80^{\circ}\text{C}$ . (www.ropam.com.pl 2022)  
(Gajek; Juda, 2011)

Nazwa rezystora PT100 mówi, że przy temperaturze  $0^{\circ}\text{C}$  wartość rezystancji wynosi 100Ohm. (Gajek; Juda, 2011)

Poniższe zdjęcie ukazuje wygląd omawianego czujnika:



Rysunek 5. Czujnik ROPAM RHT-2H

Źródło: (www.ropam.com.pl, 2022)

## 2.2.2 Pomiar wilgotności gleby

Woda jest potrzebna do życia zarówno ludziom, zwierzętom jak i roślinom. Monitorowanie stanu wilgotności gleby jest kolejnym ważnym aspektem założeń projektowych. Sterownik do prawidłowego odwzorowania aktualnie panujących warunków fizycznych potrzebuje ciągłego sygnału analogowego.

Do tego zadania zostanie zastosowany czujnik: Pino-Tech SoilWatch. Poniższa tabela przedstawia wszystkie najważniejsze parametry czujnika:

Tabela 2.

Parametry czujnika wilgotności gleby	
Zakres pomiarowy	0% do 100%
Sygnal wyjściowy	0-3V
Napięcie zasilania	3-5 VDC
Wymiary	170x25x15 [mm]
Szczelność	IP65
Warunki pracy	2°C do +45°C

*Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych katalogowych producenta*

Czujnik do określania poziomu wilgotności gleby zasilany jest napięciem od 3,1 V do 5 V. Wyjściem jest napięcie analogowe. Konstrukcja czujnika nie posiada widocznych elektrod, dzięki czemu jest odporny na korozję, a odczyty z biegiem czasu nie tracą precyzji. Czujnik posiada takie zabezpieczenia jak: wodoodporność oraz odporność na warunki atmosferyczne. Moduł można wykorzystywać z urządzeniami wyposażonymi w przetwornik A/C. (www.pino-tech.eu, 2022)

Zasada działania tego czujnika opiera się na zmianie pojemności kondensatora w zależności od panujących warunków. Kondensator posiada dwie metalowe elektrody oraz znajdującą się pomiędzy nimi drobną warstwę higroskopijnego polimeru pełniącego rolę izolatora. Polimer pobierając wodę zmienia swoje właściwości elektryczne co w konsekwencji wpływa na zmianę pojemności kondensatora. Pojemność jest odpowiednio mierzona przez układ elektroniczny i zwracana jako sygnał wyjściowy do sterownika PLC.

Czas reakcji czujników pojemnościowych to typowo 20...70s, co w przypadku regulacji wilgotności gleby jest wystarczające. (www.pino-tech.eu, 2022)

Poniższe zdjęcie ukazuje wygląd omawianego czujnika:





Rysunek 6. Pino-Tech SoilWatch 10

Źródło: (www.pino-tech.eu, 2022)

### 2.2.3 Pomiar wilgotności powietrza

Dla zachowania odpowiedniego balansu wilgotności sterownik musi również monitorować stan powietrza i reagować na jego wahania. Ten aspekt będzie determinował okresowe przewietrzanie komory szklarni. w przypadku zbyt małego współczynnika, system musi zareagować i odpowiednio zwilżyć powietrze do momentu umiarkowanej wartości. Natomiast dla zbyt dużej wilgotności rozpocząć proces osuszania.

Dla zaspokojenia tego wymagania zostanie wykorzystany czujnik analogowy zintegrowany w jednej obudowie z czujnikiem temperatury ROPAM RHT-2H. Poniższa tabela przedstawia wszystkie najważniejsze parametry czujnika:

Tabela 3.

Parametry czujnika wilgotności powietrza

Zakres pomiarowy	0% do 100%
Sygnal wyjściowy	0-10V

Napięcie zasilania	12-24 VDC
Wymiary	64x57x36 [mm]
Szczelność	IP65
Warunki pracy	-20°C do +80°C, wilgotność 0-100 %RH, środowisko chemicznie neutralne,

*Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych katalogowych producenta*

Czujniki nadzoru poziomu wilgotności względnej powietrza to niezwykle dokładne sensory środowiskowe i przez co nie są traktowane jako proste elementy elektroniczne. Elementem determinującym pomiar jest tu wyspecjalizowany czujnik, który przetwarza wielkość fizyczną (wilgotność powietrza) na wielkość elektryczną (napięcie wyjściowe), która następnie zostanie doprowadzona do wejścia analogowego sterownika PLC. (www.ropam.com.pl 2022)

W przypadku czujnika wilgotności, sensorem tym jest kondensator, którego dwie elektrody są odizolowane od siebie przy pomocy porowatego izolatora wykonanego z organicznych polimerów. Polimer, pochłaniając wilgoć z powietrza, zmienia pojemność kondensatora. Determinowane zmiany pojemności są ciągle monitorowane wewnętrznym układem elektronicznym i są przeliczane na wartość wyjściową dostarczaną do sterownika. (Gajek; Juda, 2011)

#### 2.2.4 Pomiar poziomu wody w zbiorniku

Przy podlewaniu roślin znajdujących się w szklarni potrzebne jest źródło wody. W przypadku omawianego projektu zostanie zastosowany zbiornik cieczy o pojemności 20l. Zasilanie zbiornika wody może być sterowane automatycznie lub poprzez ręczne uzupełnienie. W obecnym projekcie zostanie zastosowane tradycyjne rozwiązanie z możliwością dalszej rozbudowy. Aby możliwy był stały nadzór nad cieczą, zbiornik zostanie wyposażony w cztery czujniki pływakowe, które będą sygnalizować odpowiednio poziom 25%, 50%, 75% oraz 100%. W przeciwieństwie do wcześniej omawianych sensorów sygnał dostarczany do sterownika będzie miał postać binarną (0 oraz 1). Dla wysokiego stanu na wejściu sterownika zostanie doprowadzone napięcie 24V, natomiast dla niskiego 0V.

Poniższa tabela przedstawia wszystkie najważniejsze parametry czujnika:

Tabela 4.

Parametry czujnika poziomu cieczy

Prąd przełączania	1A
-------------------	----

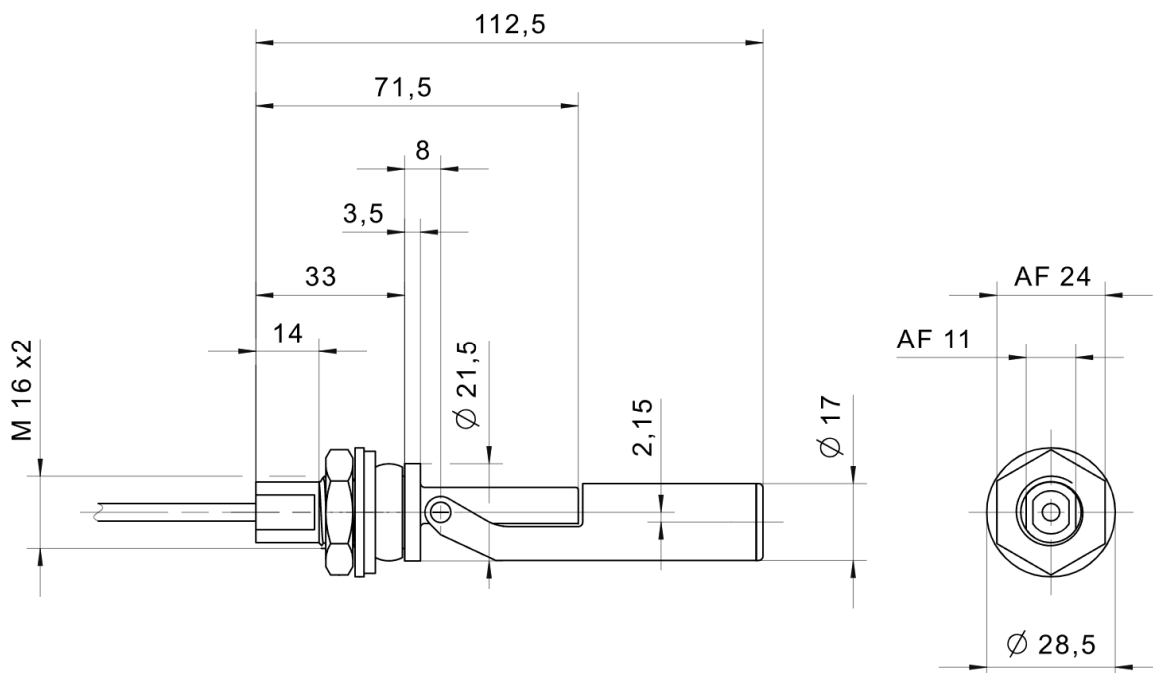


Napięcie przełączania	110V DC
Napięcie zasilania	12-110VDC
Wymiary	90x25x25 [mm]
Szczelność	IP67
Warunki pracy	-20°C do +80°C
Styk	NO

*Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych katalogowych producenta*

Pływakowy czujnik poziomu wody działa na bazie zasad fizyki związanych z magnetyzmem. Kontaktron lub kontaktrony (hermetyczne przełączniki magnetyczne) umieszczone są w tulei prowadzącej. Załączane zostają dzięki zewnętrznym magnesom trwałym, które zatopione są w bojkach wyporowych unoszących się na wodzie. Opadający lub wznoszący się poziom wody determinuje zmianę położenia bojki wyporowej względem styku kontaktronu. Produkty tego typu mogą służyć do sygnalizowania o niskim, wysokim lub jak w przypadku projektu kilku poziomowym wskaźniku ilości wody. (www.gavazziautomation.com, 2022)

Poniższe zdjęcie ukazuje wygląd omawianego czujnika:



Rysunek 7. Czujnik poziomu cieczy

*Źródło: (www.gavazziautomation.com, 2022)*



## 2.2.5 Czujnik zamknięcia kłapy

Ciągła wymiana powietrza w szklarni jest jednym z kluczowych czynników. Wymiana powietrza będzie realizowana poprzez górne kłapy, które umożliwiają swobodne otwieranie. Aby proces był zautomatyzowany do wykonywania tej operacji wykorzystany będzie siłownik elektryczny. Sterownik do prawidłowego wysterowania kłapy będzie potrzebował informacji o jej położeniu. w tym celu zostanie zastosowany czujnik krańcowy sygnalizujący stan zamkniętego okna.

Poniższa tabela przedstawia wszystkie najważniejsze parametry czujnika:

Tabela 5.

Parametry czujnika zamknięcia kłapy	
Prąd przełączania	10A
Maksymalne napięcie przełączania	250 V DC
Maksymalne napięcie zasilania	250 VDC
Wymiary	30x42x157 [mm]
Szczelność	IP65
Warunki pracy	-20°C do +70°C
Styk	NO/NC

*Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych katalogowych producenta*

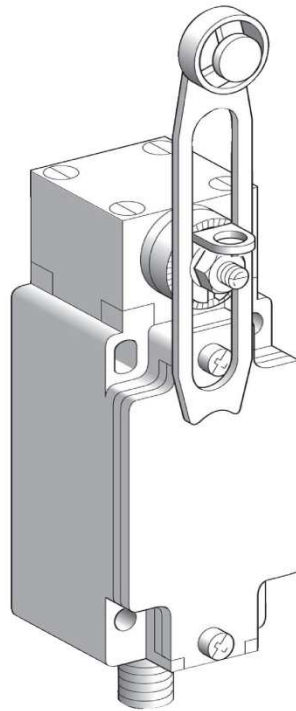
Dokładna zasada działania takiego typu czujnika zależy od jego rodzaju. Najbardziej prymitywne (czyli stykowe), stanowią swego typu włączniki chwilowe (jedna pozycja stabilna - monostabilne). Są one wyposażone w ramię bądź krzywkę, która w kontakcie z ruchomym elementem (w tym przypadku klapą okna) może rozpoznać stan w jakim się znajduje.

Spotykane są także czujniki ze stykami normalnie otwartymi (po wciśnięciu - zwierają styk, NO), normalnie zamkniętymi (po wciśnięciu - rozwierają styk, NC), jak również ze stykami przełącznymi w konfiguracji NO-COM-NC (COM – styk wspólny), czyli z jednym wyprowadzeniem wspólnym.

W zastosowanej konfiguracji zostanie wykorzystany czujnik z parą styków NC i NO lecz do sterownika zostanie doprowadzony tylko jeden sygnał. Dla zachowania jak największego bezpieczeństwa, sygnalizacja zamknięcia kłapy będzie realizowana sygnałem wysokim. w przypadku usterki spowodowanej przykładowo przerwą w obwodzie, system zatrzyma wszystkie realizowane procesy. (www.tesensors.com, 2022)



Poniższe zdjęcie ukazuje wygląd omawianego czujnika:



Rysunek 8. Wyłącznik krańcowy monitorujący pozycję klapy

Źródło: ([www.tesensors.com](http://www.tesensors.com), 2022)

## 2.2.6 Czujnik poziomu natężenia oświetlenia

Zwiększenie wydajności wzrostu roślin może być determinowane przez zapewnienie sztucznego oświetlenia. Sterowanie takowym oświetleniem musi być warunkowane poprzez odpowiedni sygnał z czujnika zmierzchu. Wystawienie przez niego sygnału do sterownika spowoduje załączenie wewnętrznego oświetlenia. W tym celu zostanie zastosowany odpowiedni czujnik zawierając fotorezystor, który poprzez zmianę natężenia oświetlenia zmienia swoją rezystancję.

Poniższa tabela przedstawia wszystkie najważniejsze parametry czujnika:

Tabela 6.

Parametry czujnika zmierzchu

Napięcie znamionowe	24VDC
Wymiary	90x25x25 [mm]
Szczelność	IP65
Warunki pracy	-20°C do +80°C
Styk	NO
Zakres regulacji jasność	2-1000lx

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych katalogowych producenta

Wyłącznik zmierzchowy jest wyposażony w specjalny fotorezystor, który analizuje poziom natężenia oświetlenia. Spadek natężenia oświetlenia powoduje wzrost rezystancji w fotorezystorze, w efekcie czego czujnik zmierzchu uruchamia przerzutnik, a ten z kolei wystawia sygnał wyjściowy do sterownika PLC. Po otrzymaniu tego sygnału kontroler będzie musiał wykonać część programu odpowiedzialną za uruchomienie oświetlenia w szklarni. Pojawienie się porannych promieni słońca wymusza odwrotną pracę wyłącznika zmierzchowego. Zwiększony poziom natężenia oświetlenia wywołuje spadek rezystancji w fotorezystorze, co z kolei wyłącza przerzutnik wraz z sygnałem do sterownika. Po zaniku sygnału sterownik wyłączy sztuczne oświetlenie. (Bolkowski, 2015)

### 2.3 Sygnały wyjściowe

Same sygnały wejściowe do niczego się nie przydadzą bez odpowiedniej regulacji. w tym celu niezbędne jest określenie ilości niezbędnych sygnałów wyjściowych, które posłużą doysterowania odpowiednich aktuatorów regulujących odpowiednie procesy lub wartości fizyczne. Dzięki tym informacjom możliwe będzie określenie odpowiedniej ilości modułów wyjściowych współpracujących z główną jednostką CPU.

Aby zachowana była separacja pomiędzy układem sterującym oraz układem wykonawczym, każdy z obwodów będzie sterowany poprzez niezależny przekaźnik o odpowiedniej ilości par styków roboczych oraz pomocniczych. Styki pomocnicze posłużą za informację zwrotną do systemu sterowania, natomiast styki robocze dostarczą energii elektrycznej dla elementów wykonawczych.

#### 2.3.1 Sterowanie temperaturą

Dzięki czujnikowi usytuowanemu wewnątrz szklarni możliwe jest monitorowanie bieżącego poziomu temperatury. Sterownik musi rozpoznać czy temperatura jest odpowiednia, za wysoka czy za niska. Jeżeli wartość temperatury jest za niska konieczne jest podjęcie odpowiednich działań. W tym celu sterownik musi poprzez moduł wyjść cyfrowych wystawić odpowiedni sygnał do włączenia ogrzewania. Identyczna sytuacja musi być zrealizowana w przypadku zbyt wysokiej temperatury, z tą różnicą, że układ musi rozpocząć chłodzenie.

Do dogrzewania zostanie zastosowana grzałka o niewielkiej mocy 50W. Ciepło wydzielane na elemencie oporowym poprzez przepływający prąd będzie rozprowadzone po wnętrzu szklarni poprzez wymuszony obieg powietrza. Po osiągnięciu żądanej temperatury sterownik wyłączy grzanie.

Poniższa tabela przedstawia wszystkie najważniejsze parametry elementu grzejnego:



Tabela 7.

Parametry elementu grzejącego

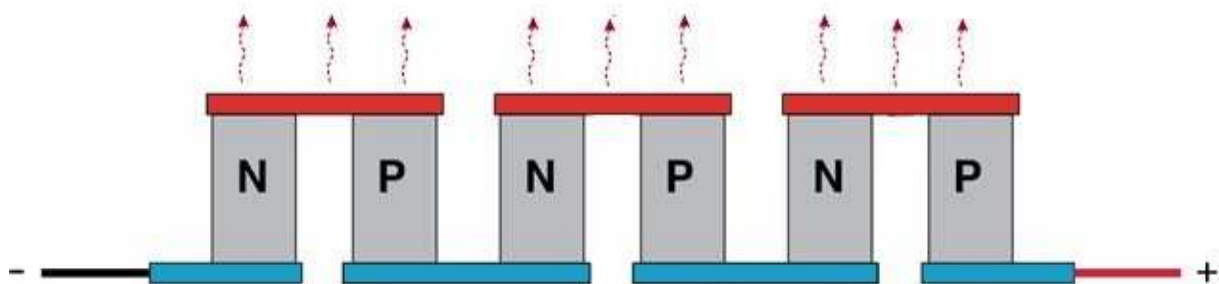
Napięcie znamionowe	230VAC
Wymiary	75x38x98 [mm]
Ochrona	IP20
Warunki pracy	-45°C do +70°C
Moc	50 W

*Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych katalogowych producenta*

W celach chłodniczych zostanie wykorzystana niewielka pompa ciepła pobierająca ciepło z wnętrza szklarni i wyprowadza je na zewnątrz. Do tego zadania zostanie wykorzystane ogniwo Peltiera.

Istotą działania modułu Peltiera są zmiany temperatury powstające na złączach półprzewodników (n-p lub p-n) na skutek przepływu elektronów. Półprzewodnik typu "p" cechuje się w swojej budowie brakiem elektronów do całkowitego "obsadzenia" (dziury o pozytywnym potencjale), natomiast półprzewodnik typu "n" posiada wiele elektronów wolnych (ujemny potencjał). w czasie przepływu prądu elektrycznego, dochodzi do przemieszczenia się elektronów pomiędzy poziomami energetycznymi – w zależności czy elektron przechodzi na wyższy czy niższy poziom energetyczny zostaje wydzielona lub pochłonięta energia (w zależności od kierunku). Zarówno oddawana jak i pochłaniana energia to energia cieplna co w przypadku projektu jest pożądane. Na dwóch powierzchniach ogniwa – dolnej i górnej - jednocześnie zachodzi pochłanianie ciepła ("zimna strona"), oraz jego oddawanie ("strona gorąca"). (www.wikipedia.org, 2022)

Poniższa ilustracja przedstawia przebieg omawianego procesu:

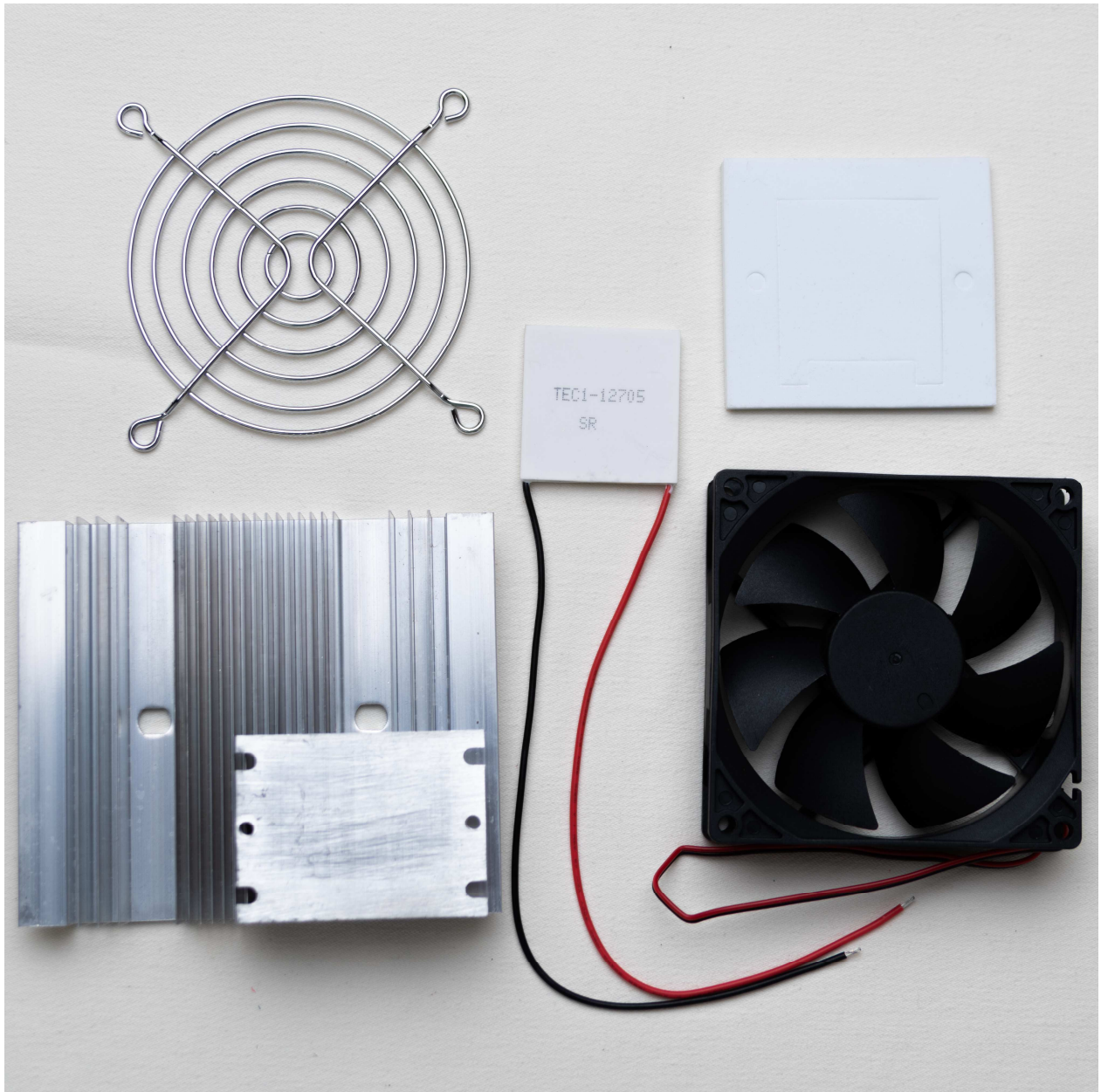


Rysunek 9. Zasada działania ogniwa Peltiera

*Źródło: Opracowanie własne*

W celu zwiększenia wydajności ogniwa zarówno po jego gorącej stronie jak i zimnej zostanie zastosowany odpowiedni radiator. Jednak aby radiatory nie zajmowały zbyt wielkiej

powierzchni zostaną wsparte poprzez dwa wentylatory. Wiatrak gorącej strony będzie miał za zadanie odprowadzenie ciepła na zewnątrz, natomiast głównym zadaniem wewnętrznego będzie rozprowadzenie zimnego powietrza w środku szklarni. Aby zwiększyć możliwość przewodzenia ciepła pomiędzy radiatorami a ogniwem zostanie rozprowadzona pasta termoprzewodząca, która idealnie pokryje wszelkie pory po stronie obudowy oraz uszkodzenia mechaniczne po stronie radiatora.



