

DYNAMIC LIGHT—TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

WP3 - DELIVERABLE D.T3.1.4

Koncepcja inteligentnego oświetlenia na terenie
Gminy i Miasta Lwówek Śląski- ulica Nowy Świat

Planning of an intelligent light concept
in the Municipality and Town of Lwówek Śląski,
Poland- Nowy Świat Street

Autor/Author

Mgr inż. Marek Onichimiuk

Mgr inż. Marian Wygoda

05/2019





SPIS TREŚCI

SUMMARY

WPROWADZENIE

1. CELE DZIAŁANIA PILOTOWEGO	5
2. WYMAGANIA DOTYCZĄCE OŚWIETLENIA	6
3. CHARAKTERYSTYKA PLANOWANEGO OŚWIETLENIA	11
3.1. Stan istniejący	11
3.2. Dynamiczne sterowanie oświetleniem	12
4. DYNAMICZNE ZMIANY CECH OŚWIETLENIA	15
4.1. Zakres wykrywania ruchu	15
4.2. Zakres oświetlania	16
4.3. Oznaczenie opraw oświetleniowych	20
4.4. Oznaczenie detektorów ruchu	21
4.5. Obszar skanowania ruchu	21
4.6. Opis działania	23
4.6.1. Stan bez ruchu	23
4.6.2. Ruch wolny	23
4.6.3. Ruch szybki	24
4.6.4. Ruch na parkingu	25
4.6.5. Funkcjonowanie	25
4.6.6. Przykładowy funkcjonowania	28
4.7. Algorytm	28
5. WYBÓR TECHNOLOGII OŚWIETLENIOWEJ I SYSTEMÓW STEROWANIA OŚWIETLENIEM ...	31
5.1. Sterownik centralny	31
5.2. Sensory i elementy wykonawcze	34
5.3. Obliczenia	37
5.3.1. Zapotrzebowanie mocy i dobór zabezpieczeń	37
6. ANALIZA EKONOMICZNA ZASTOSOWANYCH ROZWIĄZAŃ	41
7. OCZEKIWANE REZULTATY	49

PODSUMOWANIE

ZAŁĄCZNIKI

- ZAŁĄCZNIK 1** Przykładowe sekwencje włączenia i wyłączenia opraw oświetleniowych w zależności od wzbudzenia poszczególnych detektorów ruchu, dla ulicy Nowy Świat
- ZAŁĄCZNIK 2** Algorytm sterowania oświetleniem ulicy Nowy Świat
- ZAŁĄCZNIK 3** Analiza opłacalności inwestycji



SUMMARY

This document presents a concept of an intelligent lighting pilot project in the Municipality and Town of Lwówek Śląski, at Nowy Świat Street. The preparation of the concept was preceded by an analysis of the current state of lighting and the amount of energy currently used for its power supply. Requirements for public lighting in the pilot location were also determined and innovative solutions including elements of the dynamic lighting control system were proposed. The document was developed as part of the project "DYNAMIC LIGHT - Towards Dynamic, Intelligent and Energy Efficient Urban Lighting". The project was financed under the INTERREG Central Europe program from the European Regional Development Fund.

Pilot project objectives

Nowy Świat Street is a local road. It is used by employees of the companies located along the street and inhabitants of the neighboring single and multi-family buildings. It is not a transit road connecting other important communication routes. A significant increase in traffic occurs when work shifts in the largest company change. It is mostly the movement of vehicles belonging to employees arriving to or leaving the company. There is no significantly increased pedestrian traffic. Workers walk only from the company gate to their cars parked at the street. As demonstrated by on-site observations, occasional pedestrian or car traffic, not related to business hours, is 1 person/car per hour and takes place from or to places of residence. After 22:30, when the last employees of the second shift ending at 22:00 leave the company, traffic in Nowy Świat Street is very sporadic. The low number of street users at night seems to justify a need for energy-efficient and dynamic lighting in this area, in order to reduce lighting, when there are no users and increase its intensity when someone appears at the street. Apart from reducing energy use and increasing efficiency of public lighting, the objectives of the pilot dynamic lighting system are to:

- create an opportunity to walk, drive or cycle along the street at night accompanied by the maximum recommended level of lighting while saving energy at periods of time when there is no people or vehicles passing,
- reduce the effects of light pollution on birds and small animals that stay in the rural area near the street,
- test and validate effects of the proposed dynamic lighting system, looking to add more control and efficiency to the public lighting network in other areas within the town of Lwówek Śląski.