*Rysunek 10. ogniwo Peltiera wraz z radiatorem oraz wentylatorem*

*Źródło: Opracowanie własne*

### 2.3.2 Sterowanie wilgotnością gleby

Poprzez czujnik wilgotności gleby system informowany jest o stanie nawodnienia. Projekt zakłada wykonanie układu hydraulicznego, który dostarczy odpowiednią ilość wody w zależności od bieżących potrzeb. Po osiągnięciu minimalnej wartości stanu nawodnienia gleby system poprzez wyjście cyfrowe zasili cewkę przekaźnika, który dzięki swoim stykom roboczym zasili pompę. Dzięki zwiększeniu ciśnienia w układzie hydraulicznym możliwe jest dostarczenie odpowiedniej ilości wody do gleby. Odpowiednie usytuowanie czujnika pozwoli w odpowiednim momencie wyłączyć pompę.

Sercem układu hydraulicznego będzie niewielka pompa zasilana napięciem 12V. Pompa Seaflo z serii 21 zapewnia wydajność 4 litrów na minutę oraz jest samozasysająca i podnosi wodę do 1,5 metra. Może pracować przez krótki czas na sucho co w przypadku braku wody w zbiorniku lub przy pierwszym napełnieniu jest bardzo istotne. Posiada wbudowany presostat, który automatycznie uruchamia się przy otwieraniu i zamykaniu kranu.

Wyposażona w trwałą membranę i precyzyjne zawory oraz w silnik zabezpieczony przed przegrzaniem, który dopuszcza czasową pracę na sucho bez uszkodzeń mechanizmu.

Poniższa tabela przedstawia wszystkie najważniejsze parametry pompy:

Tabela 8.

Parametry pompy

Napięcie znamionowe	12VDC
Wymiary	169x98x55 [mm]
Prąd znamionowy	4 A
Moc	50W
Maksymalna temperatura pracy	60°C
Ciśnienie	4bar

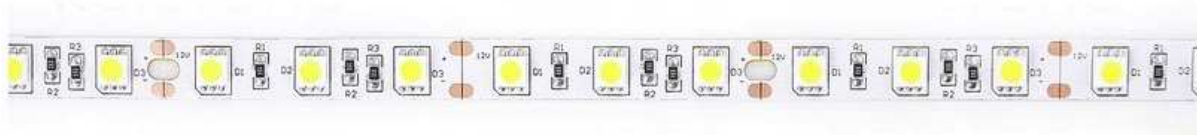
*Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych katalogowych producenta*

### 2.3.3 Sterowanie oświetleniem

Sterowanie oświetleniem polegać będzie na załączaniu sztucznego oświetlenia wewnętrznego w postaci LED o odpowiedniej długości fali emitowanego światła. Po dostarczeniu sygnału z czujnika zmierzchu do wejścia cyfrowego sterownika PLC zostanie wystawiona cewka przekaźnika zasilającego oświetlenie. Pozwoli to na wzrost roślin nawet w nocy.

Poniższa ilustracja przedstawia częściowy wygląd zastosowanego oświetlenia:





*Rysunek 11. Pasek LED*

*Źródło: Opracowanie własne*

Budowa przedstawionego paska LED polega na połączeniu równoległym poszczególnych diod wraz z rezystorami. Każdy pojedynczy rezystor wraz z diodą tworzy dzielnik napięcia dzięki, któremu możliwe jest zasilanie układu z napięcia o poziomie 12V. Dzięki obniżaniu napięcia przez rezystor dioda nie zostanie uszkodzona. Wprowadza to jednak bardzo poważną wadę układu w postaci strat energii. Przepływający prąd wraz ze spadkiem napięcia na oporniku wytwarza ciepło o odpowiedniej mocy, które poprzez obudowę będzie odprowadzane do wnętrza szklarni. Jest to jednak na tyle niewielka ilość energii, że zostanie pominięta.

Zjawisko elektroluminescencji zachodzące podczas przepływu prądu w diodzie LED polega na emisji fotonów podczas przejścia elektronów na niższy poziom energetyczny. w ten sposób nadwyżka energii cieplnej powstała podczas tego procesu jest emitowana. Ta właśnie energia jest światłem, które będzie pochłaniane przez rośliny w szklarni. (www.wikipedia.org, 2022)

#### **2.3.4 Sterowanie wentylacją**

Krańcówka kłapy dostarcza informacji o położeniu okna. W zależności od panujących warunków wewnątrz szklarni sterownik będzie załączać przełącznik, który dostarczy napięcie do siłownika elektrycznego. Siłownik poprzez swoje działanie zamieni energię elektryczną na mechaniczną, która pozwoli na wykonanie pracy przy otwieraniu okna. Otwarta kłapa pozwoli na swobodną wymianę powietrza na świeże. w celu zamknięcia kłapy polaryzacja siłownika zostanie odwrócona, przez co kłapa zostanie zamknięta. Po uzyskaniu sygnału z zewnętrznej krańcówki sterownik odłączy zasilanie siłownika.

Do wykonania tej operacji zostanie wykorzystany siłownik elektryczny. Poniższa tabela przedstawia wszystkie najważniejsze parametry aktuatora:

Tabela 9.

Parametry siłownika

Napięcie znamionowe	12VDC
Prędkość wysuwu	30 mm/s
Siła maksymalna	32N
Długość wysuwu	100mm
Szczelność	IP54
Warunki pracy	-25°C do +65°C

*Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych katalogowych producenta*

Siłownik elektryczny poprzez silnik zamienia energię elektryczną na ruch liniowy. Poprzez przekładnię kątową wykonywany jest wysuw siłownika. Aby zabezpieczyć siłownik przed zbyt wielkim wysuwem lub dalszym przepływem prądu przez silnik gdy ten znajduje się w pozycji minimalnej, stosuje się wewnętrzne krańcówki. Wyłączniki krańcowe pozwalają na bezpieczne utrzymywanie napięcia pomimo utrzymywania skrajnych pozycji. Siłownik posiada niewielką prędkość wysuwu. Jednak w przypadku wentylacji szklarni szybka regulacja nie jest wymagana. Siłownik zbudowany jest z materiałów sztucznych oraz aluminium, dzięki temu w przypadku zbyt dużej wilgoci urządzenie nie ulegnie korozji. Dodatkowo odpowiednia szczelność zapewniona przez IP54 pozwoli ochronić wewnętrzne układy przed uszkodzeniem. (www.gomotorworld.com, 2022)

Poniższa ilustracja przedstawia omawiany aktuator:



*Rysunek 12. Siłownik elektryczny*

*Źródło: (www.gomotorworld.com, 2022)*

Zarówno chłodzenie jak i ogrzewanie szklarni będzie znajdować się w jednym punkcie. Prowadzi to do problemu znacznej różnicy temperatur. Podczas ogrzewania ciepłe powietrze będzie unosić się do góry w wolnym tempie rozpraszając ciepło po wnętrzu. Aby usprawnić ten proces szklarnia będzie posiadać wymuszony obieg powietrza generowany przez wewnętrzny wentylator. Podczas procesu ogrzewania/chłodzenia wentylator będzie automatycznie uruchamiany. Również dla zapewnienia komfortu roślin w odpowiednich czasokresach wentylator będzie uruchamiany, dzięki temu delikatny powiew powietrza zapewni ruch listowia roślin.



### 2.3.5 Sterowanie procesem zapewnienia wilgotności powietrza

Korzystając z sygnału dostarczanego przez czujnik wilgotności powietrza sterownik będzie reagował na zmiany tego parametru, aby przeciwdziałać szerszeniu się roztoczy oraz pleśni spowodowanej zbyt wielką wilgotnością. w tym celu zostanie uruchomiony opisywany wcześniej proces wymiany masy powietrza. w przeciwnym razie gdy wilgotność powietrza drastycznie spadnie zostanie uruchomiony nawilżacz powietrza, który będzie pracował dopóki nie zostanie osiągnięta optymalna wartość współczynnika.

Do wykonywania tej operacji zostanie wykorzystany prosty nawilżacz powietrza. Poniższa tabela przedstawia wszystkie najważniejsze parametry nawilżacza:

Tabela 10.

Parametry nawilżacza powietrza

Napięcie znamionowe	5VDC
Wydajność	30ml/h
Wymiary	210x55 [mm]

*Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych katalogowych producenta*

Zasada działania nawilżacza powietrza polega na emitowaniu fal ultradźwiękowych, które poprzez uderzanie o płaszczyznę wody rozbijają jej cząsteczki. Podczas tego procesu uwalniana jest wodna mgiełka. W celu wsparcia procesu woda dodatkowo jest podgrzewana do wyższej temperatury.

## 2.4 Dobór modułów I/O sterownika PLC

Po określeniu wszystkich funkcjonalności systemu możliwe jest oszacowanie dokładnej ilości wejść/wyjść sterownika. Poniżej lista wszystkich sygnałów wejściowych:

Cyfrowe:

- Poziom cieczy zbiornika 25%
- Poziom cieczy zbiornika 50%
- Poziom cieczy zbiornika 75%
- Poziom cieczy zbiornika 100%
- Kłapa lewa zamknięta
- Kłapa prawa zamknięta
- Zmierzch

Analogowe:

- Poziom nawilżenia gleby
- Temperatura powietrza
- Wilgotność powietrza



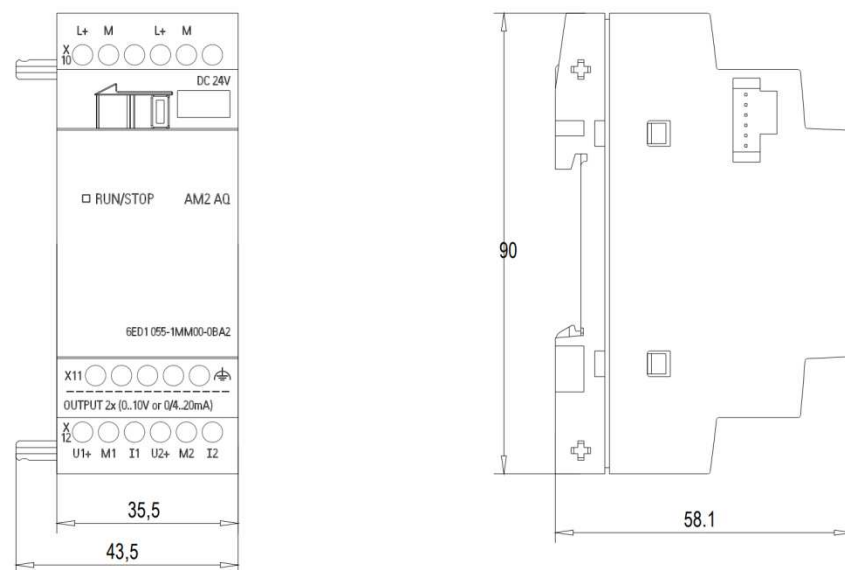
Dokładny powyższy opis wszystkich funkcjonalności jakimi musi sterować PLC również pozwala na określenie wszystkich sygnałów wyjściowych:

Cyfrowe:

- Ogrzewanie
- Chłodzenie
- Pompa
- Oświetlenie
- Podnoszenie kłapy
- Opuszczanie kłapy
- Wentylator
- Nawilżacz

### 2.4.1 Dobór modułów wejściowych

Sterownik LOGO w swojej podstawowej budowie posiada osiem wejść cyfrowych. w przypadku projektu niezbędny jest monitoring siedmiu sygnałów więc nie jest konieczne rozszerzenie układu. Niestety sygnały analogowe konieczne są do rozszerzenia z powodu braku ich wsparcia przez sterownik. Poniższy układ posiada dwa wejścia analogowe, które mogą mierzyć sygnał napięciowy jak również prądowy.



Rysunek 13. Moduł wejść analogowych

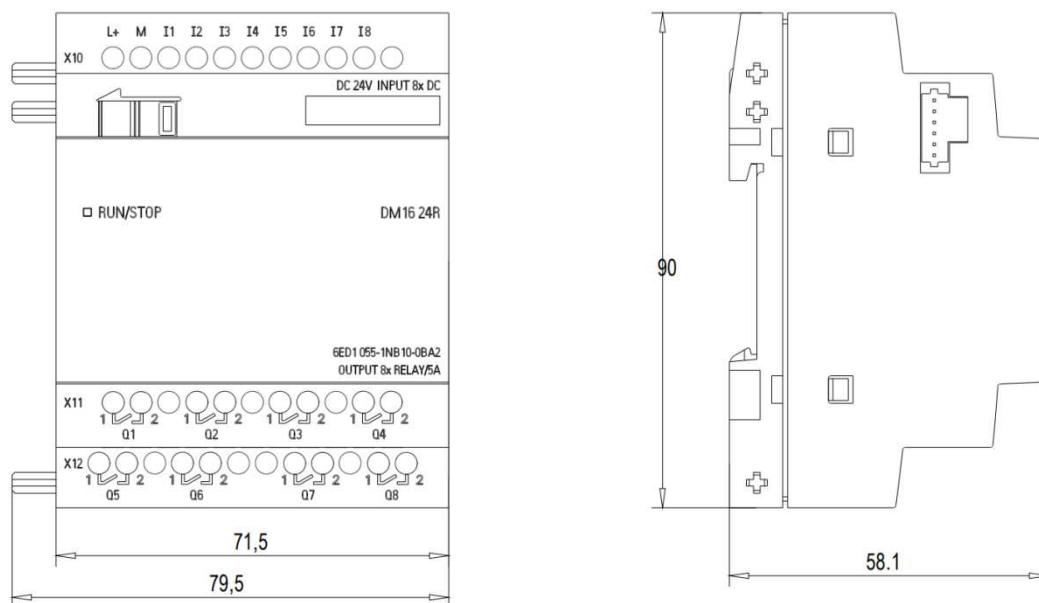
Źródło: ([www.automation.siemens.com](http://www.automation.siemens.com), 2022)

W związku z tym, że wszystkie sygnały analogowe (np. temperatura, wilgotność itp.) są napięciowe, dlatego wejścia prądowe nie będą wykorzystywane. Moduł analogowy działa na zasadzie przetwornika A/C (analogowo-cyfrowego). Działanie przetwornika polega na skwantowaniu sygnału analogowego na postać cyfrową w postaci ciągu liczb. Im więcej liczb

bitów do wykorzystania tym czujnik może przedstawić dokładniejszą wartość. (Horowitz, Hill,2014)

## 2.4.2 Dobór modułów wyjściowych

Do sterowania układami zewnętrznymi niezbędne będzie osiem sygnałów cyfrowych. w swojej podstawowej budowie PLC posiada cztery wyjścia tranzystorowe. Niestety jest to zbyt mało do sterowania całością systemu. Dlatego zostanie wykorzystany dodatkowy moduł wyjść przekaźnikowych do uruchamiania pozostałych układów. Zastosowany układ posiadać będzie osiem wyjść oraz dodatkowo osiem wejść cyfrowych. Dzięki temu układ w przyszłości będzie mógł być dodatkowo rozbudowany. Poniższe zdjęcie przedstawia omawiany moduł:



Rysunek 14. Moduł wejść/wyjść cyfrowych

Źródło: ([www.automation.siemens.com](http://www.automation.siemens.com), 2022)

Działanie tego układu polega na wysterowaniu przez sterownik wewnętrznego przekaźnika, który poprzez swoje styki może uruchomić inny układ. Zastosowanie w takim układzie przekaźnika dodatkowo izoluje układ wewnętrzny. Takie zastosowanie posiada jednak sporo wad. Pierwszą z nich jest czas przełączania styków jednak w przypadku szklarni duża prędkość sterowania nie jest konieczna. Drugim problemem jest dużo mniejsza ilość cykli załączeń w stosunku do układów tranzystorowych. Niewątpliwą jednak zaletą jest dużo większa odporność na udary i przebicia, co w przypadku projektowanej szklarni jest bardzo istotne.

Wejścia cyfrowe działają na zasilaniu wewnętrznego transoptora, który wysyła wiązkę światła do foto odbiornika informując PLC o podaniu logicznej jedynki. Transoptory są

stosowane w takich układach głównie ze względu na swoją izolację galwaniczną i stanowią pierwszą linię ochrony wraz z wewnętrznymi warystorami przed udarami napięciowymi. (Horowitz, Hill,2014)

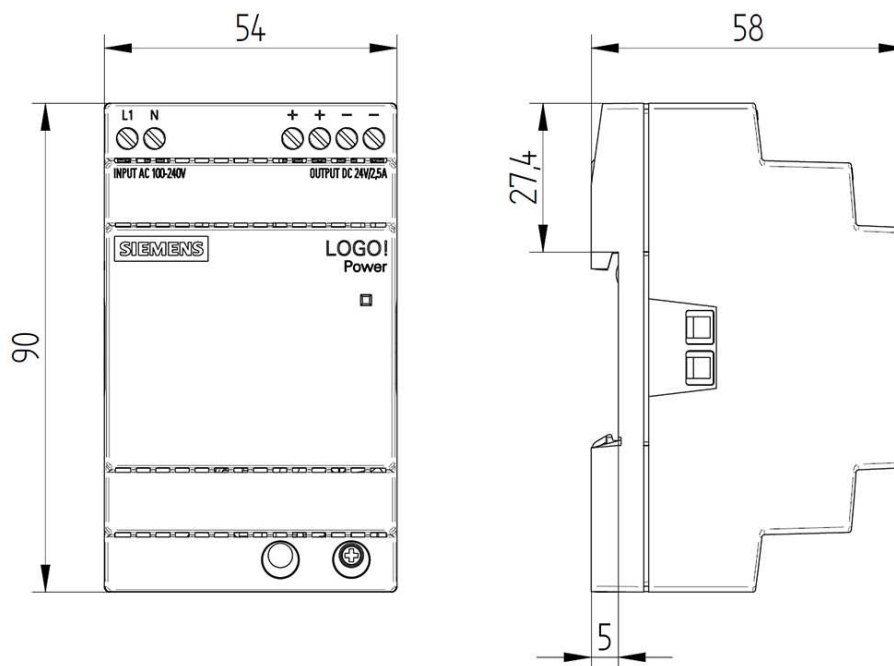
## 2.5 Układy zasilające

Różne elementy systemu posiadają odmienne progi zasilania. Dlatego idąc od napięcia zasilania konieczne jest określenie odpowiednich progów napięcia. Jako główne zasilanie do szklarni zostanie doprowadzone napięcie 230VAC dostępne praktycznie, w każdym gospodarstwie domowym. Następnie poprzez odpowiednie zasilacze zostanie przekształcone na napięcie stałe o poziomie dostosowanym do progu zasilania elementów wykonawczych.

### 2.5.1 Zasilacz 24V

Sterownik LOGO, moduły I/O do swojej pracy potrzebują zasilania 24V. Do tego zadania zostanie wykorzystany zasilacz Siemens o mocy znamionowej 96W. Taka moc pozwoli zasilić odpowiednio wszystkie moduły PLC jak i dostarczyć energii dla sygnałów cyfrowych oraz wszystkich układów pomocniczych.

Poniższa ilustracja przedstawia omawiany zasilacz:



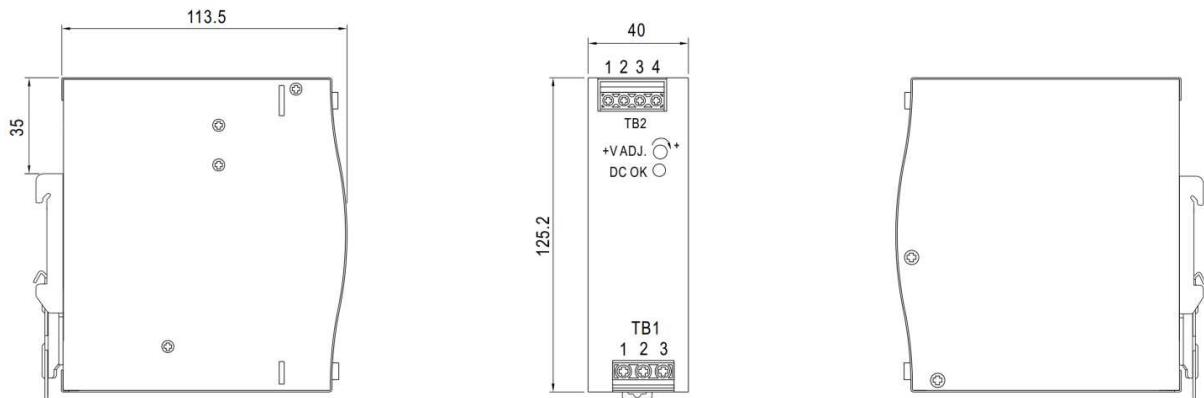
Rysunek 15. Zasilacz 24V firmy SIEMENS

Źródło: ([www.automation.siemens.com](http://www.automation.siemens.com), 2022)

## 2.5.2 Zasilacz 12V

Głównym napięciem roboczym dla aktuatorów będzie potencjał 12V. Pozwoli on na dostarczenie energii do ogniwa Peltiera wraz z wentylatorami, pompy, siłownika oraz oświetlenia. Dla zapewnienia odpowiedniej wydajności energetycznej zostanie zastosowany zasilacz o mocy 120W. Taka moc pozwoli na stabilną pracę wszystkich elementów wykonawczych w jednym momencie osiągając maksymalną sprawność.