Dynamic lighting features

In 2017, the Nowy Świat street was reconstructed. At present, the lighting includes 22 galvanized steel poles with twenty single-arm and two double-arm booms. 106 W LED luminaries are mounted on the booms. The lighting is powered from a lighting cabinet located at Płakowicka Street and controlled with use of an astronomical clock. The lighting concept proposes to keep the existing astronomical clock and supplement it with a dynamic component. Therefore, it is assumed that the designed dynamic lighting system should enable:

- superior manual switching on and off of the lighting installation,



- controlling the switching on and off by the astronomical clock,
- automatic control of lighting levels, independently for each luminaire,
- traffic detection necessary for automatic lighting control.

The basic solution assumes that the system of dynamic lighting control will consist of a central controller, motion detection sensors, and power controllers for the lighting fixtures. In addition, the system must ensure transmission of control signals between the sensors and the central controller as well as the central controller and power controllers of the light sources.

In the initial state, after switching on the lights after dark, two luminaires at both ends of the street operate at full power. The other luminaires are set to 20% of the lighting power. When a moving person or vehicle appears within a detection range of a motion detector, a signal from this detector induces lighting to full power. In the case of slow traffic up to 40 km/h, the luminaires closest to the sensor's detection field are activated. In the case of traffic above 40km/h, two luminaires in front of the detection field and two luminaires behind the detection field are activated. After the motion ceases, the luminaire maintains at its full power for at least 2 minutes what is important in the case of a temporary stoppage of a person or vehicle. After this time, for a period of 40 seconds, the luminaire gradually dims down to 20% of the lighting power. The control system enables automatic activation of luminaries at any place along the street where traffic is detected.

In order to ensure proper light, the detection field should cover an area equal to at least a width of the road together with a sidewalk and a parking lane and a length equal to the distance between neighbouring lighting poles. The width of the Nowy Świat street in the southern part is 9 m, and in the northern part - 7.5 m. The distance between the poles varies from 26m to 32m. It is assumed that the minimum distance in the direction of scanning by a single sensor should be twice the distance between lighting columns, i.e. more than 54 m. There should be 20 sensors installed, one on each pole and additionally 2 sensors monitoring the parking lot.. This gives a total of 22 sensors. The neighbouring sensors will have their beams directed in opposite directions. As a motion detector a radar (microwave) sensor is selected due to its large range of detection, even 50 m. It is assumed that the width of the scanning beam will be $\alpha = 20^\circ$ horizontally and $\beta = 18^\circ$ vertically and that the sensor will be installed on the streetlight pole at a height of 4m.

Dynamic lighting equipment and its costs

Luminaires

No.	Description	Costs PLN	Remarks
1	Luminaire	0	Existing
2	Power controller	210	
3	Signal converter/ DALI	171	
4	Bus converter/DALI (access node)	424	
		805	Sum
		22	Amount
		17710	Total

Motion sensors

No.	Description	Costs PLN	Remarks
1	Bus converter/DALI (access node)	0	In the luminaires
2	Signal converter/ DALI	100	



3	Sensor	435	
		535	Sum
		21	Amount
		11235	Total

Central controller

No.	Description	Costs PLN	Remarks
1	Controller	2000	
2	24VDC power supply	100	
3	Overcurrent breaker	100	
4	DALI interface power supply	340	
5	DALI / bus converter (access node)	424	
6	Temperature stabilizer	0	
7	Housing	0	Existing
		2964	Sum
		1	Amount
		2964	Total