Poniższa ilustracja przedstawia omawiany zasilacz:



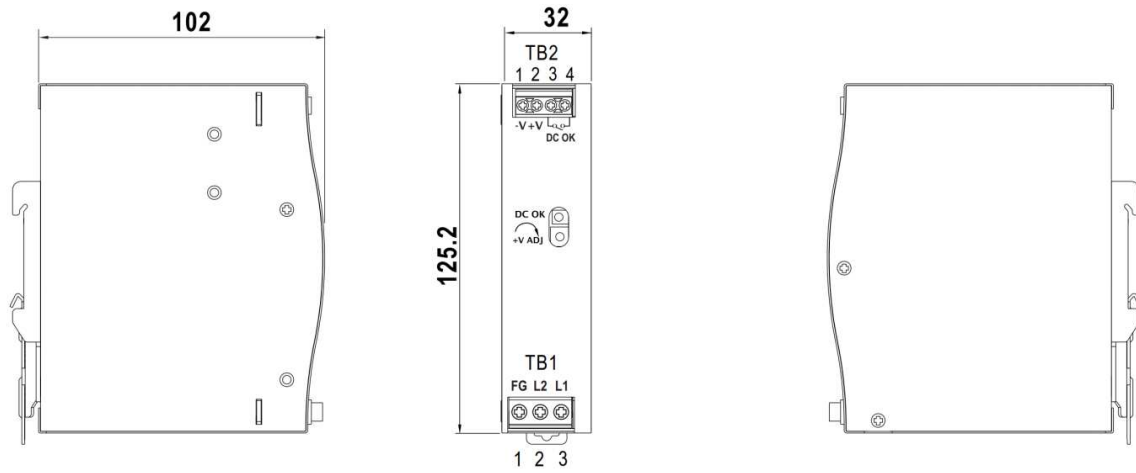
Rysunek 16. Zasilacz 12V firmy MEAN WELL

Źródło: ([www.meanwell.com](http://www.meanwell.com), 2022)

## 2.5.3 Zasilacz 5V

Ostatnim poziomem zasilania będzie potencjał 5V. Niezbędny on będzie do stałego zasilania czujnika poziomu nawodnienia gleby. w tym celu zostanie wykorzystany 60W zasilacz, który będzie posiadał spory zapas mocy aby możliwe było dodanie kolejnych czujników wilgoci. Dalsza rozbudowa szklarni o kolejne czujniki analogowe pozwoli na wytyczenie osobnych niezależnych sekcji do podlewania. Dla celów demonstracyjnych w szklarni zostanie zastosowany tylko jeden czujnik.

Poniższa ilustracja przedstawia omawiany zasilacz:



Rysunek 17. Zasilacz 5V firmy MEAN WELL

Źródło: ([www.meanwell.com](http://www.meanwell.com), 2022)

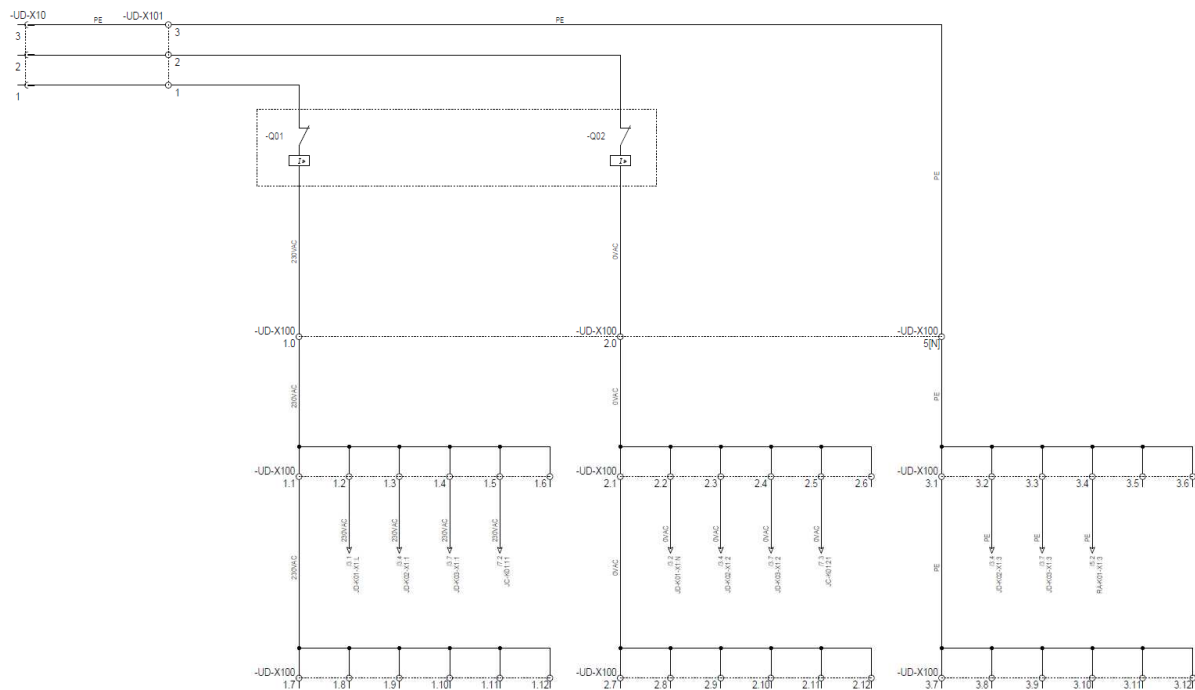
### 3 Projekt instalacji elektrycznej

Do przedstawionej pracy została opracowana dokumentacja elektryczna w postaci schematów ideowych (załącznik nr 1). Całość dokumentacji została narysowana za pomocą programu SEE Electrical Expert.

#### 3.1 Obwód zasilania

Poprzez złącze X101 zostaje dostarczone napięcie 230VAC na styki bezpiecznika nadmiarowo prądowego o stykach Q1 oraz Q2. Bezpiecznik chroni instalację elektryczną wraz z urządzeniami przed zbyt dużą wartością prądu elektrycznego. Następnie z za bezpiecznika napięcie dostarczane jest do głównego punktu potencjałowego X100, gdzie odpowiednio pozycja 1.X to potencjał 230V, 2.X to potencjał 0V oraz 3.X to potencjał GND. W celu bezpieczeństwa wszystkie elementy metalowe urządzenia w obrębie bezpośredniego dotyku użytkownika zostaną podciągnięte do potencjału uziemienia. Instalacja po stronie urządzenia nie posiada zabezpieczenia różnicowoprądowego. w związku z tym koniecznym jest, aby budynek takowe zabezpieczenie posiadał. Do wykonania poszczególnych bloków rozdzielczych zostały wykorzystane specjalne bloki firmy WAGO oraz WEIDMULLER.

Poniższy schemat przedstawia obwód zasilania głównego:



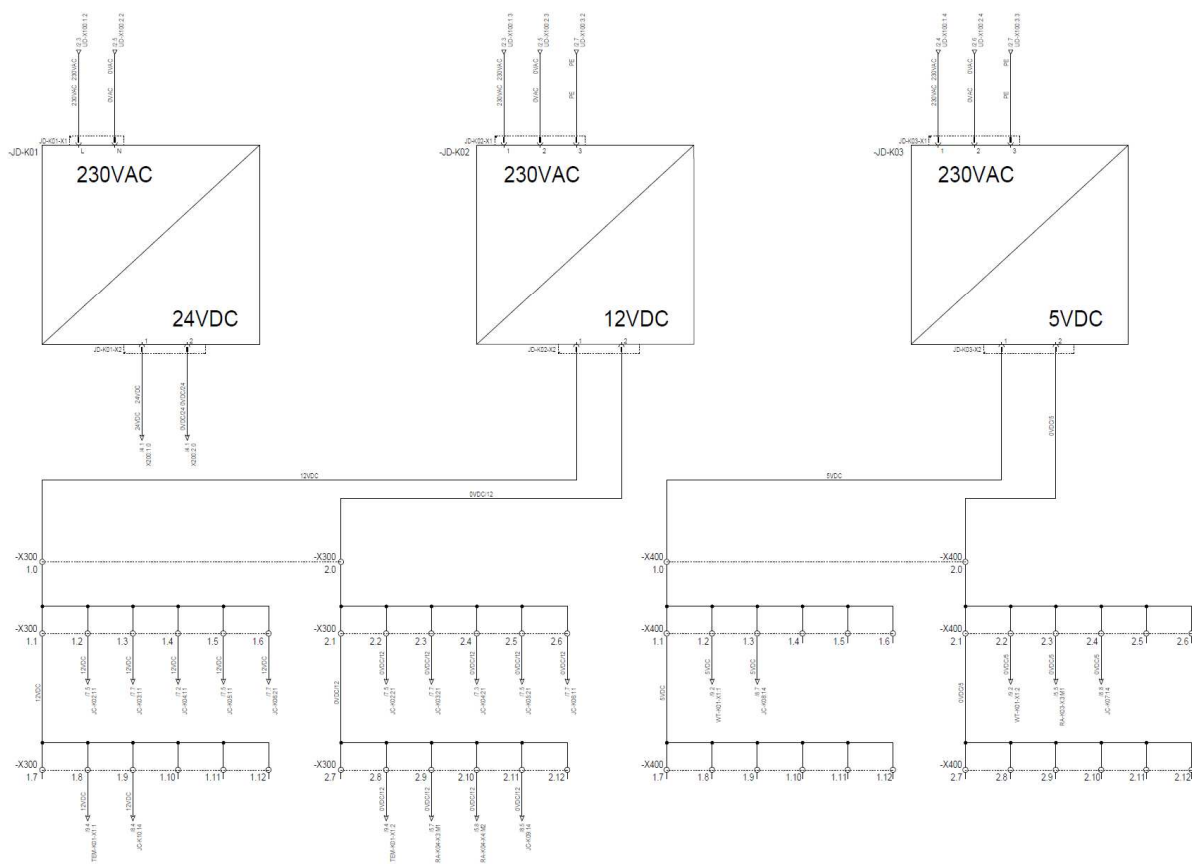
Rysunek 18. Arkusz nr. 1 – Zasilanie

Źródło: Opracowanie własne



Napięcie z rozdzielni doprowadzane jest bezpośrednio do trzech zasilaczy: JD-K01, JD-K02, JD-K03, dodatkowo do obudowy każdego zasilacza zostało doprowadzone uziemienie. Z wyjścia każdego zasilacza napięcia doprowadzone są do poszczególnych punktów rozdzielczych X200 – 24VDC, X300 – 12VDC, X400 – 5VDC. W zależności od potrzeb urządzenia odpowiednie napięcie zasilania podciągane jest bezpośrednio z rozdzielnicy. Dodatkowo rozdzielnia X200 służy jako źródło napięć, które dostarczane są na wejścia cyfrowe sterownika.

Zasilacze posiadają wszelkie zabezpieczenia wewnętrzne, które w przypadku zwarcia, przeciążenia lub przegrzania, bezpiecznie wyłączą urządzenia.



Rysunek 19. Arkusz nr. 2 – Zasilacze

Źródło: Opracowanie własne

### 3.2 Obwody sterowania

Obwodami sterowania są wszystkie połączenia służące do przekazywania informacji w postaci sygnałów do sterownika oraz sterowania urządzeniami wykonawczymi. Zgodnie z przyjętymi wcześniej założeniami sterownik PLC składa się z jednostki CPU wraz z modułami I/O.

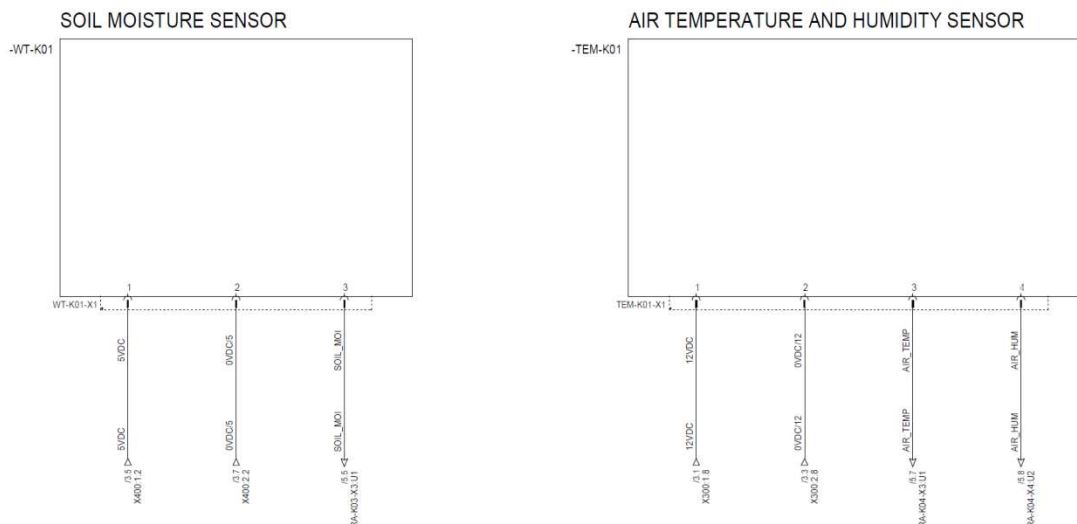




Do głównego sterownika do gniazda RA-K01-X1 doprowadzone jest zasilanie 24V. Reszta gniazd X2 oraz X3 służy do komunikacji sygnałowej. Na X2 od pozycji I1 po I7 podłączone są odpowiednie sygnały cyfrowe. Natomiast X3 służy jako wyjście cyfrowe do sterowania wentylatorem oraz nawilżaczem powietrza.

RA-K02 jest dodatkowym modułem cyfrowym. Dzięki niemu możliwe jest sterowanie pozostałymi układami takimi jak: grzanie, chłodzenie, podlewanie itd. Wejście modułu X1 służy do jego zasilania, natomiast X2 oraz X3 dla I/O. W przypadku sygnałów cyfrowych wszystkie wejścia modułu są wykorzystane. Natomiast wyjścia przekaźnikowe na wtyczce X3 posiadają niewykorzystane pola.

Dla kontroli sygnałów analogowych wykorzystane są dwa moduły analogowe RA-K03 oraz RA-K04. Do wtyczek X1 oraz X2 doprowadzone jest zasilanie. Wtyczki X3 oraz X4 służą zaś za interfejs dla sygnałów analogowych z czujników temperatury i wilgotności.

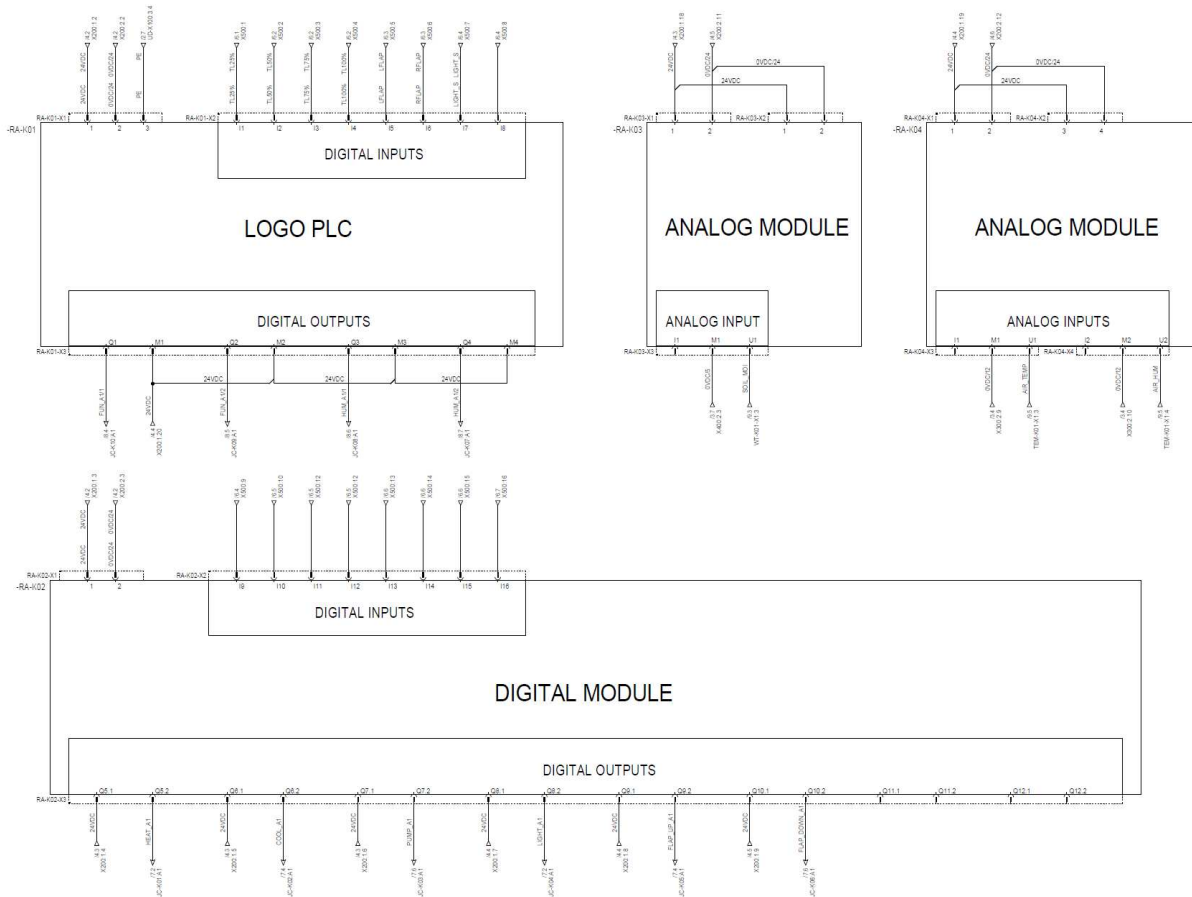


Rysunek 20. Czujnik temperatury i wilgotności

Źródło: Opracowanie własne

Poniższy schemat przedstawia sterownik PLC wraz z dodatkowymi modułami:





Rysunek 21. Arkusz nr. 4 – Sterownik PLC

Źródło: Opracowanie własne

Listwa X500 służy jako interfejs dla sygnałów cyfrowych i wykonana jest ze złączek typu WAGO. Do tego miejsca zbiegają się wszystkie sygnały cyfrowe ze szklarni, następnie trafiają do modułu wejść cyfrowych. Takie rozwiązanie niesie za sobą wiele zalet. Najważniejszą z nich jest możliwość dokonywania szybkich pomiarów za pomocą multimetru czy oscyloskopu. Kolejną zaletą jest wygoda i estetyka późniejszego montażu.

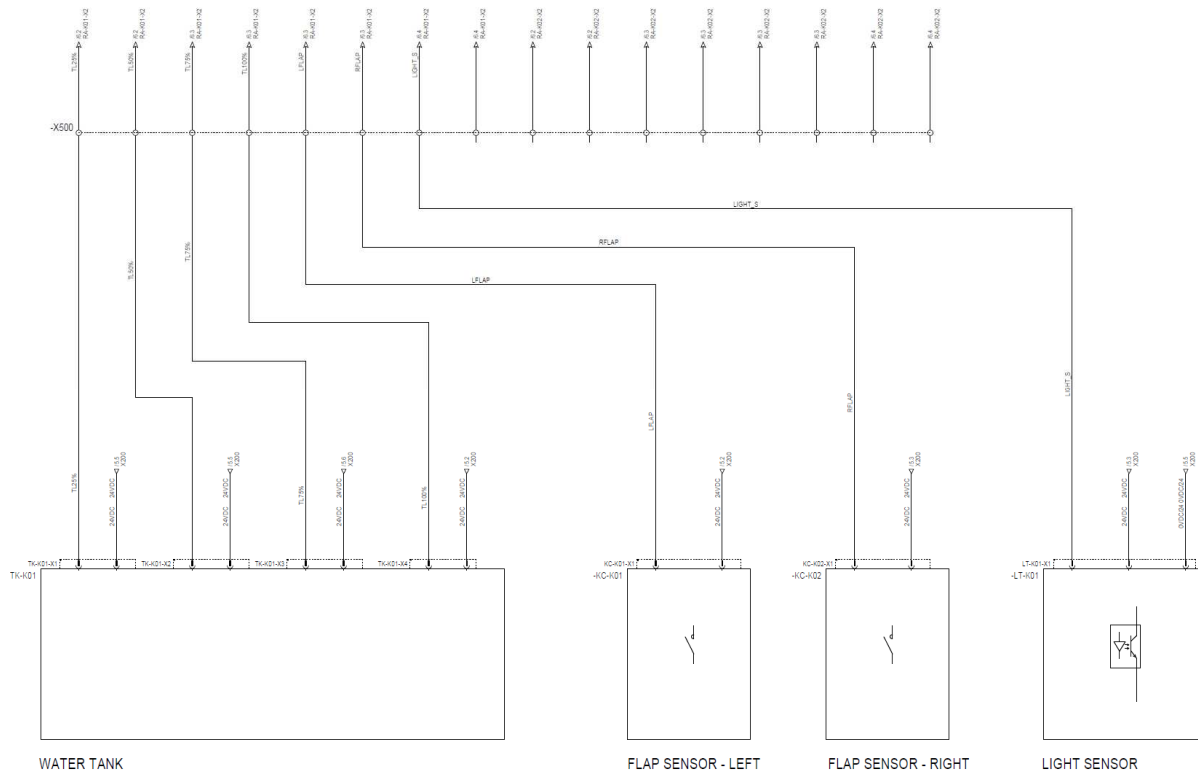
Zbiornik wody jest na schemacie nazwany jako TA-K01. Do jego korpusu jako X1, X2, X3 oraz X4 zostały przymocowane czujniki pływakowe do których doprowadzone zostały napięcia 24V, a na wyjściu z nich sygnały poziomu wody w zbiorniku.

Kolejnymi elementami są czujniki zamknięcia klap wentylacyjnych. Dzięki KC-K01 oraz KC-K02 sterownik wie o stanie klap (otwarta, zamknięta). Do złącz krańcówek X1 na styki NO również zostało doprowadzone napięcie oraz sygnał do sterownika.

Ostatnim z wymaganych sygnałów jest czujnik zmięczenia LT-K01. Czujnik ten jest urządzeniem dużej skali integracji, więc wymaga on doprowadzenia osobnego zasilania na złącze X1 na piny 2 i 3. Natomiast z pinu 1 do sterownika sygnalizowana jest konieczność załączenia sztucznego oświetlenia.