Total investment costs

Labour

No.	Description	Costs PLN	Remarks
1	Installation of equipment on the poles	2175	
2	Installation of equipment in the cabinet	968	
3	Software installation	5313	
		8456	Sum
4	Travel costs	2950	
		11406	Total

Costs of services and equipment rental

1	Costs of services and equipment rental	6878	
		6878	Total

Equipment

1	Luminaires	17710	
2	Motion sensors	11235	
3	Central controller	2964	
		31909	Total

Total construction costs

1	Labour	PLN 8456	
2	Services	PLN 6878	
3	Travel costs	PLN 2950	
4	Equipment	PLN 31909	
		PLN 50193	Sum
5		PLN 5019	Design (10%)
6		PLN 10038	Margin (20%)
		PLN 65250	Total

Effects

The proposed solution enables:

- increasing lighting efficiency by reducing energy consumption (by reducing the intensity of light when there are no users),
- improving the comfort of users staying after dark in Nowy Świat Street (by increasing the intensity of light when motion is detected),
- reduction of CO₂ emissions by reducing the demand for electricity,
- presenting technical possibilities of new lighting solutions,
- indicating a need to limit light pollution by reducing the intensity of light and its proper installation, while maintaining comfort and safety of users and efficiency of lighting.

The developed concept of dynamic lighting at Nowy Świat street shows that after implementing this solution, it will be possible to save 6877 kWh/year.

WPROWADZENIE

W niniejszym dokumencie przedstawiono koncepcję zastosowania inteligentnego oświetlenia na terenie Gminy i Miasta Lwówek Śląski, dla ulicy Nowy Świat. Przygotowanie koncepcji zostało poprzedzone analizą obecnego stanu oświetlenia oraz ilości energii aktualnie zużywanej na potrzeby jego zasilania. Określono również oczekiwania wobec oświetlenia publicznego dla miejsca realizacji pilotażowego projektu oraz zaproponowano innowacyjne rozwiązania zawierające elementy dynamicznego systemu sterowania oświetleniem.

W 2017 roku dokonana została przebudowa ulicy Nowy Świat. Zakres robót budowlanych obejmował wykonanie nawierzchni bitumicznej jezdni wraz z chodnikiem, zjazdami, miejscami postojowymi i ich odwodnieniem oraz budowę sieci oświetlenia ulicznego. W chwili obecnej oświetlenie obejmuje 22 ocynkowane słupy stalowe z dwudziestoma wysięgnikami jednoramiennymi i dwoma dwuramiennymi. Na wysięgnikach zamontowano lampy typu LED. Oświetlenie ulicy Nowy Świat zasilane jest ze skrzynki oświetleniowej położonej na ulicy Płakowickiej.

W ramach niniejszego opracowania podjęto próbę stworzenia koncepcji dynamicznego sterowania oświetleniem na ulicy Nowy Świat, uwzględniającego proces dostosowywania natężenia światła w zależności od potrzeb związanych z obecnością użytkowników na tej ulicy- zwiększanie natężenia światła oraz jego ograniczania, gdy brak jest tych użytkowników.

Niniejszy dokument został opracowany w ramach realizacji projektu „DYNAMIC LIGHT - w kierunku inteligentnego i energooszczędnego oświetlenia miejskiego” (“Dynamic Light – Towards Dynamic, Intelligent and Energy Efficient Urban Lighting”). Projekt finansowany był w ramach programu INTERREG Europa Środkowa, ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

1. CELE DZIAŁANIA PILOTOWEGO

W obrębie ulicy Nowy Świat zlokalizowane są obiekty przemysłowe, które obejmują przede wszystkim teren po jej zachodniej stronie. Znajduje się tutaj duża firma produkcyjna o nazwie ART-Płakowice,



zatrudniająca ponad 300 osób. Wzdłuż ulicy usytuowana jest również wypożyczalnia maszyn i sprzętu ciężkiego o nazwie Grupa MTG. Ponadto, przy ulicy Nowy Świat zlokalizowane są dwa jednorodzinne budynki mieszkalne i jeden czterokondygnacyjny blok położony na północnym jej krańcu. Tereny rekreacyjne znajdują się przy północno-zachodniej części ulicy. Są to boiska sportowe należące do zespołu szkół, do którego wejście główne jest przy sąsiedniej ulicy. Boiska te są ogrodzone od strony ulicy Nowy Świat, niemniej jednak można wejść na ich teren przez "dziką" furtkę. Resztę stanowią tereny zielone- pola, łąki i tereny zalesione.