Poniższy schemat przedstawia rozrysowany układ sygnałów wejściowych wraz z interfejsem X500:



Rysunek 22. Arkusz nr. 5 – Sygnały wejściowe

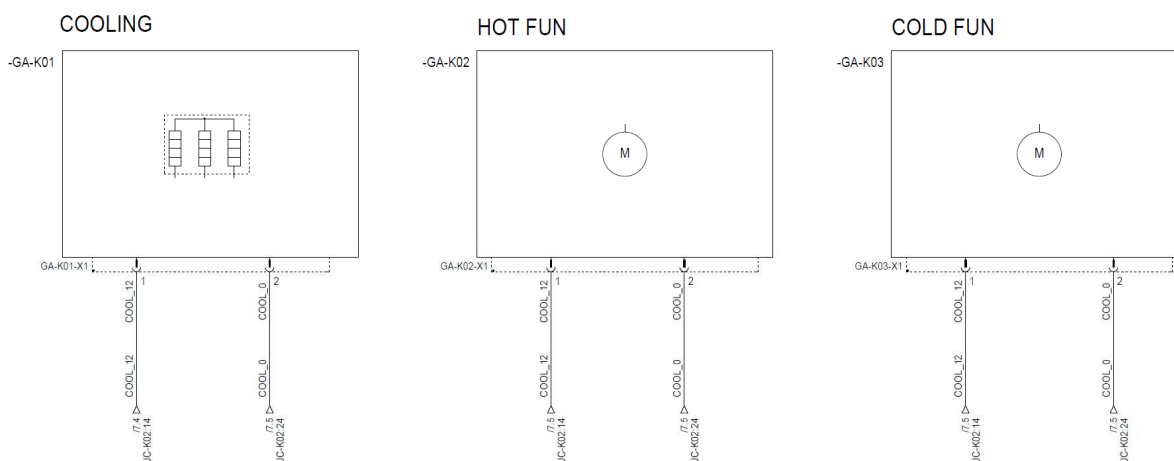
Źródło: Opracowanie własne

Aby zachować bezpieczeństwo urządzeń sterujących każdy sterowany układ załączany jest poprzez indywidualny przekaźnik. Pozwoli to jeszcze bardziej zwiększyć bezpieczeństwo oraz sterować dużo większymi mocami. Poniższa lista przedstawia wszystkie przekaźniki wraz odpowiednimi funkcjami:

- JC-K01 – Załączanie ogrzewania
- JC-K02 – Załączanie chłodzenia
- JC-K03 – Załączanie pompy
- JC-K04 – Załączanie oświetlenia
- JC-K05 – Podnoszenie kłapy
- JC-K06 – Opuszczanie kłapy
- JC-K07 – Załączanie nawilżacza powietrza (potencjał 0V)
- JC-K08 – Załączanie nawilżacza powietrza (potencjał 5V)
- JC-K09 – Załączenie wentylatora obiegu wewnętrznego (potencjał 0V)
- JC-K010 – Załączenie wentylatora obiegu wewnętrznego (potencjał 12V)

Po załączeniu przełącznika JC-K01 na wtyczkę X1 grzejnika LA-K01 podawane jest bezpośrednio napięcie poprzez bezpiecznik topikowy o wartości 1A. Przepływ prądu przez element oporowy doprowadzać będzie do podgrzewania powietrza we wnętrzu szklarni.

Ze styków roboczych przełącznika JC-K02 zostały poprowadzone trzy przewody zasilające odpowiednio ogniwo Peltiera (GA-K01) oraz wentylatory gorącej (GA-K02) i zimnej (GA-K03) strony radiatorów.

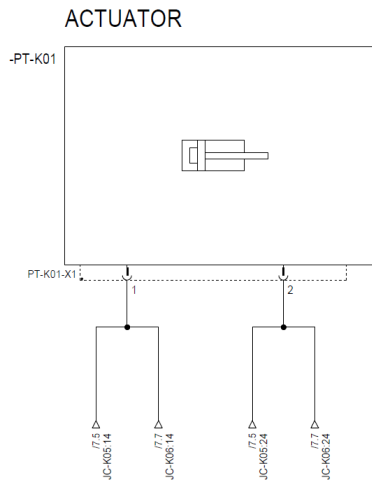


Rysunek 23. Elementy wykonawcze chłodzenia

Źródło: Opracowanie własne

Na podobnej zasadzie działają przełączniki JC-K03 i JC-K04. Po ich załączeniu dostarczana jest energia elektryczna, odpowiednio do załączenia pompy umożliwiającej podlewanie oraz oświetlenie wewnętrzne.

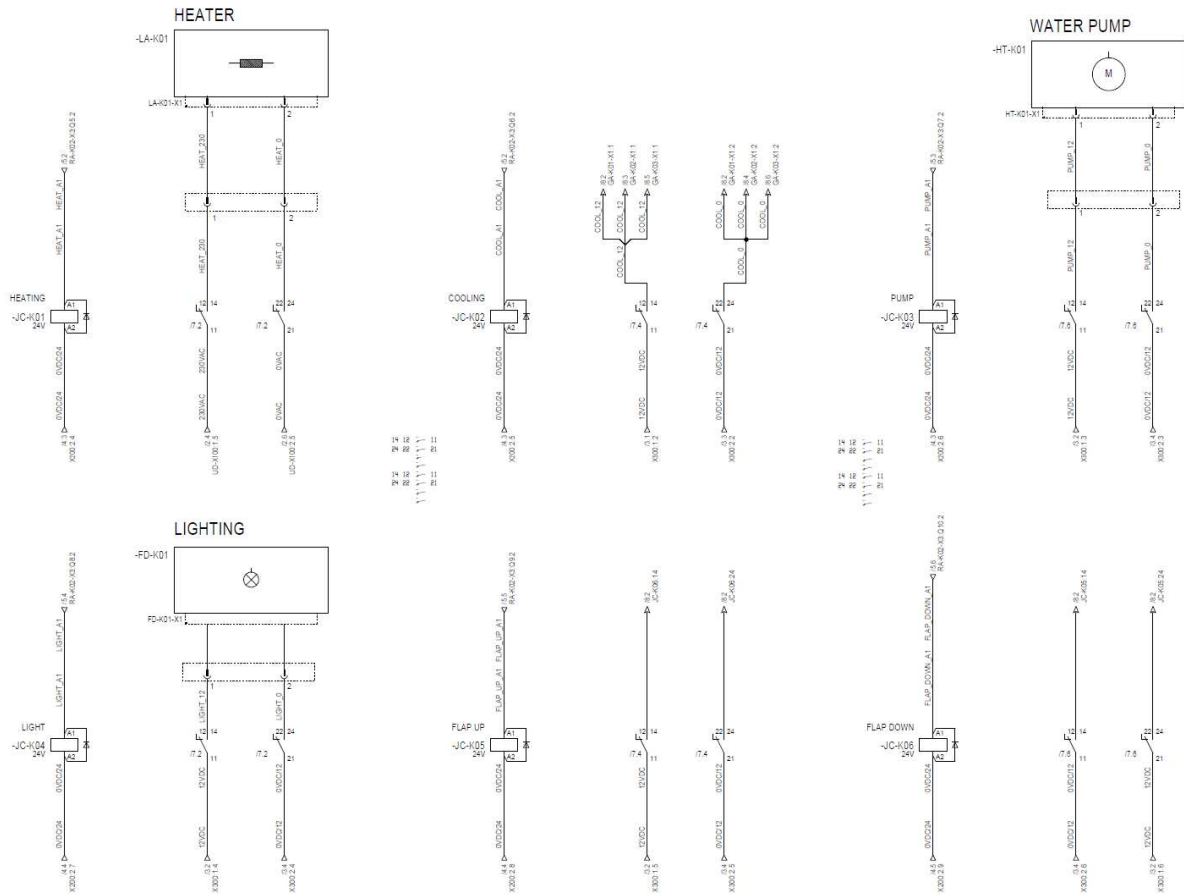
Przełączniki JC-K05 oraz JC-K06 pełnią podobną rolę. Po załączeniu JC-K05 zostanie podane napięcie na siłownik PT-K01 w celu podniesienia kłapy. Przeciwnie zadanie pełni drugi przełącznik, który podaje napięcie o odwróconej polaryzacji co spowoduje opuszczenie się kłapy. W tym przypadku powstaje wielkie zagrożenie zwarciem jeżeli oba przełączniki zostałyby załączone w tym samym momencie. Układ należy odpowiednio zabezpieczyć po stronie oprogramowania w celu uniemożliwienia takiej sytuacji. Dodatkowo po stronie elektrycznej muszą być zastosowane przełączniki uniemożliwiające załączenie mechaniczne.



Rysunek 24. Siłownik

Źródło: Opracowanie własne

Poniższy schemat przedstawia rozrysowany układ przekładników wykonawczych:



Rysunek 25. Arkusz nr. 6 – Elementy wykonawcze

Źródło: Opracowanie własne

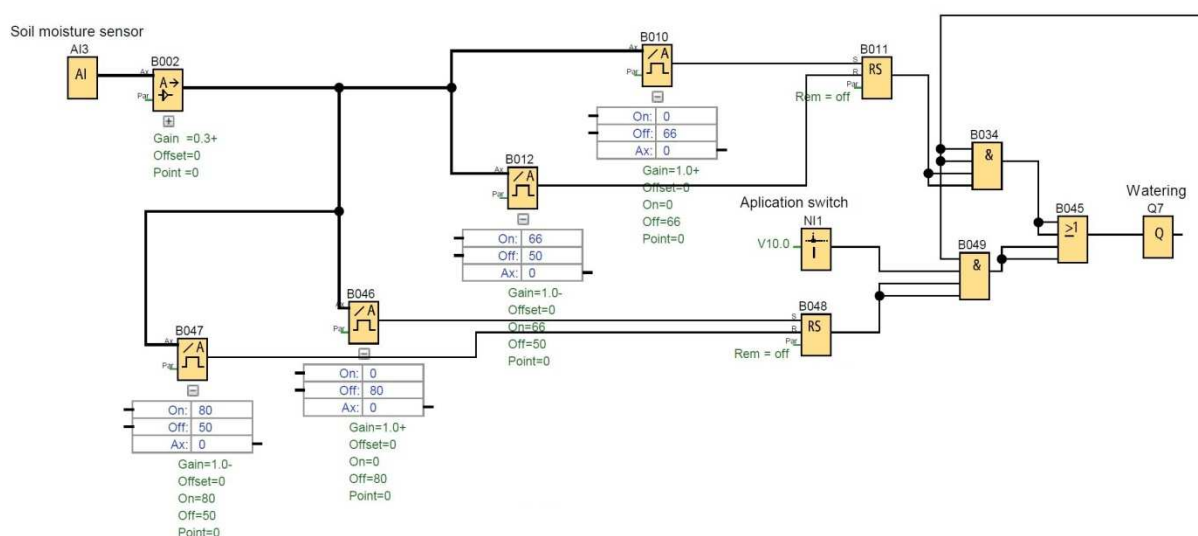


## 4 Program sterujący

Kolejnym etapem pracy było napisanie programu sterującego wszystkimi omawianymi funkcjami. Podobnie jak dokumentacja elektryczna do pracy w postaci załącznika nr 2 został przedstawiony program sterujący. W tym miejscu należy również nadmienić, że jako narzędzie do projektowania programu posłużyło oprogramowanie LOGO Soft Comfort.

### 4.1 Sterowanie wilgotnością gleby

Monitorowanie stanu wilgotności gleby jest kluczową częścią programu sterownika. Poniższy wycinek programu przedstawia podstawowe założenia sterowania:



Rysunek 26. Algorytm utrzymywania wilgotności gleby

Źródło: Opracowanie własne

W celu regulacji wilgotności gleby sterownik czyta sygnał analogowy AI3, na którym powinien pojawić się sygnał napięciowy z zakresu od 0V do 3V. Odpowiednio 0V to 0%, natomiast 3V to 100% wilgotności względnej. Konieczne zatem jest odpowiednie przeskalowanie wartości sygnału wejściowego. Do tego celu zostanie wykorzystany wzmacniacz cyfrowy B002 o wzmocnieniu 0,3. w takim przypadku jeżeli na wejściu zostanie podane 3V (3000mV) to po przeliczeniu otrzymamy 100%.

Kolejnym etapem jest określenie poprzez komparatory analogowe w jakim punkcie pracy znajduje się program. Jeżeli wilgotność jest mniejsza od 66% to komparator B010 wystawia na wyjściu logiczną jedynkę. Następnie sygnał trafia na wejście SET przerzutnika RS B011, który w zależności, czy na wejście RESET podana jest jedynka logiczna wystawia sygnał wyjściowy. Sygnał RESET sterowany jest z komparatora B012, który zastosowany jest w celu uzyskania odpowiedniej histerezy układu. Jest to niezbędny zabieg ponieważ można

uzyskać poziom wyzwalania podlewania od 50%. Należy również zaznaczyć, że wejście RESET ma wyższy priorytet, dlatego przy podaniu dwóch jedynek logicznych na wejścia SET i RESET jednocześnie na wyjściu zostanie wystawione logiczne zero.

Dalej sygnał sterujący trafia na bramkę AND B034. Jest to warunek logiczny, który sprawdza wyjście przerzutnika RS oraz sygnał cyfrowy z wejścia I1, który odpowiada za minimalny poziom wody w zbiorniku. Jeżeli wody jest mniej niż 25% system nie może zezwolić na załączenie pompy. Zapewni to bezpieczną pracę i ochroni pompę przed zatarciem. Trzeba w tym miejscu zaznaczyć, że wyższy priorytet bezpieczeństwa będzie miał system. Przykładowo jeżeli program będzie miał podjąć decyzję o ochronie urządzeń kosztem roślin to tak postąpi.

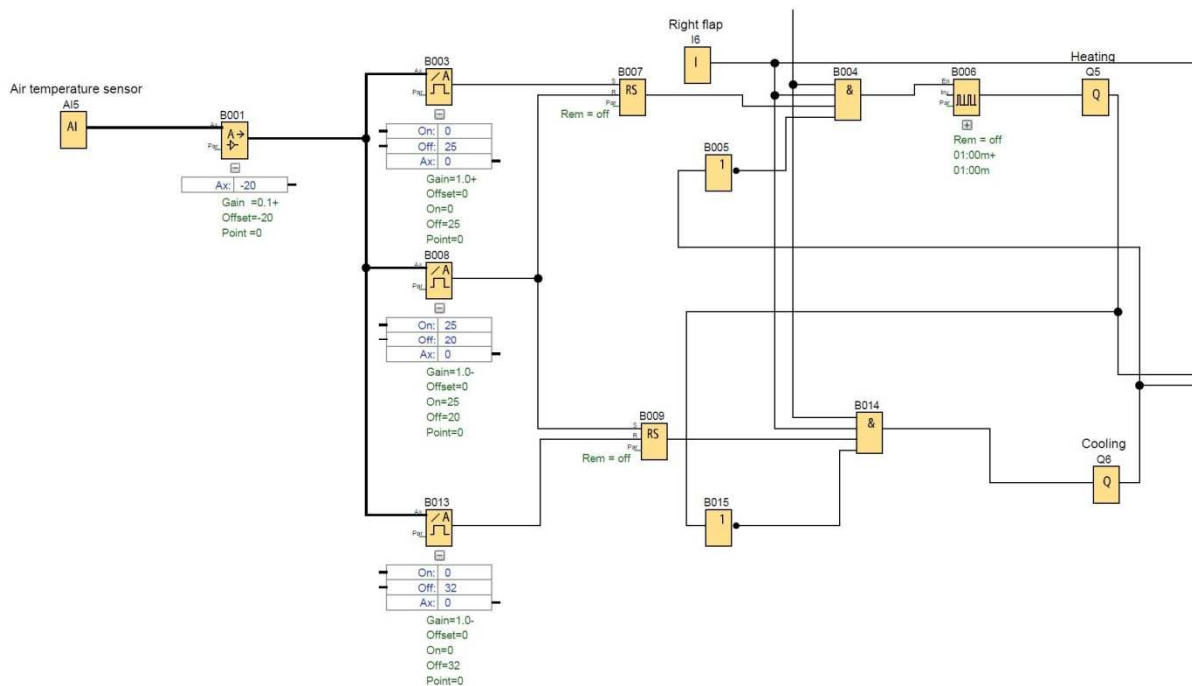
Kolejnym etapem drogi sygnału jest bramka OR B045. w tym miejscu zbiegają się dwie gałęzie programu. Niezależnie, z której przyjdzie logiczna jedynka zostanie podana na wyjście Q7, które załączy przekaźnik sterujący pracą pompy.

Wcześniej wspomniana równoległa gałąź programu, służy do wysterowania podlewania z aplikacji użytkownika. Jeżeli użytkownik zechce z poziomu aplikacji uruchomić podlewanie to na wyjściu z bloku NI1 pojawi się logiczna jedynka. Aby układ kontrolował sytuację, sygnał użytkownika trafia na bramkę AND B049. Jej zadanie polega na zabezpieczeniu przed przelaniem roślin. Rozwiązane jest to poprzez drugi sygnał na bramkę AND zezwalający na podlewanie. Zabezpieczanie działa na zasadzie histerezy (50% - 80%) realizowanej przez dwa komparatory B046 oraz B047. Program zezwoli na podlewanie jeżeli wilgotność jest mniejsza niż 80%. Powyżej tej wartości pompa zostanie odcięta pomimo ingerencji użytkownika. Układ ponownie zezwoli na podlewanie (zdalne bądź automatyczne) dopiero gdy wilgotność gleby spadnie poniżej 50%.

## **4.2 Sterowanie temperaturą powietrza**

Kolejną istotną funkcją jaką musi realizować program to nadzór i regulacja temperatury powietrza w szklarni. Poniższy fragment programu odpowiada za realizację tej funkcjonalności.





Rysunek 27. Algorytm regulacji temperatury

Źródło: Opracowanie własne

Pierwszym zadaniem programu jest odczytanie wartości analogowej z wejścia AI5. Czujnik temperatury na swoim wyjściu wystawia sygnał z zakresu od 0V (co odpowiada -20°C) do 10V (co odpowiada 80°C). Następnie sygnał napięciowy trafia na wzmacniacz cyfrowy w celu przeskalowania wartości napięcia na odpowiadającą im wartość temperatury. Tak przygotowany sygnał trafia do trzech komparatorów B003, B008 oraz B013. Ich zadaniem jest określenie punktu pracy w jakim ma znajdować się układ. Układ może grzać (przy zbyt niskiej temperaturze), chłodzić (przy zbyt wysokiej temperaturze) lub pozostawać w spoczynku jeżeli temperatura jest w optymalnym zakresie. Komparator B003 ma za zadanie wystawić sygnał grzania i działa on w przedziale od 0°C do 25°C. Sygnał z niego trafia do przerzutnika RS B007 na wejście SET. Jeżeli w tym samym momencie na wejściu RESET podane jest logiczne zero przerzutnik wystawia sygnał na wyjście. Sygnałem RESET steruje sygnał z komparatora B008. Ten komparator pełni dwie funkcje. Pierwsza to załączanie chłodzenia układu a druga to blokowanie załączenia grzania. Dzięki takiej konfiguracji zachowane jest bezpieczeństwo oraz ochrona przed bezsensowną utratą energii. Ostatni komparator B013 wystawia sygnał w zakresie od 0°C do 32°C. Trafia on na wejście RESET przerzutnika załączającego chłodzenie. Pozwala to na uruchomienie chłodzenia dopiero po przekroczeniu 32°C we wnętrzu szklarni.

Sygnał z przerzutnika B007 odpowiadającego za grzanie trafia na bramkę AND B004. Odpowiada ona za sprawdzenie wszystkich warunków bezpieczeństwa, które muszą być





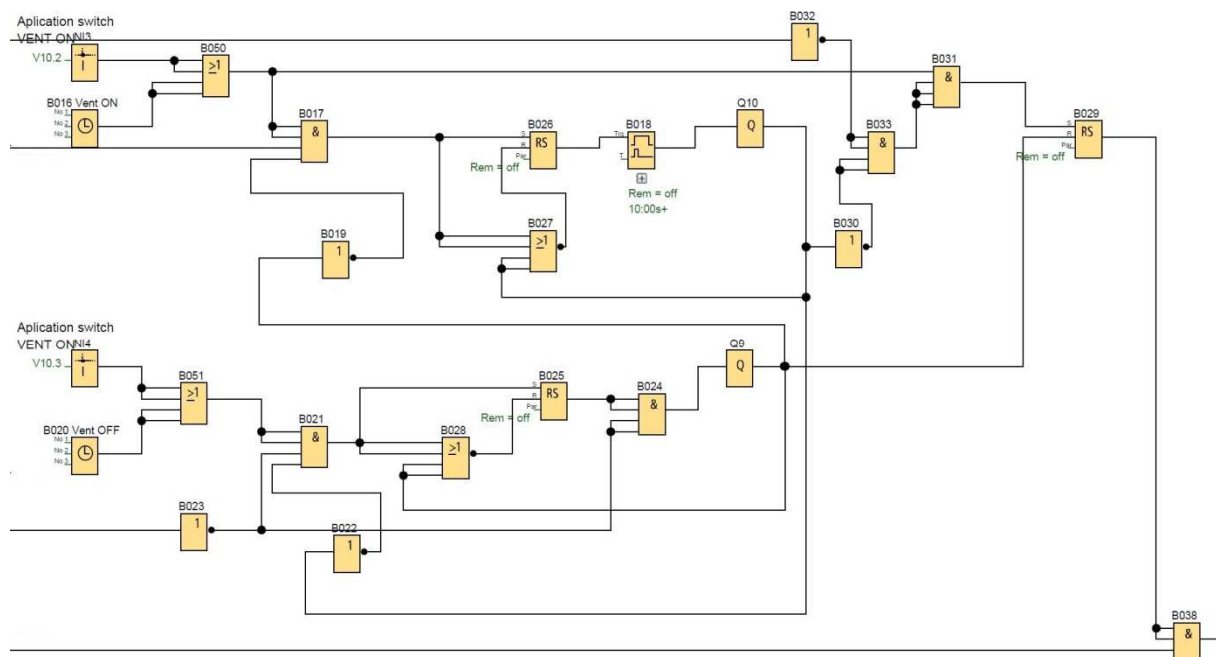
spełnione, aby ogrzewanie mogło być załączone. Pierwsze dwa to sygnały z wejść I5 i I6 odpowiadające za zamknięcie klap wentylacyjnych. Jeżeli klapy byłyby otwarte, uruchamianie ogrzewania byłoby bezsensownym marnowaniem energii. Kolejnym warunkiem jest zanegowany sygnał z wyjścia Q6 odpowiadający za załączenie chłodzenia. Jest to kolejna blokada zabezpieczająca przed uruchomieniem ogrzewania przy jednoczesnej pracy chłodzenia. Jeżeli wszystkie warunki są spełnione bramka AND wystawia sygnał na bloczek B006. Funkcja tego bloczka odpowiada za sekwencyjną pracę grzałki. Sekwencja grzania polega na cyklicznym załączaniu grzałki na minutę następnie wyłączeniu na minutę. Pozwoli to na uchronienie elementu grzejnego przed zbyt wysoką temperaturą.

Aktywacja chłodzenia została również zabezpieczona w podobny sposób. Bramka AND B014 oczekuje dostarczenia czterech sygnałów: lewa klapa zamknięta (I5), prawa klapa zamknięta (I6), ogrzewanie wyłączone (zanegowany sygnał z wyjścia Q5) oraz żądanie załączenia chłodzenia (wyjście przerywnika RS B009).

### 4.3 Sterowanie wentylacją

Cykliczna wymiana powietrza wymusza na programie zastosowanie algorytmu sterującego wentylacją. Polega on na wymianie powietrza w szklarni w ściśle zdefiniowanych porach dnia. Taki zabieg musi zostać zdefiniowany z powodu braku czujnika CO2 w konstruowanym systemie.

Poniższy wycinek programu przedstawia algorytm sterowania wentylacją:



Rysunek 28. Algorytm sterowania wentylacją

Źródło: Opracowanie własne



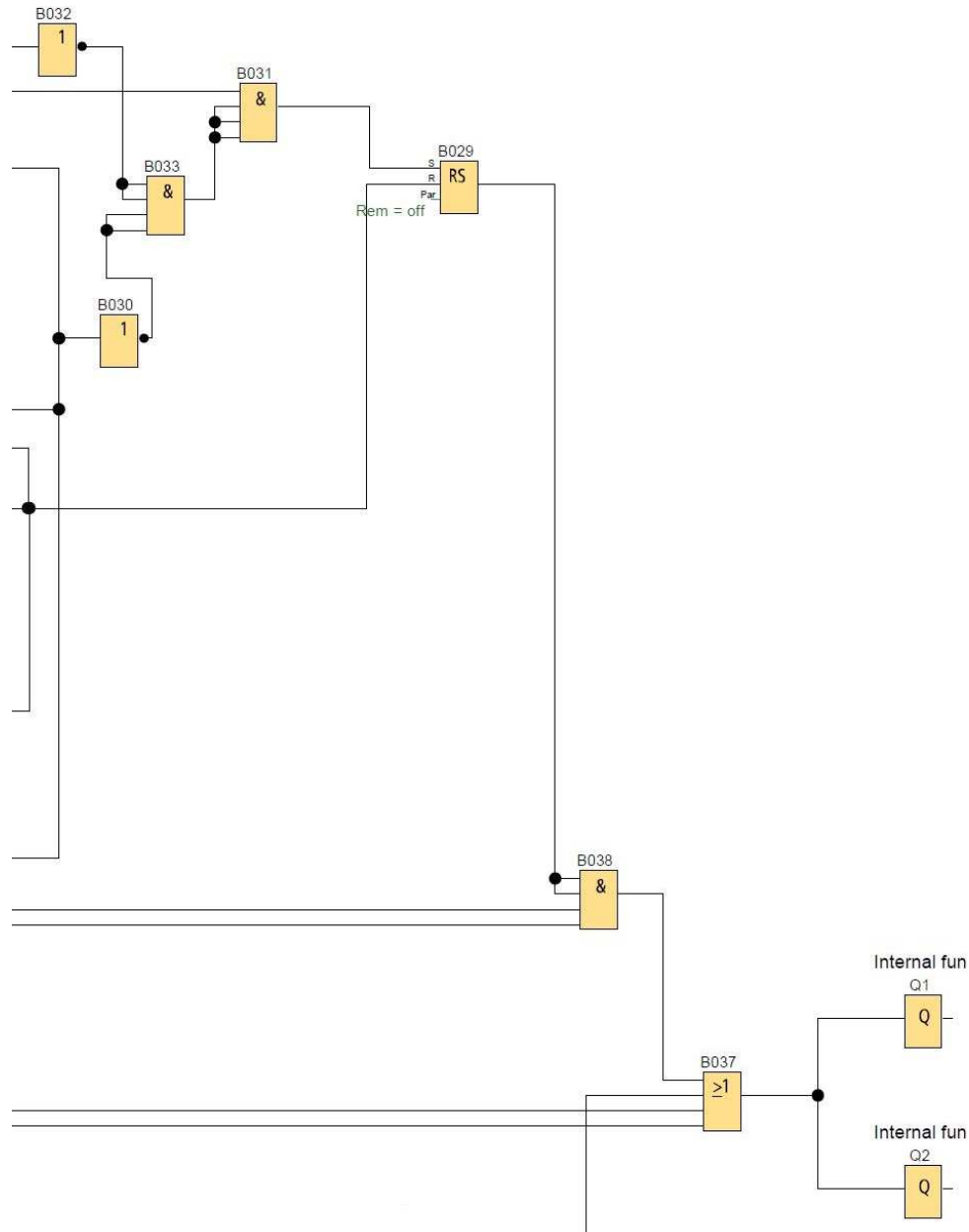
Bramka OR B050 sprawdza czy na jej wejściu pojawiło się przynajmniej jedno wymuszenie uruchomienia wentylacji. Determinowane jest to przez cykliczne wymuszenie przez bloczek czasowy B016 lub sygnał z aplikacji użytkownika NI3. Sygnał z bramki OR B050 dalej trafia do bramki AND B017, która sprawdza warunki bezpieczeństwa do wystawienia siłownika kłapy w górę. Bramka oczekuje trzech sygnałów: żądania otwarcia kłapy (sygnał z bramki OR B050), sygnału cyfrowego z wejścia I5 (lewa kłapa zamknięta) oraz zanegowanego sygnału z wyjścia Q9 (opuszczanie kłapy włączone). Jeżeli wszystkie te warunki są spełnione, możliwe jest wystawienie przez bramkę AND sygnału. Dalej trafia on na przerzutnik RS B026, który wystawia sygnał na bloczek czasowy B018. Bloczek czasowy wystawia stan wysoki na 10s, który trafia bezpośrednio na wyjście cyfrowe sterownika Q10. Czas ustawienia stanu wysokiego jest parametrem w jakim siłownik zostanie wysunięty na maksymalną wysokość. Aby niepotrzebnie nie trzymać na nim napięcia funkcja została ograniczona czasowo.

Opuszczanie kłapy (zakończenie wentylacji), działa na podobnej zasadzie co podnoszenie. w pierwszej kolejności bramka OR czeka na pojawienie się jednego z sygnałów. Sygnał może zostać wystawiony z bloku czasowego B020 lub z aplikacji użytkownika (blok NI4). Następnie sygnał wychodzi z bramki OR i trafia na bramkę AND, której zadaniem jest weryfikacja wszystkich warunków bezpieczeństwa takich jak: żądanie opuszczenia kłapy, (sygnał z bramki OR B051), kłapa otwarta (zanegowany sygnał wejścia cyfrowego I5) oraz zanegowanego sygnału z wyjścia Q10 (podnoszenie kłapy włączone). Po spełnieniu wszystkich warunków sygnał dalej trafia do przerzutnika RS, a następnie do bramki AND B024. Bramka sprawdza dwa sygnały. Jednym z nich jest żądanie zamknięcia kłapy dostarczane przez przerzutnik oraz sygnał cyfrowy z zanegowanego wejścia cyfrowego położenia kłapy. Jeżeli te warunki są spełnione, możliwe jest wystawienie wyjścia Q9 co spowoduje opuszczenie siłownika. Wyjście będzie wystawione do pojawienia się sygnału na wejściu cyfrowym od zamknięcia kłapy. Sygnał ten poprzez bloczek negacji zostanie odwrócony i bramka AND przestanie wysyłać żądanie wystawienia wyjścia Q9.

Przy maksymalnym otwarciu kłapy sterownik uruchamia jeszcze wentylator w celu lepszej wymiany powietrza. Bramka AND B033 sprawdza dwa stany układu: czy kłapa jest otwarta (zanegowany sygnał wejścia cyfrowego położenia kłapy) oraz czy podnoszenie kłapy nie jest realizowane. Jeżeli warunki są spełnione wysyłany jest sygnał do kolejnej bramki AND, która sprawdza dodatkowo sygnał żądania podniesienia kłapy. Po spełnieniu tych warunków, sygnał trafia na wejście SET przerzutnika RS B029. Po jego zatrzaśnięciu sygnał podawany jest dalej na bramkę AND B038. Sprawdza ona żądanie przewietrzania szklarni



(sygnał z przerzutnika RS) oraz pozycję prawej kłapy. Sygnał trafia dalej na bramkę OR, która po pojawieniu się logicznej jedynki na wejściu wystawia ją na wyjściu. Dalej sygnał trafia już bezpośrednio na wyjścia tranzystorowe Q1 oraz Q2. Stan wysoki na tych wyjściach uruchamia wiatrak znajdujący się na ramieniu kłapy.



Rysunek 29. Fragment programu ukazujący sterowanie wentylacją

Źródło: Opracowanie własne

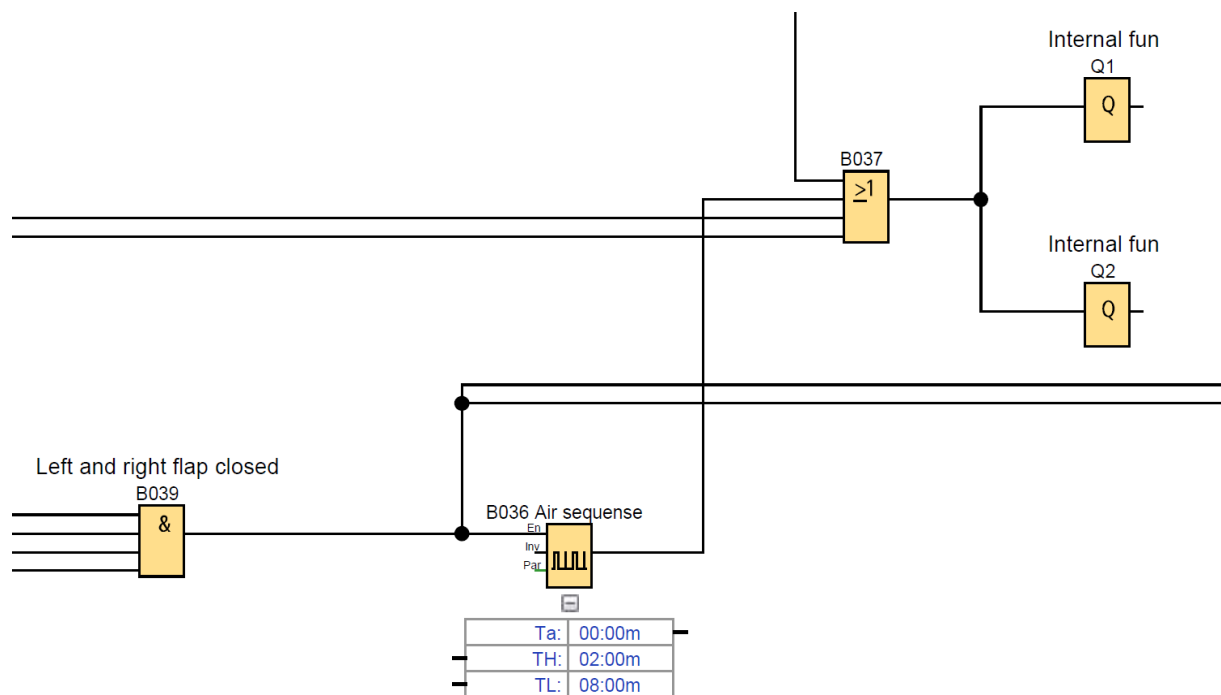
#### 4.4 Sterowanie wewnętrznym obiegiem powietrza

W celu zapewnienia optymalnego komfortu roślinom sterowniki muszą zapewnić wewnętrzny obieg powietrza. Będzie to realizowane poprzez sekwencyjne uruchamianie



wewnętrznego wentylatora, który przez dany okres czasu będzie wymuszać ruch powietrza. Dzięki temu, listowie roślin będzie miało szansę na łagodne kołysanie.

Funkcjonalność będzie realizowana przez bloczek B036. Jeżeli na jego wejście EN zostanie podana logiczna jedynka, na wyjściu bloku przez czas dwóch minut zostanie wystawiony stan wysoki. Po tym czasie przez okres ośmiu minut będzie stan niski. Sekwencja będzie powtarzać się tak długo dopóki na wejściu bloczka będzie wystawiona logiczna jedynka. Sygnał wejściowy zależny będzie od bramki AND B039, która będzie sprawdzać czy obie kłapy są zamknięte.



Rysunek 30. Sekwencja wewnętrznego obiegu powietrza

Źródło: Opracowanie własne

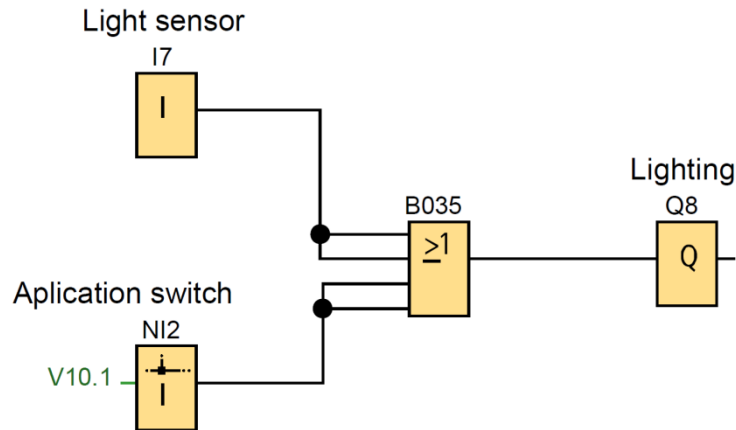
#### 4.5 Sterowanie oświetleniem

Sterowanie oświetleniem polega na oczekiwaniu logicznej jedynki na wejście I7. w przypadku wystąpienia sygnału podawany jest on na bramkę OR B035, a z jego wyjścia wystawiane jest wyjście Q8 odpowiadające za załączenie sztucznego oświetlenia.

Wejście sygnałowe NI2 odpowiada za wysterowanie oświetlenia poprzez aplikację użytkownika. Dalsza droga sygnału jest identyczna jak dla wejścia I7 omawianego w poprzednim akapicie.

Poniższy wycinek przedstawia opisywany fragment programu:





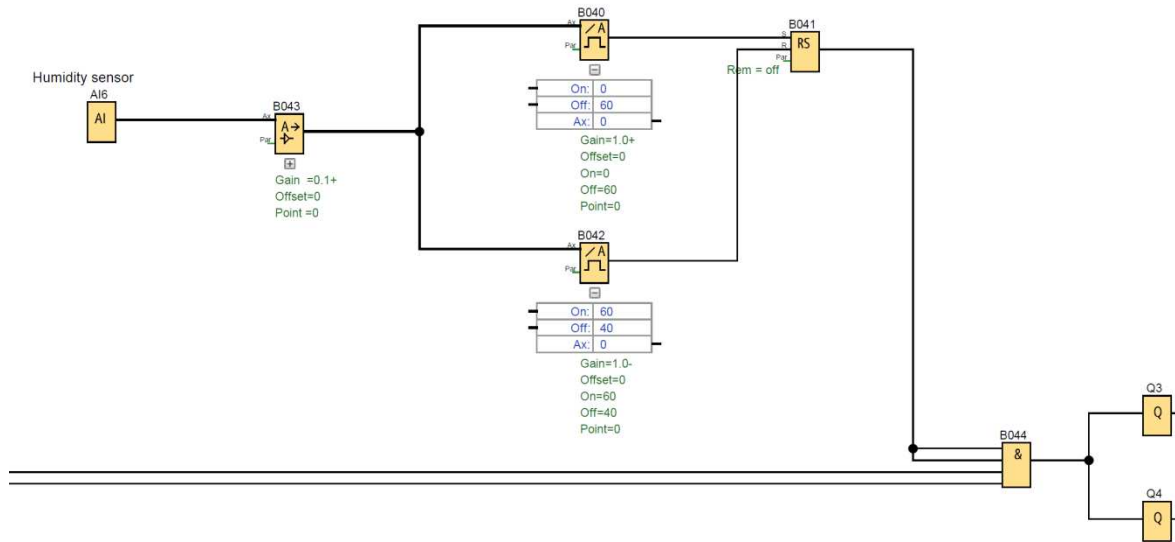
Rysunek 31. Algorytm sterowania oświetleniem

Źródło: Opracowanie własne

#### 4.6 Sterowanie wilgotnością powietrza

Za źródło sygnału dla regulacji wilgotności służy wejście analogowe AI6. Do jego zacisków dostarczane jest napięcie wejściowe z zakresu od 0V (co odpowiada wilgotności na poziomie 0%) do 10V (co odpowiada wilgotności na poziomie 100%). Pierwszym zadaniem programu jest przeskalowanie wartości na poziom procentowy. Zostaje to osiągnięte za pomocą wzmacniacza cyfrowego B043 o wzmocnieniu 0.1. Sygnał ze wzmacniacza trafia równoległe do dwóch komparatorów cyfrowych B040 oraz B042. Tworzą one wspólnie histerezę. Pierwszy z nich (B040) wystawia sygnał wyjściowy od 0% do 60% przy załączeniu od 0% wystawiając sygnał SET na wejście przerzutnika RS B041. Drugi z komparatorów (B042) działa w przedziale od 60% do 40% uruchamiając się z poziomu 60% a wyłączając przy 40%. Dzięki temu podawany jest sygnał RESET dla przerzutnika RS.

Sygnał wyjściowy z przerzutnika trafia na wejście bramki AND B044, której zadaniem jest kontrola pracy nawilzacza przy zamkniętych klapach wentylacyjnych. Do jej wejścia doprowadzone są również sygnały z wejść cyfrowych odpowiadających za sygnał położenia klap. Jeżeli te sygnały są w stanie wysokim oraz wystawione jest żądanie załączenia nawilzacza, bramka AND wystawia sygnał wysoki na wyjścia cyfrowe Q3 i Q4.



Rysunek 32 Algorytm sterowania wilgotnością powietrza

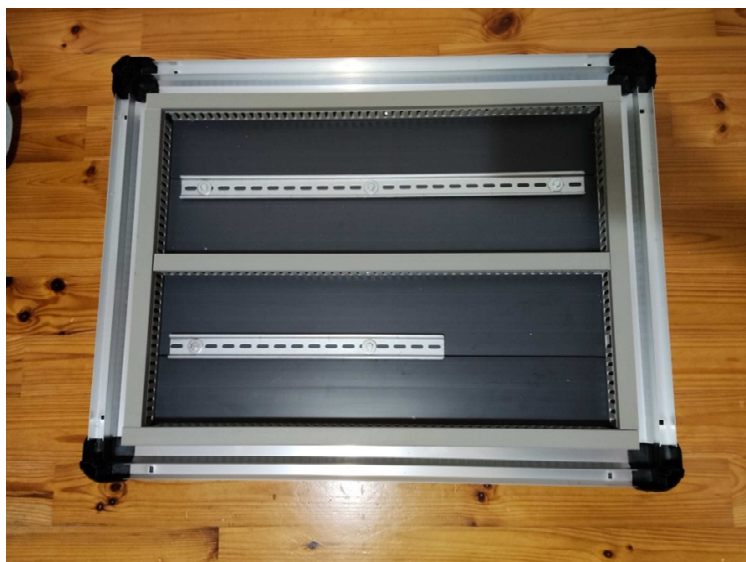
Źródło: Opracowanie własne



## 5 Opis procesu budowy oraz walidacji okablowania

### 5.1 Budowa

Na podstawie przygotowanej dokumentacji konstrukcyjnej możliwe było przystąpienie do prac manualnych. Pierwszy etap prac polegał na zbudowaniu szafy elektrycznej, która miałaby pomieścić wszystkie elementy sterujące oraz zasilające. Do podstawy szafy zostały przykręcone dwie szyny DIN o długości 60cm. Posłużyły one jako podstawa pod wszystkie aparaty elektryczne. w celu estetycznej organizacji okablowania zostały wykorzystane korytka kablowe z wypustami ułatwiającymi wyprowadzanie przewodów. Poniższa ilustracja ukazuje podstawę montażową:

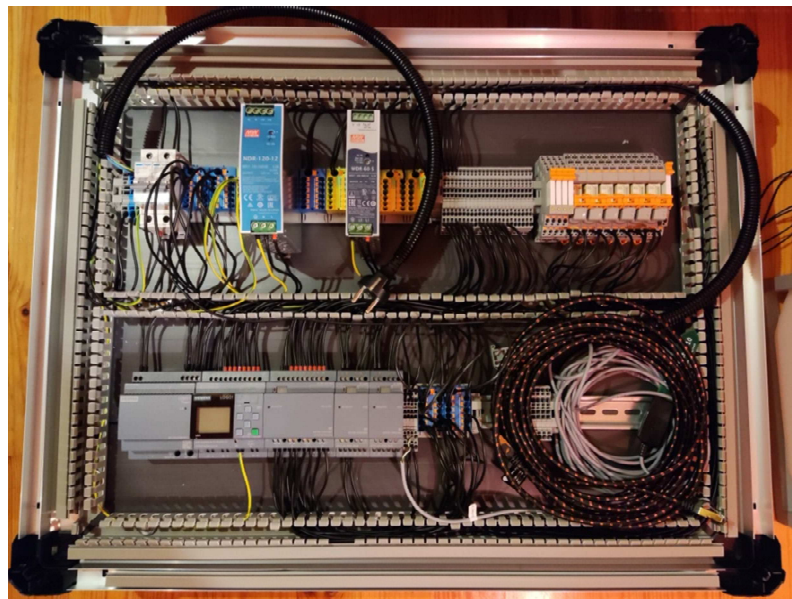


*Rysunek 33. Podstawa szafy sterowniczej*

*Źródło: Opracowanie własne*

Po zakończonych pracach możliwy był montaż aparatów elektrycznych. Górna szyna posłużyła za podtrzymanie dla rozdzielni potencjału 230V wraz z bezpiecznikiem nadprądowym. Następnie obok znalazły się zasilacze 12V oraz 5V wraz z blokami potencjałowymi. Kolejnym elementem jest listwa interfejsowa dla sygnałów cyfrowych oraz przekaźniki wykonawcze. Dolna listwa posłużyła za podtrzymanie dla sterownika PLC wraz z wszystkimi niezbędnymi modułami I/O. Ostatnimi elementami są złączki elektryczne dla potencjału 24V oraz listwa dla sygnałów analogowych. Na początkach oraz końcach listew zostały zastosowane złączki zabezpieczające przed niechcianym przesuwaniem aparatów.

Po tak przeprowadzonych pracach możliwe było przejście do wykonywania instalacji elektrycznej dla połączeń wewnętrznych. Każde zakończenie przewodu było w staranny sposób wykonane poprzez zaciśnięcie końcówek kablowych co pozwoli na uniknięcie przypadkowych zwarć. Poprawi to również rezystancję połączeń stykowych. Część wiązek zewnętrznych, które możliwe były w tym etapie do wykonania były zabezpieczone za pomocą kanału kablowego. w ten sposób został również odseparowany potencjał 230V od pozostałych. Poniższe zdjęcie przedstawia w pełni okablowaną rozdzielnię sterującą:

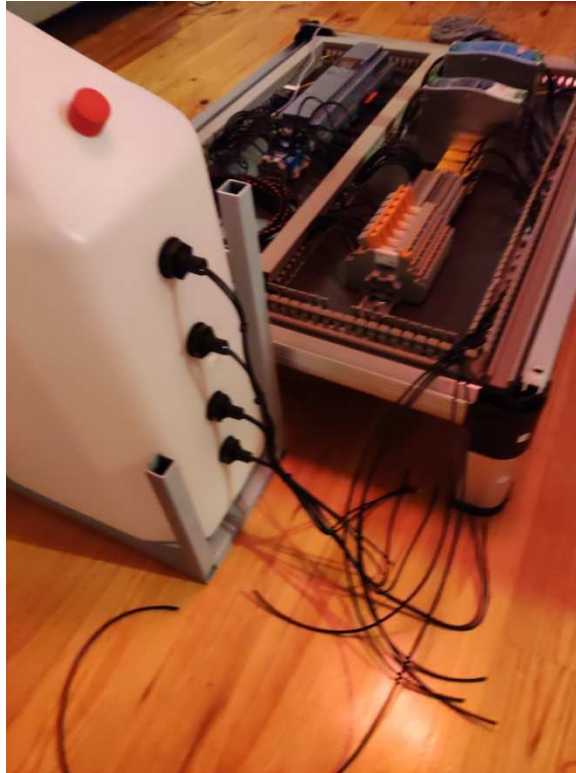


*Rysunek 34. Zabudowa komponentów szafy*

*Źródło: Opracowanie własne*

Równoległe do rozdzielni sterującej wykonywane było okablowanie zbiornika wody. Zostały przymocowane cztery czujniki poziomu cieczy a następnie wykonana wiązka zakończona wtyczką.





*Rysunek 35. Zabudowa czujników pływakowych w zbiorniku*

*Źródło: Opracowanie własne*

Następnym etapem prac był montaż wszystkich czujników oraz elementów wykonawczych wewnątrz komory szklarni. Dodatkowo dla estetyki przewodów zostały poprowadzone korytka kablowe wraz z wypustami. Do ściany bocznej został przymocowany element grzejny a po jego przeciwnej stronie ogniwo Peltiera wraz z radiatorami i wentylatorami. w centralnej części został zamontowany czujnik temperatury oraz wilgotności powietrza. z najdalszej części korytka został wypuszczony czujnik wilgotności gleby. Dla monitorowania położenia klap zostały przymocowane do ścian bocznych dwie krańcówki. Poniższe zdjęcie przedstawia omawiany etap prac:



*Rysunek 36. Zabudowa komponentów we wnętrzu szklarni*

*Źródło: Opracowanie własne*

Po tak wykonanych pracach możliwe było przejście do etapu wytwarzania wiązki elektrycznej do poszczególnych komponentów systemu. Następnie połączenie jej z przygotowanym interfejsem sygnałowym. Zostały podłączone wszystkie czujniki oraz elementy wykonawcze. Dzięki przygotowanym korytkom kablowym cała instalacja jest bardzo estetyczna oraz chroniona przed wszelkimi uszkodzeniami mechanicznymi.

Rozdzielnia sterownicza została w sposób trwały połączona z komorą szklarni tworząc wspólną całość.



*Rysunek 37. Gotowa szklarnia*

*Źródło: Opracowanie własne*

Do całości projektu została wykonana instalacja hydrauliczna do podlewania roślin. Składa się ona ze zbiornika wody, pompy oraz połączeń elastycznych tworzących zamknięty układ hydrauliczny.

## **5.2 Walidacja**

Układ hydrauliczny był ostatnim etapem prac manualnych. Kolejnym kamieniem milowym pracy aby możliwe było uruchomienie stanowiska było przeprowadzenie testów ciągłości okablowania wszystkich połączeń elektrycznych oraz test szczelności układu hydraulicznego. Na podstawie dokumentacji elektrycznej każde połączenie elektryczne

zostało sprawdzone pod kątem ciągłości okablowania oraz poprawności punktów przyłączenia. Tak przeprowadzone testy dają pewność, że wszystkie sygnały, zasilania itd. trafią dokładnie w to miejsce gdzie przewiduje schemat. Sprawdzone zostały również potencjalne zwarcia do masy, między fazowe oraz między sygnałowe. Realizacja funkcji podlewania również wymagała wstępnego sprawdzenia. Niedopuszczalne są wszelkiego rodzaju wycieki, które mogłyby doprowadzić do zwarć lub co gorsza zalania sterownika wraz z innymi elementami elektronicznymi czy elektrycznymi. Test szczelności został wykonany poprzez wytworzenie stałego ciśnienia na poziomie 5 bar w zamkniętym układzie pod nadzorem oraz weryfikacja wszystkich połączeń hydraulicznych w celu ustalenia wycieków. Po godzinnym oczekiwaniu, test szczelności został pozytywnie zatwierdzony.

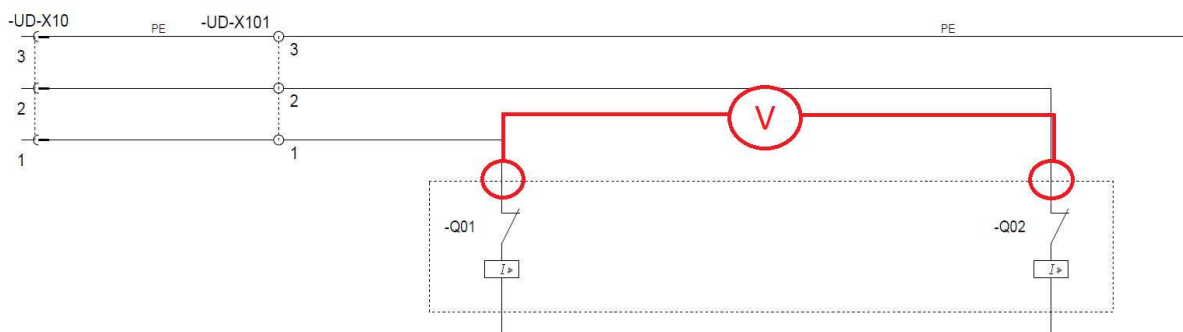


## 6 Uruchomienie systemu i testy funkcjonalne

Uruchomienie systemu poprzez bezpośrednie zasilanie układu jest bardzo ryzykowne i może doprowadzić do potencjalnego uszkodzenia urządzeń. Aby uchronić się przed ryzykiem podczas pierwszego uruchomienia został wykonany szereg pomiarów, które pozwoliły na bezpieczne uruchomienie.

### 6.1 Rozprowadzenie napięć zasilających

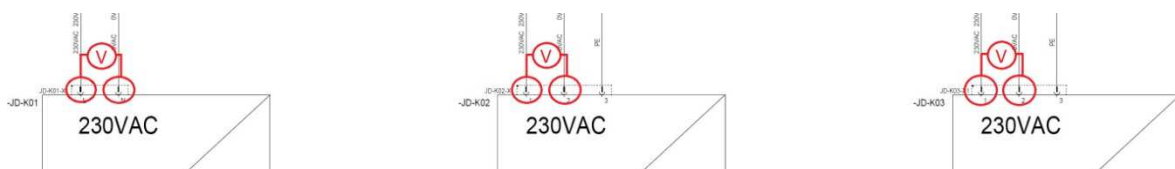
Przed pierwszym uruchomieniem układu zostały odłączone zasilania wszystkich układów (zasilaczy, sterownika, czujników oraz aktuatorów). Następnie zostało doprowadzone napięcie 230V poprzez wtyczkę zasilającą gdzie natrafiło ono na bezpiecznik znajdujący się w pozycji OFF. Przez miernik napięcia AC został zmierzony potencjał na zaciskach.



Rysunek 38. Pomiar napięcia na bezpieczniku

Źródło: Opracowanie własne

Po upewnieniu się, że napięcie zostało poprawnie doprowadzone bezpiecznik Q1/2 został załączony. Napięcie za bezpiecznikiem dostarczane jest na zaciski zasilaczy 24V, 12V oraz 5V. Przed ich pierwszym uruchomieniem na odłączonych zaciskach zostało zmierzone napięcie zasilające.



Rysunek 39. Pomiar napięcia na wejściu zasilaczy

Źródło: Opracowanie własne

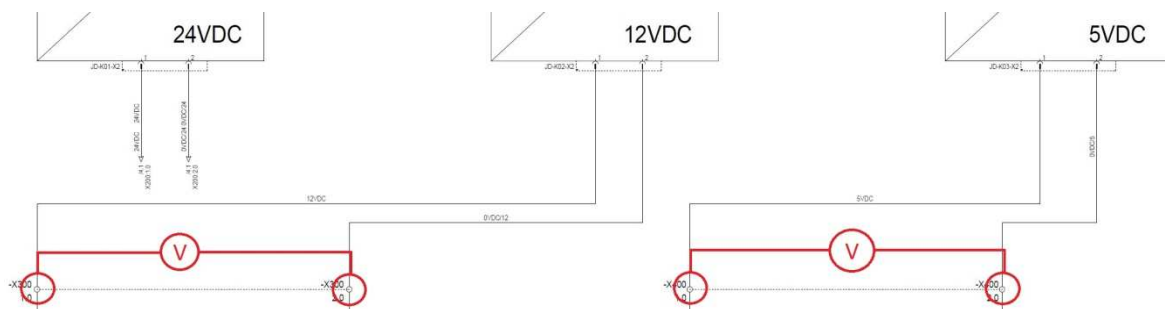
Kolejnym punktem pomiarowym były styki robocze przekaźnika JC-K01, na których znajduje się napięcie do zasilania elementu grzejnego.



Rysunek 40. Pomiar napięcia na stykach przekaźnika JC-K01

Źródło: Opracowanie własne

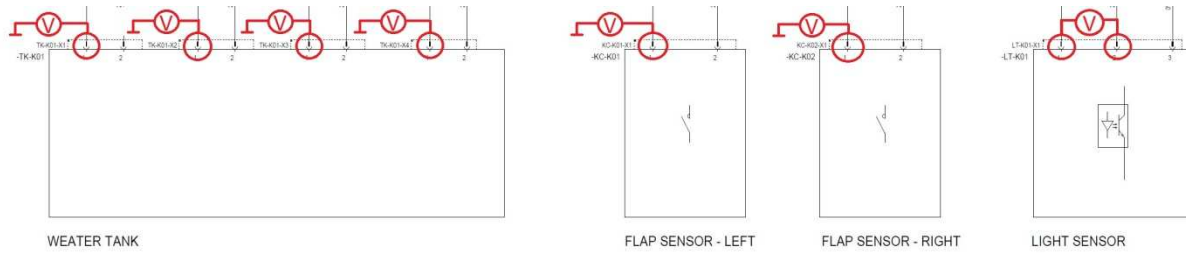
Gdy wszystkie cztery pomiary okazały się prawidłowe po wyłączeniu bezpiecznika głównego, możliwe było podłączenie wszystkich punktów. Po ponownym załączeniu głównego bezpiecznika konieczne było sprawdzenie napięcia wyjściowego z trzech zasilaczy bez obciążenia. Idealnym miejscem pomiarowym były listwy rozdzielające potencjały X200, X300 oraz X400. Kolejno na każdej z nich powinno pojawić się napięcie 24V, 12V oraz 5V.



Rysunek 41. Pomiar napięcia wyjściowego zasilaczy

Źródło: Opracowanie własne

Po upewnieniu się, że wszystkie potencjały znajdują się w odpowiednim miejscu, możliwe było przejście do pomiarów wszystkich punktów docelowych. Jako pierwsze zostały sprawdzone wszystkie miejsca dla potencjału 24V. Pierwszym urządzeniem zasilanym napięciem 24V jest sterownik PLC wraz ze swoimi modułami, następnie zostały sprawdzone wszystkie czujniki cyfrowe takie jak: poziom wody, krańcówki klap wentylacyjnych oraz czujnik zmierzchu. Niektóre z nich posiadały tylko wejście sygnałowe (np. czujnik poziomu wody), inne również zasilanie (np. czujnik oświetlenia). Po upewnieniu się, że wszystkie potencjały są prawidłowe oraz prawidłowo spolaryzowane wszystkie złącza oraz przewody zostały ponownie podpięte.



Rysunek 42. Pomiar zasilania czujników cyfrowych

Źródło: Opracowanie własne

Następnym etapem było sprawdzenie punktów zasilanych z potencjału 12V. Napięcie z omawianego poziomu dostarczane jest głównie do zasilania elementów wykonawczych oraz czujnika temperatury i wilgotności powietrza.

Jako pierwsze zostały sprawdzone styki robocze wszystkich przekaźników, za którymi znajdują się elementy wykonawcze.

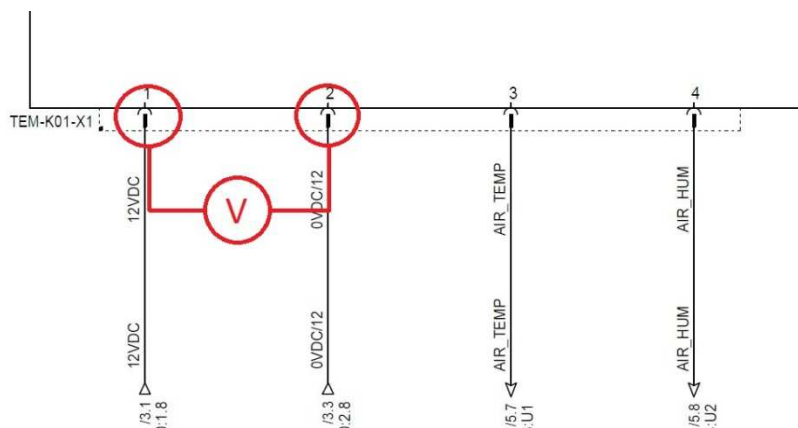


Rysunek 43. Pomiar zasilania na stykach roboczych przekaźników

Źródło: Opracowanie własne

Aby upewnić się, że napięcie zostanie doprowadzone do miejsca docelowego, styki robocze zostały zwarte a następnie wszystkie napięcia zmierzone na złączach wejściowych.

Po weryfikacji wszystkich napięć przekaźnikowych, zweryfikowane zostało napięcie na zaciskach od czujnika temperatury.



Rysunek 44. Pomiar zasilania czujnika temperatury

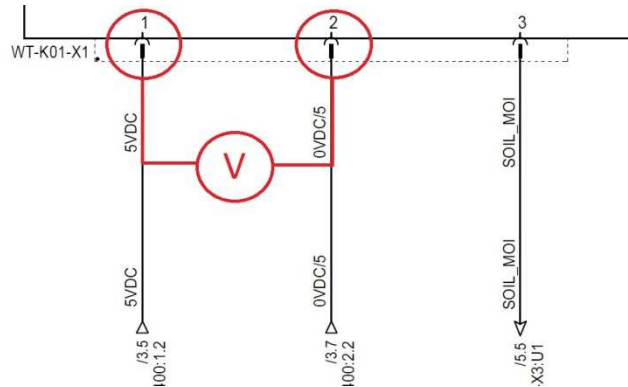
Źródło: Opracowanie własne

Był to ostatni punkt pomiarowy dla 12V w związku z czym wszystkie punkty pomiarowe zostały ponownie podłączone do swojego docelowego miejsca.

Podobny proces pomiarowy został przeprowadzony dla potencjału 5V. Potencjał tego poziomu wykorzystywany jest do zasilania czujnika wilgotności gleby oraz nawilżacza



powietrza. Pierwszym etapem był pomiar napięcia na przekaźnikach zasilających nawilżacz. Po upewnieniu się, że wszystko jest poprawnie, załączone zostały styki robocze przekaźników. Następnie został zmierzony potencjał zasilania na złączach nawilżacza. Ostatecznym etapem był pomiar napięcia na czujniku i po upewnieniu się, że wszystko jest prawidłowo sprawdzone ostatnie punkty pomiarowe zostały podpięte.



Rysunek 45. Pomiar zasilania czujnika wilgotności

Źródło: Opracowanie własne

## 6.2 Walidacja działania sterownika oraz wgranie oprogramowania

Mając pewność, że wszystkie zasilania są prawidłowo rozprowadzone, możliwe było pierwsze uruchomienie urządzenia. Po podniesieniu bezpiecznika, napięcie zasilania zostało doprowadzone do sterownika umożliwiając jego uruchomienie. Następnie poprzez interfejs RJ45 zostało ustanowione połączenie umożliwiające wgranie napisanego programu.

## 6.3 Walidacja sygnałów wejściowych

Poprzez oprogramowanie diagnostyczne możliwe było sprawdzenie wszystkich sygnałów wejściowych do sterownika. Jako pierwsze zostały sprawdzone sygnały cyfrowe.

W pierwszej kolejności zostały zweryfikowane sygnały z czujników poziomu wody w zbiorniku. Walidacja polegała na stopniowym napełnianiu zbiornika cieczą oraz weryfikacji czy po osiągnięciu danego poziomu sygnał zostanie przesłany do sterownika. Następnie poprzez zawór umożliwiający upuszczenie wody ze zbiornika została sprawdzona zmiana sygnału na niski w przypadku spadku poziomu. Tego typu test ma na celu sprawdzenie dwóch rzeczy. w pierwszej kolejności czy fizycznie sygnał zostaje dostarczony do sterownika oraz od strony mechanicznej pracę czujnika.

Kolejnymi czujnikami jakie zostały sprawdzone są krańcówki położenia kłapy. Test był bardzo prosty, ponieważ polegał na fizycznym podniesieniu kłapy oraz weryfikacji zmiany



sygnału cyfrowego z logicznej jedynek na logiczne zero. Następnie konieczne było zamknięcie klapy i sprawdzenie czy sygnał ponownie jest w stanie wysokim.

Ostatnim sygnałem cyfrowym był sygnał z czujnika oświetlenia. Przy dobrym oświetleniu w pomieszczeniu, na wejście cyfrowe wystawiane było logiczne zero. Poprzez przysłonięcie fotorezystora możliwa jest manipulacja jego rezystancją. Przy braku dostępu do światła, czujnik na swoim wyjściu wystawił logiczną jedynkę, po powrocie do bazowego oświetlenia sygnał ponownie zmienił się na zero.

Po weryfikacji wszystkich sygnałów cyfrowych konieczne było sprawdzenie sygnałów analogowych. w tym przypadku konieczna była symulacja programu w czasie rzeczywistym i porównanie wartości temperatury powietrza, za pomocą zewnętrznego termometru. Sygnał został porównany z rtęciowym termometrem, który wskazywał identyczną temperaturę. W identyczny sposób został porównany sygnał z czujników wilgotności powietrza oraz gleby.

## 6.4 Testy funkcjonalne

Weryfikacja sygnałów wejściowych dała pewność, że informacje przekazywane do sterownika zgadzają się ze stanem rzeczywistym układu oraz wartości fizyczne są prawidłowe. Dzięki tym informacjom możliwe jest sprawdzenie funkcjonalne wszystkich realizowanych funkcji.

### 6.4.1 Walidacja funkcji podlewania

Sprawdzenie funkcji podlewania roślin, polegało na umieszczeniu czujnika wilgotności w doniczce wraz z instalacją hydrauliczną. Pierwszym celem było sprawdzenie czy sterownik nie dopuści do uruchomienia pompy przy pustym zbiorniku. Następnie zbiornik stopniowo został napełniony wodą. Kiedy poziom wody przekroczył poziom 25% sterownik uruchomił pompę, która dostarczała wodę do doniczki. Dostarczana woda powoli zmieniła poziom nawodnienia i przy poziomie 66% sterownik wyłączył pompę.

### 6.4.2 Walidacja grzania oraz chłodzenia

Sprawdzenie sterowania ogrzewaniem polegało na wymuszeniu odpowiedniej temperatury na czujniku. Przy stopniowym wzroście temperatury z poziomu 22°C po przekroczeniu temperatury 32°C sterownik uruchomił pompę ciepła. Następnie stopniowo zmniejszano temperaturę. Poniżej temperatury 32°C sterownik odłączył chłodzenie. Temperatura stopniowo się obniżała, aż do momentu osiągnięcia 20°C dopiero wtedy sterownik zdecydował na załączenie ogrzewania, które pozostało włączone do temperatury 25°C. Cały proces wykonywał się zgodnie z założeniami.



### **6.4.3 Walidacja procesu wentylacji**

Sprawdzanie wentylacji polegało na przetestowaniu dwóch funkcji. Wymuszania obiegu powietrza wewnątrz szklarni oraz procesu wymiany powietrza w zdefiniowanych porach.

Układ prawidłowo uruchamiał wewnętrzny wentylator na dwie minuty po czym został wyłączony na osiem minut. Dodatkowo podczas grzania lub chłodzenia wentylator pracował dopóki proces był aktywny.

W przypadku wymiany powietrza działał on prawidłowo. O określonej godzinie system podnosił klapę do pozycji otwartej następnie uruchamiał wentylator. Po czasie zdefiniowanym przez program, proces kończył się.

### **6.4.4 Uruchamianie sztucznego oświetlenia**

Sprawdzanie tej części programu polegało na wizualnym sprawdzaniu uruchamiania oświetlenia wewnętrznego, podczas gdy naturalne oświetlenie spadało do nieakceptowanego poziomu. Kiedy dzień chylił się ku zakończeniu i światło przestawało być wystarczające, sterownik otrzymał sygnał i w mgnieniu oka uruchomił oświetlenie, które pozostawało aktywne do następnego poranka.





*Rysunek 46. Włączone oświetlenie podczas zmroku*

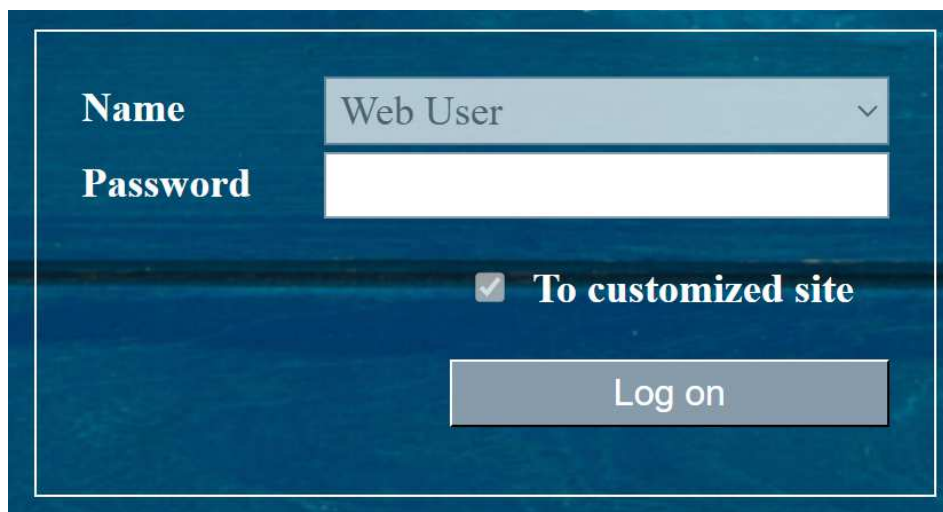
*Źródło: Opracowanie własne*

## 7 Aplikacja użytkownika

Ostatnim etapem projektu było opracowanie aplikacji użytkownika do sterowania oraz monitorowania bieżącego stanu szklarni. Aplikacja została opracowana w narzędziu firmy Siemens współpracującym ze sterownikiem LOGO. Logo Web Editor bo tak nazywa się to narzędzie pozwala na opracowanie aplikacji webowej, która może zostać uruchomiona bezpośrednio na serwerze sterownika. Posiada to jednak wielki minus. Bezpośredni dostęp do aplikacji sterownika możliwy jest jedynie z sieci lokalnej. w przypadku gdy użytkownik ma dostęp do sieci (np. przez WI-FI) połączenie się do sterownika i jego aplikacji jest możliwe. Problem pojawia się gdy użytkownik znajduje się daleko i nie ma dostępu do sieci lokalnej. Aby nie dopuścić do tego typu problemów aplikacja została oparta o rozwiązanie chmurowe. Aplikacja została bezpośrednio uruchomiona na AWS (Amazon Web Services). Koncepcja działania aplikacji w tym przypadku jest inna. Sterownik PLC komunikuje się z chmurą poprzez internet wymieniając dane. Dostęp do aplikacji jest bezpośrednio przez chmurę. Dzięki temu z dowolnego miejsca na ziemi możliwe jest zarządzanie szklarnią. Jedynym wymogiem jest dostęp do Internetu.

### 7.1 Logowanie użytkownika

Pierwszym problemem jaki program musi rozwiązywać to uwierzytelnienie tożsamości oraz kwestie bezpieczeństwa. Niedopuszczalnym jest aby dowolna osoba posiadająca link do aplikacji mogła zarządzać szklarnią. Do aplikacji został określony dostęp jedynie poprzez podanie nazwy użytkownika oraz hasła. W ten sposób została zapewniona podstawowa ochrona z zakresu cyberbezpieczeństwa.



The image shows a login interface with a dark blue background. It contains the following elements:

- A label "Name" next to a dropdown menu showing "Web User" with a downward arrow.
- A label "Password" next to a white text input field.
- A horizontal line separating the input fields from the checkbox.
- A checkbox with a checkmark and the text "To customized site".
- A "Log on" button at the bottom right.

Rysunek 47. Okno logowania

Źródło: Opracowanie własne



## 7.2 Tablica główna

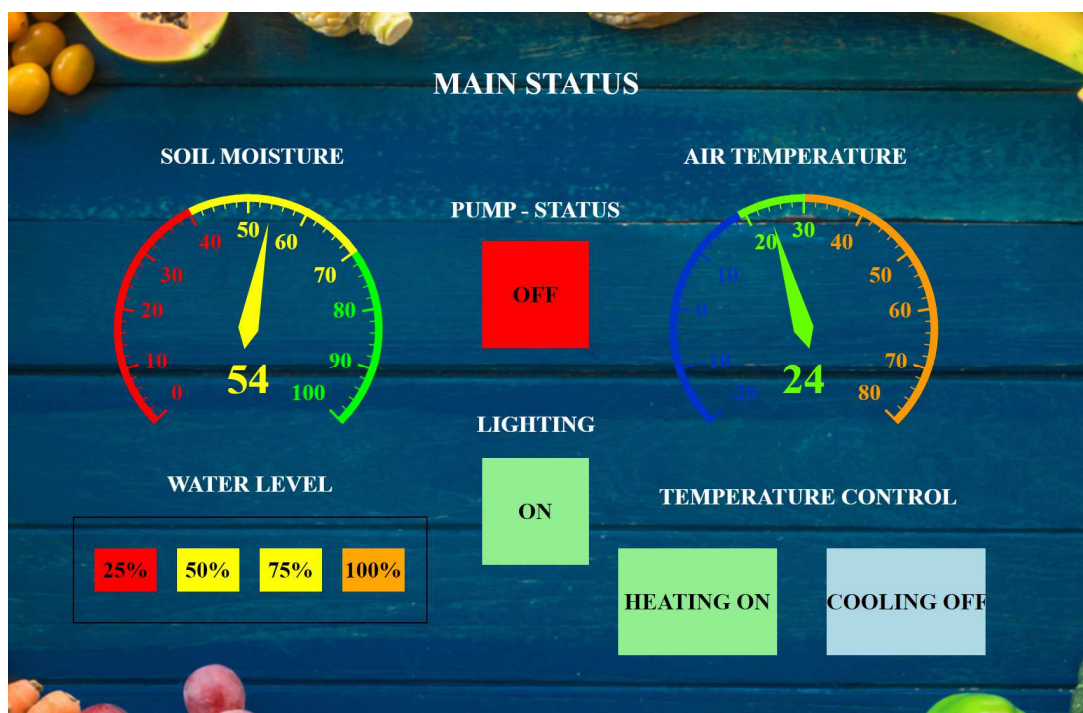
Po prawidłowym zalogowaniu się do aplikacji zostaje ukazana zakładka główna, na której znajdują się najważniejsze parametry systemu. W postaci analogowej zostają zwizualizowane dwa parametry: poziom nawodnienia gleby oraz temperatura powietrza. Odpowiednie kolory na skali wskaźników określają prawidłowe poziomy wartości. Wskaźniki analogowe wizualizują wartość w postaci tradycyjnej, poprzez grot strzałki wskazującej podziałkę oraz w postaci cyfrowej.

Zakładka główna przedstawia również statusy pracy najważniejszych urządzeń takich jak pompa wody oraz oświetlenie. w przypadku załączonego układu przedstawiane jest to za pomocą zielonego koloru z napisem ON, natomiast wyłączonego za pomocą czerwonego z napisem OFF.

Zarządzanie temperaturą jest również sygnalizowane za pomocą informacji o załączonym grzaniu lub aktywnym chłodzeniu.

Ostatnim sygnalizowanym statusem tej zakładki jest poziom wody w zbiorniku. Ukazane to zostało za pomocą czterech poziomów: 25%, 50%, 75% oraz 100%. Jeżeli dany poziom jest osiągnięty zostaje on podświetlony na zielony kolor.

Poniższa ilustracja ukazuje wygląd zakładki.



Rysunek 48. Zakładka główna

Źródło: Opracowanie własne

Omawiana zakładka nie posiada żadnych elementów wymagających interakcji z użytkownikiem. Innymi słowy nie jest możliwe sterowanie z poziomu tego widoku.

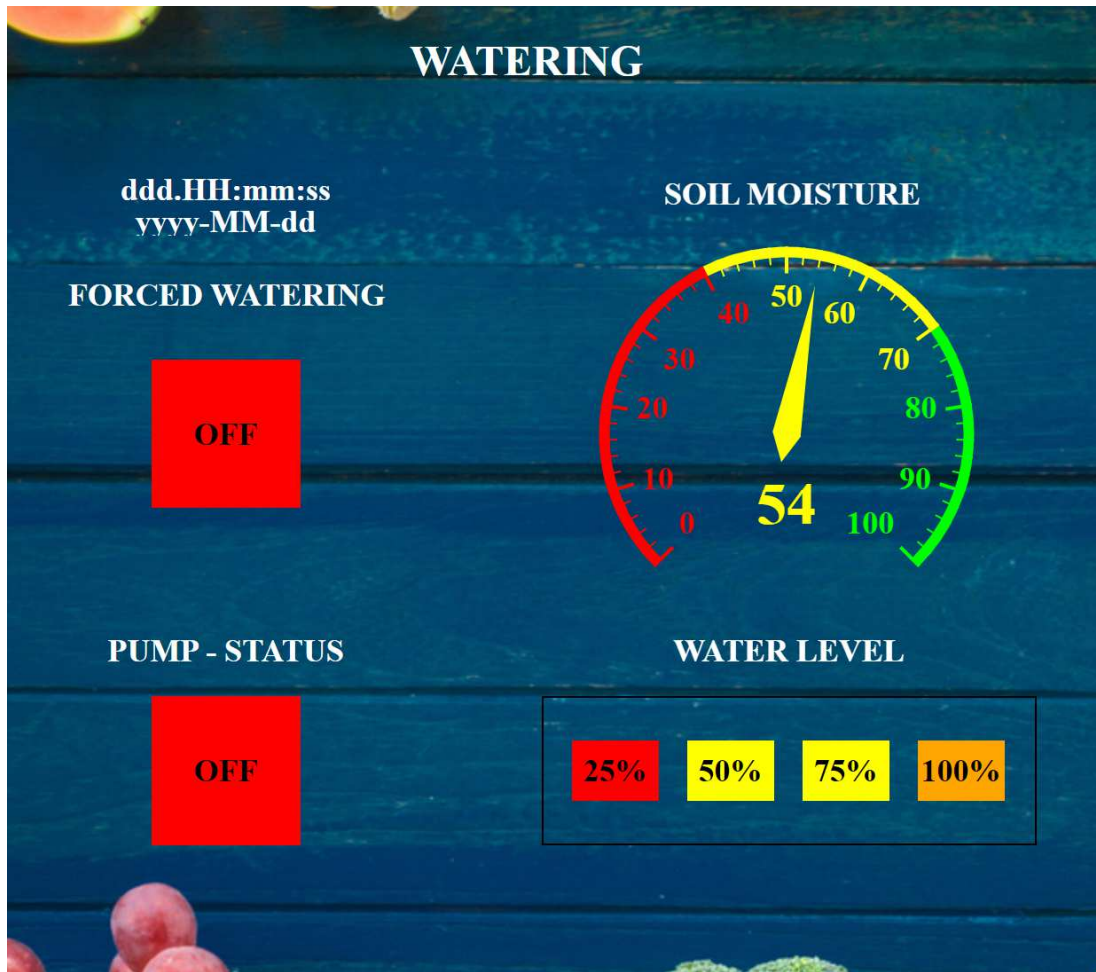
### 7.3 Podlewanie

Kolejna zakładka jaka zostanie omówiona przedstawia proces związany z podlewaniem. Umożliwia ona ręczne wysterowanie oraz wyłączenie pompy. System zabezpiecza się przed zbyt dużym nawodnieniem więc jeżeli sterownik uzna, że załączenie pompy w danym momencie nie jest wskazane to nie dopuści do tego. W innym przypadku pompa zostanie uruchomiona aż do momentu maksymalnego nawodnienia.

Sygnalizacja pracy pompy widoczna jest za pomocą pola „PUMP - STATUS”. w przypadku gdy pompa jest aktywna, pole zostaje podświetlone na zielono z napisem ON. Natomiast gdy pompa nie pracuje, zostaje podświetlone na czerwono z napisem OFF.

Dla lepszego obrazu sytuacji z zakładki głównej został ponownie przedstawiony poziom wody w zbiorniku wraz z poziomem nawodnienia gleby. Analizując te wszystkie informacje razem, użytkownik posiada pełen obraz sytuacji związanej ze stanem nawodnienia oraz podlewania.

Poniższa ilustracja ukazuje wygląd zakładki.



Rysunek 49. Zakładka "Podlewanie"

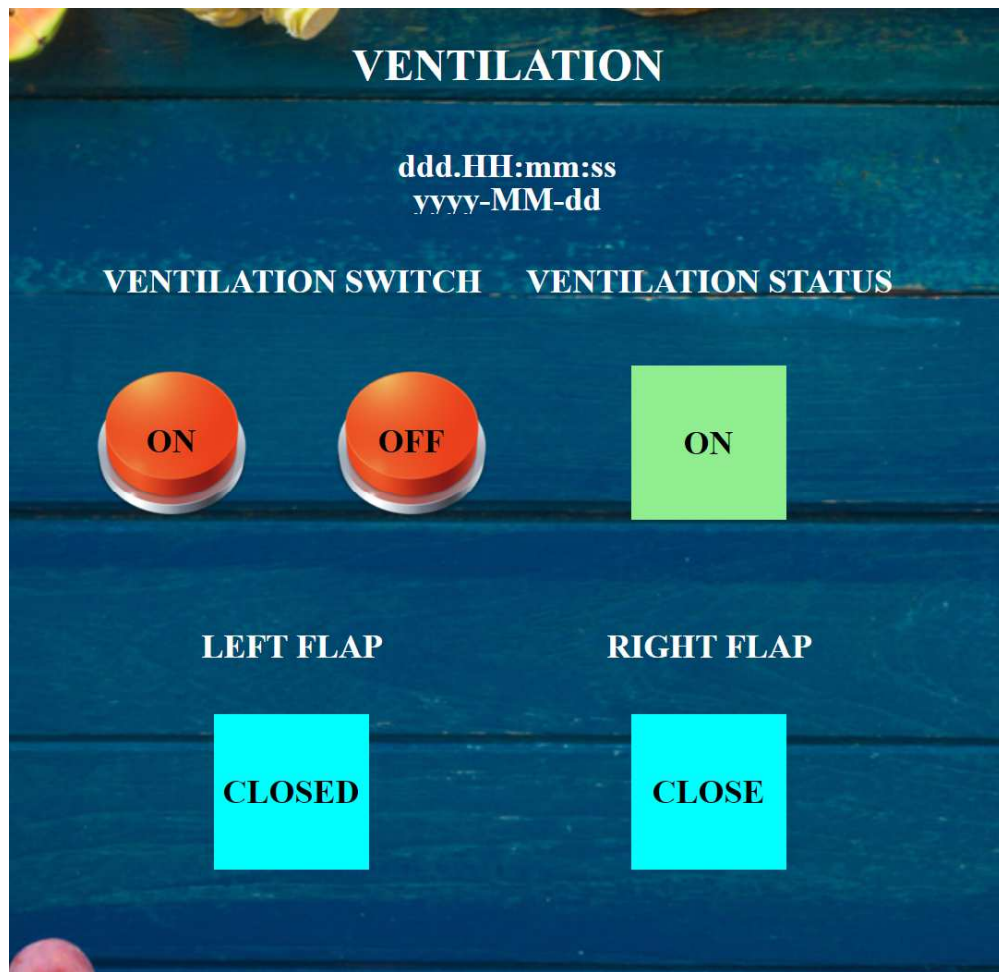
Źródło: Opracowanie własne

## 7.4 Wentylacja

Zakładka wentylacji ma podobne zadanie co zakładka omawiana w poprzednim akapicie. Pierwsze zadanie to możliwość wysterowania wentylacji a drugie to podgląd bieżącego stanu.

Poprzez przycisk ON możliwe jest podniesienie kłapy oraz uruchomienie wentylacji. Jeżeli użytkownik zdecyduje się na zamknięcie kłapy wystarczy naciśnięcie przycisku OFF. Status obydwu kłap wizualizowany jest przez dwa komponenty: „LEFT FLAP” oraz „RIGHT FLAP”. Poprzez podświetlenie na jasnoniebieski kolor sygnalizowana jest pozycja zamknięta, natomiast jasnozielony wskazuje na otwarcie kłapy. Działanie wentylatora przedstawia komponent „VENTILATION STATUS”. Dzięki niemu użytkownik wie czy wentylator pracuje czy nie.

Poniższa ilustracja ukazuje wygląd zakładki.



Rysunek 50. Zakładka "Wentylacja"

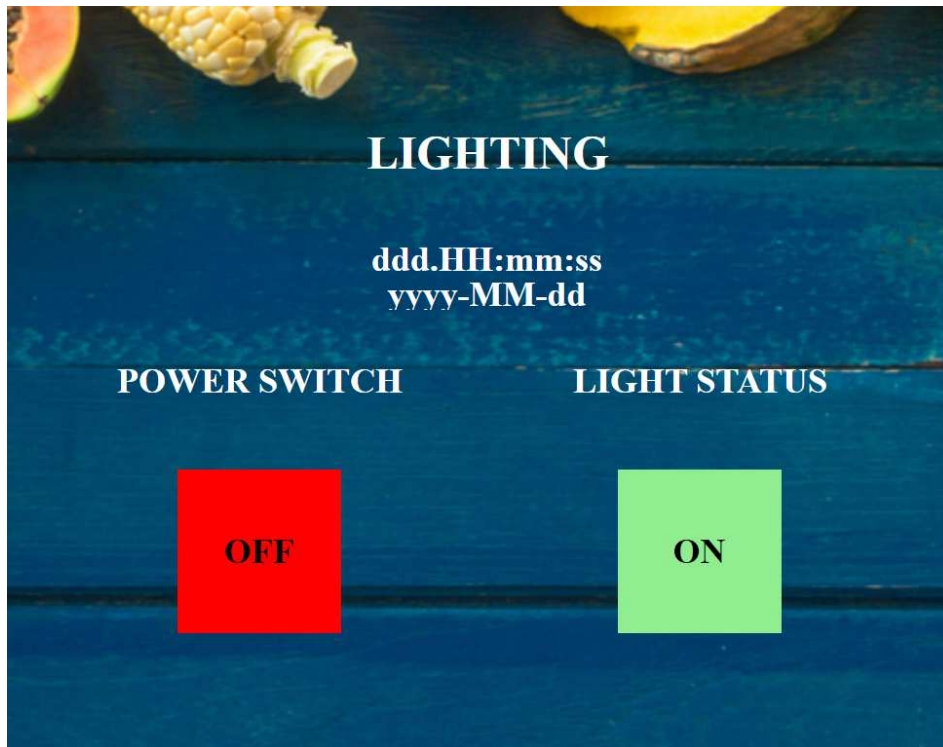
Źródło: Opracowanie własne

## 7.5 Oświetlenie

Zakładka z oświetleniem ma dwa cele: wizualizacja bieżącego stanu oświetlenia oraz możliwość jego zdalnego uruchomienia. Jeżeli użytkownik zechce uruchomić oświetlenie wystarczy kliknąć w komponent „POWER SWITH”. Dzięki niemu możliwe jest ręczne włączenie oświetlenia oraz sprawdzenie czy jest ono wysterowane.

„LIGHT STATUS” sygnalizuje obecny stan oświetlenia. Podobnie jak przy innych komponentach tego typu. Zielony kolor wskazuje na aktywne oświetlenie natomiast czerwony informuje, iż oświetlenie jest wyłączone.





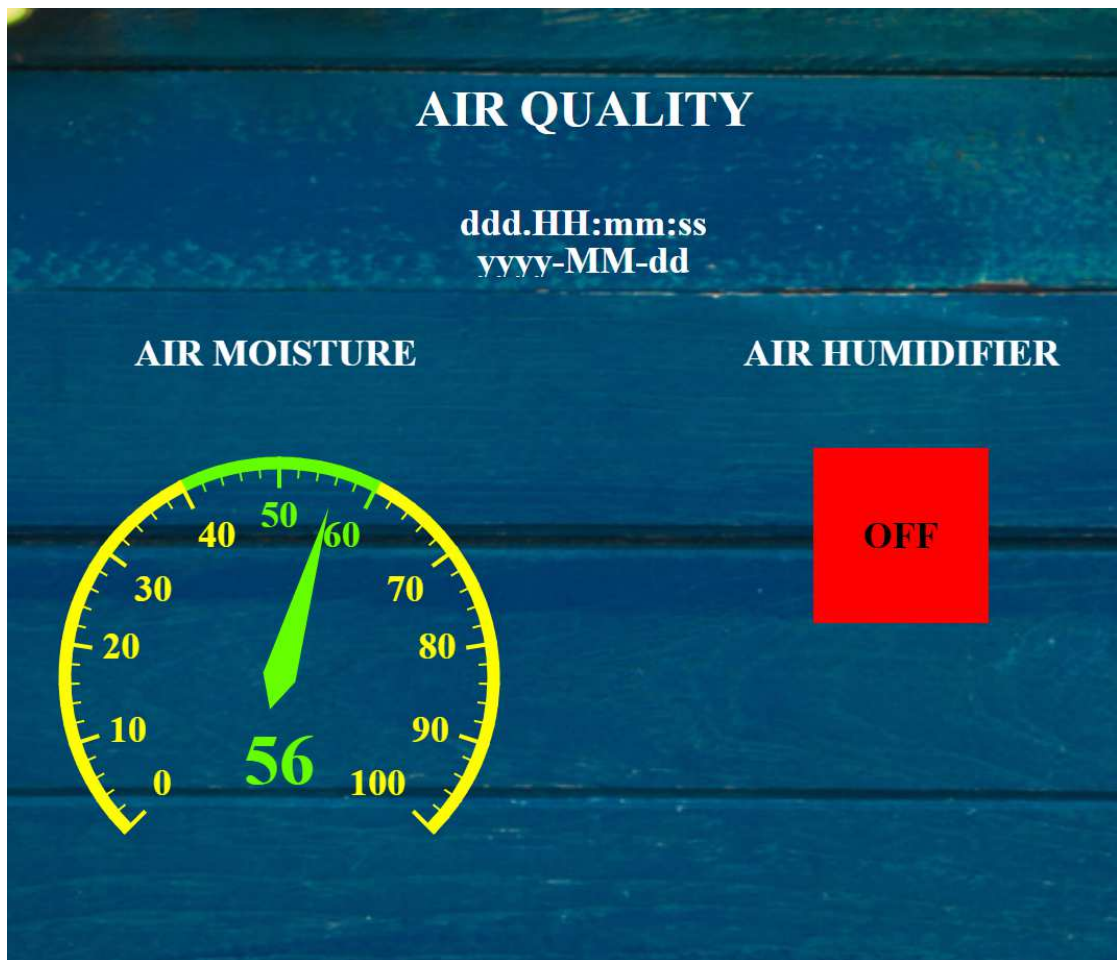
Rysunek 51. Zakładka "Oświetlenie"

Źródło: Opracowanie własne

## 7.6 Jakość powietrza

Ostatnią omawianą zakładką jest „AIR QUALITY”. Dostarcza ona informacji na temat poziomu wilgotności powietrza oraz stanu pracy nawilzacza.

Stan wilgotności przedstawiony jest poprzez wskaźnik analogowy. W przypadku, gdy poziom wilgotności spadnie poniżej 40% to włączy się nawilżacz w celu podniesienia poziomu nawilżenia do 60% (maximum). Natomiast gdy okaże się, iż nawilżenie jest ponad górną granicą wtedy zostanie uruchomiona wentylacja.



Rysunek 52. Zakładka "Jakość powietrza"

Źródło: Opracowanie własne

## 8 Dalszy rozwój projektu

Zaprezentowane w projekcie rozwiązanie jest jedynie prostym przykładem automatyzacji szklarni, która posiada niezwykle obszerną możliwość dalszej rozbudowy. w tym rozdziale omówię kilka przykładowych rozwiązań które zasługują na uwagę lecz oczywiście nie są to wszystkie modyfikacje.

### 8.1 Zasilanie szklarni z paneli fotowoltaicznych

W zaprezentowanym projekcie za główne zasilanie szklarni posłużyło napięcie 230VAC. Jest to najprostsze rozwiązanie, które w większości przypadków jest możliwe do zastosowania. Patrząc obiektywnie szklarnia może poradzić sobie bez zasilania sieciowego. w tym przypadku konieczne jest zastosowanie alternatywnych źródeł energii w postaci paneli fotowoltaicznych, czy małych agregatów wiatrowych. Obecnie technologia fotowoltaiczna w bardzo szybkim tempie się rozwija co sprawia, że panele wykazują lepszą sprawność i mają dłuższą żywotność.

Szklarnia w przedstawionym projekcie posiada niewielkie zapotrzebowanie na moc. Przy maksymalnym zużyciu pochłania ona 276W. Dla tak niewielkiej mocy można wykorzystać pojedynczy panel fotowoltaiczny i podczas dnia nie pobierać prądu z sieci. Kiedy czujnik zmierzchu wystawiłby sygnał o zmroku układ przełączyłby się na zasilanie z sieci. Możliwe jest również zastosowanie większego ogniwa, które dodatkowo umożliwiłoby ładowanie ogniw baterii. Takie rozwiązanie pozwoliłoby na dodatkowe gromadzenie energii w akumulatorach. W tym przypadku gdy czujnik zmierzchu wystawiłby sygnał, układ przełączyłby się na zasilanie bateryjne. System zasilany byłby tak długo aż bateria nie osiągnęłaby minimalnego napięcia. Po rozpoznaniu takiej sytuacji, system automatycznie przełączyłby się na zasilanie z sieci.

### 8.2 Czujnik pogody

Dla większego zabezpieczenia szklarni niezbędne jest zastosowanie czujnika, który dostarczałby dodatkowych informacji o stanie pogody takich jak: prędkość wiatru, występowanie opadów, temperatura zewnętrzna. Te wszystkie informacje pozwoliłyby lepiej zarządzać wymianą masy powietrza. Przykładowo przy zbyt dużej prędkości wiatru system nie zezwoliłby na otwarcie klap wentylacyjnych. Podobna sytuacja miałaby miejsce jeżeli występowałyby opady deszczu. Wtedy klapa zostałaby lekko uchylona uniemożliwiając dostanie się wody do środka.



### **8.3 Monitorowanie jakości powietrza przez czujnik CO2**

Dla pełnej współpracy z systemem pogodowym niezbędne jest jeszcze monitorowanie stanu stężenia dwutlenku węgla wewnątrz szklarni. Pozwoli to na precyzyjną wymianę powietrza tylko wtedy gdy jest to niezbędne. Okresowa wentylacja mogłaby zostać całkowicie pominięta.

### **8.4 Automatyczne napełnianie zbiornika wody**

Obecnie jedyną czynnością jaka jest konieczna do wykonania przez użytkownika to cykliczne uzupełnianie wody w zbiorniku. Również ten aspekt jest możliwy do automatyzacji czyniąc szklarnie całkowicie bezobsługową. w tym przypadku konieczna jest modyfikacja mechaniczna zbiornika wody, która wymaga doprowadzania zasilania w bieżącą wodę z elektrozaworem oraz dławikiem ciśnieniowym. Po osiągnięciu minimalnego poziomu wody w zbiorniku sterownik automatycznie otwierałby zawór aż do momentu osiągnięcia pełnego poziomu cieczy.

### **8.5 Diagnostyka oraz powiadomienia SMS**

Człowiek nie zaprojektował jeszcze żadnej maszyny która nie uległaby awarii. Również prezentowany system może takowej ulec. W tym przypadku konieczna jest analiza procesów oraz funkcji układu i wyselekcjonowanie możliwych awarii oraz stanów nieprawidłowych.

Zakładając scenariusz o wystąpieniu takiej sytuacji użytkownik w aplikacji mógłby dostawać swojego rodzaju powiadomienia. Innym sposobem może być zastosowanie odpowiedniego modułu GSM, który po wystąpieniu danego sygnału wysłałby wiadomość tekstową do użytkownika.

### **8.6 System przeciwpożarowy (bezpieczeństwo funkcjonalne)**

Jak w każdym pomieszczeniu tak i w szklarni może dojść do pożaru, który może doprowadzić do strat materialnych jak i uszczerbku na zdrowiu czy też życiu. W tym celu konieczne byłoby zastosowanie systemu bezpieczeństwa przeciwpożarowego. Zadanie tego układu polegałoby na ciągłym monitorowaniu poprzez odpowiednie czujniki pożarowe. Jeżeli wystąpiłoby zagrożenie to użytkownik zostanie poinformowany poprzez aplikację diagnostyczną lub wiadomość SMS. Następnie system musiałby wykonać sekwencję zadań. Pierwszym z nich jest uruchomienie systemu gaszenia, który składałby się ze zbiornika z czynnikiem gaszącym (woda lub gaz) oraz dysz rozpraszających. Równoległe jeżeli klapy wentylacyjne byłyby otwarte sterownik zacznie proces opuszczania. Po upewnieniu się przez system, że zbiornik został opróżniony oraz klapy opuszczone, sterownik błyskawicznie



odłączyłby główne zasilanie szklarni. Tak podjęte działania zminimalizowałyby ryzyko związane z pożarem.

Aby taka instalacja była bezpieczna konieczne jest przeprowadzenie analizy bezpieczeństwa, która pozwoliłaby na określenie odpowiedniego poziomu SIL. Wspomniana analiza pomogłaby na określenie nie tylko zagrożenia pożarowego ale i również innych, które nie zostały w tym momencie przytoczone.

## 8.7 Cyberbezpieczeństwo układu

Ostatnim i niezwykle rozwojowym tematem jest cyberbezpieczeństwo. W przypadku zabezpieczenia projektowanego systemu zostało wykorzystane logowanie użytkownika za pomocą loginu i hasła. Daje to podstawową ochronę przed niechcianym uwierzytelnieniem. Zastosowane hasło co prawda spełnia warunki długości oraz różnorodności znaków, jednak istnieje prawdopodobieństwo jego złamania. W przypadku urządzeń IoT trzeba podczas projektowania systemu zadać sobie proste pytanie – co może się stać w przypadku nieuprawnionego włamania? W przypadku projektowanego systemu możliwe jest wysterowanie odpowiednich aktuatorów, jednak program PLC jest zabezpieczony przed niepoprawnym działaniem użytkownika (zakładam, że oprogramowanie nie zostanie zmienione). W tym przypadku potencjalnie skutki mogą być niewielkie. Lecz co jeżeli zostanie naruszony przykładowo system sterowania TCMS (Train Control and Monitoring System) pojazdu szynowego? Skutki mogą być katastrofalne gdzie w wyniku tragedii kolejowej może zginąć wiele osób.

Przejęcie kontroli jest jednym aspektem, innym jest szpiegostwo i gromadzenie danych. Patrząc z perspektywy projektowanego systemu, w przypadku włamania powszechna staje się możliwość gromadzenia danych o systemie. Jeżeli projektowany układ byłby wielkiej skali dane o stanie uprawy w szklarni mogłyby stać się bardzo cennym źródłem informacji dla konkurencji.

Analizując wykonaną szklarnię możliwe jest przeniesienie systemu chmurowego bezpośrednio na serwer sterownika PLC oraz tak zaprojektować sieć LAN aby fizyczny dostęp do sieci był utrudniony. Stwarza to niedogodność sieci lokalnej, nie podłączonej do internetu. Kolejnym etapem rozbudowy układu powinno być zwiększenie progu trudności uwierzytelnienia np. poprzez skanowanie odcisków palców grupy wybranych osób.

W powyższym punkcie zostały poruszone problemy bardzo powierzchownie i należy pamiętać, że temat cyberbezpieczeństwa jest niezwykle rozległy i mógłby stanowić



podwaliny niejednej pracy naukowej. Jednakże uznałem, że poruszenie tego tematu choć w kilku paragrafach będzie niezwykle istotne.



## 9 Podsumowanie

Analizując podstawowe założenia projektowe udało się w sposób rzetelny zaprojektować po czym wykonać w pełni działającą szklarnię. Następnie przeprowadzone testy ukazały żywy obraz funkcjonowania układu. Analizując obecny stan projektu można z pełną stanowczością powiedzieć, że cel został wykonany. Dalszy rozwój szklarni pozostawia bardzo szerokie pole innowacji jakie można zastosować w przyszłości lub w nowych projektach.

W tym miejscu należy zadać sobie pytanie czy wprowadzenie takich systemów ma sens. Odpowiedź brzmi: to zależy. Aby dokładnie odpowiedzieć na to pytanie konieczne jest przeprowadzenie krótkiej analizy. Zakładając, że wykonana szklarnia będzie spełniać swoje zadanie (tzn. obniżać czas wegetacji oraz zmniejszać ilość wykonywanej pracy/zasobów przez właściciela), to niwelując omawiane we wstępie problemy w ich miejsce pojawiają się nowe.

Pierwszym z nich to skala projektu. W przypadku małej szklarni dla zapewnienia przydomowej produkcji roślin koszt takiej inwestycji może wynieść kilkanaście tysięcy złotych. Omawiane koszty nie uwzględniają pracy, która dodatkowo zwiększa koszty inwestycji. Tak mała szklarnia może pozwolić na sezonowe cieszenie się plonami tylko na własne potrzeby bez przychodu ze sprzedaży. Taki przypadek rodzi znaczną obawę w sensowność prowadzenia takiej działalności. Oczywiście pewnie znajdą się gospodarstwa domowe, które zechciałyby zainwestować środki pieniężne w taką inwestycję. Inaczej sprawa ma się w przypadku dużych obiektów. Dla takich inwestycji koszt wykonania inteligentnego systemu przyniesie same korzyści. Po pierwsze umożliwi zmniejszenie ilości zatrudnionych osób w firmie wykonujących proste prace takie jak: podlewanie, przewietrzanie itd. Jednakże wymagane będzie zatrudnienie osoby technicznej do naprawiania usterek, które na pewno się pojawią lub do skorzystania z serwisu producenta systemu.

Kolejnym problemem jaki rodzi się w przypadku nowoczesnych szklarni to usterkowość. Ten problem tyczy się jednak wszystkich producentów urządzeń. Mądre projektowanie układu wraz ze zwiększonym doświadczeniem zdobywanym z kolejnymi projektami pozwoli na zminimalizowanie tego czynnika. Idąc dalej firma świadcząca usługi projektowe mając największą wiedzę o swoich systemach mogłaby rozszerzyć swoją działalność o serwis gwarancyjny czy pogwarancyjny. Taka strategia pozwoli zwiększyć zaufanie do produktów w przypadku okresu gwarancyjnego co może zwiększyć ilość potencjalnych klientów. Serwis pogwarancyjny natomiast pozwoli na dodatkowe źródło przychodu w postaci otrzymywanych



zleceń. Następnym krokiem może być nawiązanie współpracy z firmami oferującymi produkty jakie byłyby niezbędne do prowadzenia szklarni (np. nawozy naturalne). Taki model biznesowy pozwoli na uzyskanie przychodów z marży oraz zacieśnienia współpracy z firmami partnerskimi. Jak widać na pierwszy rzut oka odpowiednie podejście do problemu może go zminimalizować oraz dodatkowo otworzyć nowe potencjalne możliwości rozwoju dla firmy.

Analizując polski rynek firm świadczących podobne usługi można stwierdzić, że jest ich niewiele. Jednakże Państwa Europy Zachodniej mocno wspierające zieloną energię oraz proekologiczne nurty polityczne, wywierają coraz większy wpływ na modernizację rolnictwa. Dlatego moim zdaniem dalsza transformacja związana z przemysłem 4.0 znacznie zwiększy rozwój trendu automatyzacji również sektora rolnictwa co pozwoli na powstawanie firm świadczących podobne usługi jakie przedstawia projekt. Jednakże dokładne oszacowanie przyszłości jest niemożliwe, lecz baczna obserwacja obecnej sytuacji daje bardzo duże przypuszczenia na ziszczenie omawianego scenariusza.

Jak widać rozwiązywanie jednych problemów rodzi szereg nowych. Jednak nie należy uważać, że jest to praca daremna ponieważ pozwala ona dążyć do perfekcji. Czy kiedyś uda się ją uzyskać? Tego nie wie nikt. Czy warto było podjąć się projektu i pozyskać nowe doświadczenia i kompetencje? Zdecydowanie tak!





## Bibliografia

### Książki:

1. Szmidt-Jaworska, A., Kopcewicz. J. (2020). Fizjologia roślin. Wydawnictwo naukowe PWN.
2. Bross-Burkhardt, B. (2020). Bioogród, Uprawa roślin w zgodzie z naturą. Wydawnictwo: Publicat.
3. Knaflewski, M. (2010) Uprawa warzyw w pomieszczeniach. Powszechnie Wydawnictwo rolnicze i Leśne.
4. Gajek, A.; Juda, Z. (2011). Czujniki. Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.
5. Bolkowski, S. (2015). Elektrotechnika. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne
6. Kołodziejczyk, S. (2016). Instalacje elektryczne. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.
7. Nowakowski, W. (2006). LOGO! w praktyce. Wydawnictwo: BTC.
8. Horowitz, P.; Hill, W. (2014). Sztuka elektroniki. Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności

### Strony internetowe:

1. Wikipedia. (2022). Układ regulacji ze sprzężeniem zwrotnym. Pobrano 1 stycznia 2022, z [https://pl.wikipedia.org/wiki/Uk%C5%82ad\\_regulacji\\_\(automatyka\)#/media/Plik:Uk%C5%82ad\\_regulacji.png](https://pl.wikipedia.org/wiki/Uk%C5%82ad_regulacji_(automatyka)#/media/Plik:Uk%C5%82ad_regulacji.png)
2. Wikipedia. (2022). Hierarchia potrzeb. Pobrano 1 stycznia 2022, z [https://pl.wikipedia.org/wiki/Hierarchia\\_potrzeb](https://pl.wikipedia.org/wiki/Hierarchia_potrzeb)
3. Wikipedia. (2022). Moduł Peltiera. Pobrano 1 stycznia 2022, z [https://pl.wikipedia.org/wiki/Modu%C5%82\\_Peltiera](https://pl.wikipedia.org/wiki/Modu%C5%82_Peltiera)
4. Wikipedia. (2022). Dioda elektroluminescencyjna. Pobrano 1 stycznia 2022, z [https://pl.wikipedia.org/wiki/Dioda\\_elektroluminescencyjna](https://pl.wikipedia.org/wiki/Dioda_elektroluminescencyjna)
5. Wikipedia. (2022). Regulator PID. Pobrano 1 stycznia 2022, z [https://pl.wikipedia.org/wiki/Regulator\\_PID](https://pl.wikipedia.org/wiki/Regulator_PID)
6. Wikipedia. (2022). Regulator P. Pobrano 1 stycznia 2022, z [https://pl.wikipedia.org/wiki/Regulator\\_P](https://pl.wikipedia.org/wiki/Regulator_P)



7. PlantsForHumans. (2022). Wilgotność względna. Pobrano 1 stycznia 2022,  
z <https://plantsforhumans.com/blogs/z-milosci-do-roslin/wilgotnosc-powietrza>
8. Siemens (2022) Baza dokumentacji technicznej. Pobrano 1 stycznia 2022,  
z <https://www.automation.siemens.com/bilddb/index.aspx>
9. Zasilacze (2022). MEAN WELL. Pobrano 1 stycznia 2022,  
z <https://www.meanwell.com/productSearch.aspx>
10. Siłowniki kłapy (2022). GoMotorWorld. Pobrano 1 stycznia 2022,  
z [http://www.gomotorworld.com/pd?product\\_id=64](http://www.gomotorworld.com/pd?product_id=64)
11. Czujnik wilgotności gleby (2022) Pino-Tech. Pobrano 1 stycznia 2022, z <https://pino-tech.eu/product/soilwatch-10/>
12. Czujnik temperatury i wilgoci (2022) ROPAM. Pobrano 1 stycznia 2022,  
z <https://ropam.com.pl/product/rht-2h/>
13. Wyłącznik krańcowy (2022) tesensors. Pobrano 1 stycznia 2022,  
z <https://tesensors.com/global/en/product/reference/XCKN2145P20>
14. Czujnik pływakowy (2022) Carlo Gavazzi. Pobrano 1 stycznia 2022,  
z <https://gavazziautomation.com/nsc/HQ/EN>

## Spis ilustracji:

<i>Rysunek 1. Układ regulacji ze sprzężeniem zwrotnym</i> .....	5
<i>Rysunek 2. Wilgotność względna</i> .....	11
<i>Rysunek 3. Sterownik LOGO</i> .....	13
<i>Rysunek 4. Rysunek sterownika LOGO</i> .....	14
<i>Rysunek 5. Czujnik ROPAM RHT-2H</i> .....	16
<i>Rysunek 6. Pino-Tech SoilWatch 10</i> .....	18
<i>Rysunek 7. Czujnik poziomu cieczy</i> .....	20
<i>Rysunek 8. Wyłącznik krańcowy monitorujący pozycję kłapy</i> .....	22
<i>Rysunek 9. Zasada działania ogniwa Peltiera</i> .....	24
<i>Rysunek 10. ogniwo Peltiera wraz z radiatorem oraz wentylatorem</i> .....	25
<i>Rysunek 11. Pasek LED</i> .....	27
<i>Rysunek 12. Siłownik elektryczny</i> .....	28
<i>Rysunek 13. Moduł wejść analogowych</i> .....	30
<i>Rysunek 14. Moduł wejść/wyjść cyfrowych</i> .....	31
<i>Rysunek 15. Zasilacz 24V firmy SIEMENS</i> .....	32



<i>Rysunek 16. Zasilacz 12V firmy MEAN WELL</i> .....	33
<i>Rysunek 17. Zasilacz 5V firmy MEAN WELL</i> .....	34
<i>Rysunek 18. Arkusz nr. 1 – Zasilanie</i> .....	35
<i>Rysunek 19. Arkusz nr. 2 – Zasilacze</i> .....	36
<i>Rysunek 20. Czujnik temperatury i wilgotności</i> .....	37
<i>Rysunek 21. Arkusz nr. 4 – Sterownik PLC</i> .....	38
<i>Rysunek 22. Arkusz nr. 5 – Sygnały wejściowe</i> .....	39
<i>Rysunek 23. Elementy wykonawcze chłodzenia</i> .....	40
<i>Rysunek 24. Siłownik</i> .....	41
<i>Rysunek 25. Arkusz nr. 6 – Elementy wykonawcze</i> .....	41
<i>Rysunek 26. Algorytm utrzymywania wilgotności gleby</i> .....	42
<i>Rysunek 27. Algorytm regulacji temperatury</i> .....	44
<i>Rysunek 28. Algorytm sterowania wentylacją</i> .....	45
<i>Rysunek 29. Fragment programu ukazujący sterowanie wentylacją</i> .....	47
<i>Rysunek 30. Sekwencja wewnętrznego obiegu powietrza</i> .....	48
<i>Rysunek 31. Algorytm sterowania oświetleniem</i> .....	49
<i>Rysunek 32 Algorytm sterowania wilgotnością powietrza</i> .....	50
<i>Rysunek 33. Podstawa szafy sterowniczej</i> .....	51
<i>Rysunek 34. Zabudowa komponentów szafy</i> .....	52
<i>Rysunek 35. Zabudowa czujników pływakowych w zbiorniku</i> .....	53
<i>Rysunek 36. Zabudowa komponentów we wnętrzu szklarni</i> .....	54
<i>Rysunek 37. Gotowa szklarnia</i> .....	55
<i>Rysunek 38. Pomiar napięcia na bezpieczniku</i> .....	57
<i>Rysunek 39. Pomiar napięcia na wejściu zasilaczy</i> .....	57
<i>Rysunek 40. Pomiar napięcia na stykach przekaźnika JC-K01</i> .....	58
<i>Rysunek 41. Pomiar napięcia wyjściowego zasilaczy</i> .....	58
<i>Rysunek 42. Pomiar zasilania czujników cyfrowych</i> .....	59
<i>Rysunek 43. Pomiar zasilania na stykach roboczych przekaźników</i> .....	59
<i>Rysunek 44. Pomiar zasilania czujnika temperatury</i> .....	59
<i>Rysunek 45. Pomiar zasilania czujnika wilgotności</i> .....	60
<i>Rysunek 46. Włączone oświetlenie podczas zmroku</i> .....	63
<i>Rysunek 47. Okno logowania</i> .....	64
<i>Rysunek 48. Zakładka główna</i> .....	65
<i>Rysunek 49. Zakładka "Podlewanie"</i> .....	67



<i>Rysunek 50. Zakładka "Wentylacja" .....</i>	<b>68</b>
<i>Rysunek 51. Zakładka "Oświetlenie" .....</i>	<b>69</b>
<i>Rysunek 52. Zakładka "Jakość powietrza" .....</i>	<b>70</b>

### **Spis tabel:**

Tabela 1 .....	15
Tabela 2.....	17
Tabela 3.....	18
Tabela 4.....	19
Tabela 5.....	21
Tabela 6.....	22
Tabela 7.....	24
Tabela 8.....	26
Tabela 9.....	28
Tabela 10.....	29

### **Spis załączników:**

Załącznik nr 1 - Schemat ideowy

Załącznik nr 2 - Program sterownika PLC