Ulica Nowy Świat ma charakter drogi lokalnej. Poruszają się po niej przede wszystkim pracownicy zlokalizowanych wzdłuż niej firm oraz mieszkańcy okolicznych budynków jedno i wielorodzinnych. Nie ma ona również cech drogi przelotowej łączącej ze sobą inne istotne ciągi komunikacyjne. Wyraźne zwiększenie natężenia ruchu następuje wraz z końcem zmiany w zakładach. Przede wszystkim jest to ruch pojazdów należących do pracowników opuszczających zakłady. Nie ma wyraźnie zwiększonego ruchu pieszego pracowników tych zakładów kończących zmianę. Pracownicy przemieszczają się pieszo jedynie od bramy zakładu do zaparkowanych na ulicy aut. Jak wykazały przeprowadzone obserwacje na miejscu, niezwiązany z godzinami pracy firm, okazjonalny ruch pieszy bądź samochodowy, wynosi 1 osoba/samochód na godzinę i odbywa się z lub do miejsca zamieszkania. Po godzinie 22.30, kiedy to ostatni pracownicy drugiej zmiany kończącej się o 22:00 opuszczają zakłady, ruch na ulicy Nowy Świat jest bardzo sporadyczny. Znikoma ilość użytkowników korzystających z tej ulicy nocą wydaje się więc uzasadniać potrzebę wprowadzenia energooszczędnego i dynamicznego oświetlenia na tym terenie, w celu ograniczenia oświetlenia, gdy brak jest użytkowników oraz zwiększenia jego natężenia, gdy z tejże drogi ktoś będzie korzystał.

Propozycja dynamicznego sterowania oświetleniem ulicy Nowy Świat, w tym rozjaśniania i przyciemniania oświetlenia w miarę zbliżania się lub opuszczania obszaru ulicy przez różnych użytkowników, ma przede wszystkim na celu ograniczenie zużycia energii elektrycznej w taki sposób, aby nie ograniczać funkcjonalności jej oświetlenia oraz poczucia komfortu i bezpieczeństwa jej użytkowników.

Oprócz ograniczenia zużycia energii i zwiększenia efektywności oświetlenia publicznego, celem proponowanego pilotażowego systemu oświetlenia dynamicznego jest:

- stworzenie możliwości przemieszczania się po ulicy w nocy pieszo, samochodem lub rowerem przy optymalnym poziomie natężenia oświetlenia oraz jednoczesnego maksymalnego oszczędzania energii w okresach, kiedy na ulicy brak jest ludzi czy pojazdów,
- zmniejszenie emisji dwutlenku węgla wskutek zmniejszenia zużycia energii,
- zmniejszenie zanieczyszczenia światłem i jego skutków dla fauny na obszarach położonych w pobliżu ulicy.

W przypadku realizacji zaproponowanego projektu pilotowego możliwym będzie przetestowanie i weryfikacja efektów działania dynamicznego systemu oświetlenia w celu lepszego opracowania przyszłych koncepcji inteligentnego oświetlenia i zwiększenia wydajności publicznej sieci oświetleniowej w innych obszarach miasta Lwówek Śląski.

2. WYMAGANIA DOTYCZĄCE OŚWIETLENIA

Do najważniejszych zadań iluminacji należy: zapewnienie wszystkim użytkownikom wysokiej jakości oświetlenia całego obszaru drogi, zarówno jezdni, jak i chodnika, pobocza, ścieżki rowerowej itp.;



zagwarantowanie dobrej widoczności, umożliwienie właściwego rozpoznania poruszających się pojazdów, osób, rozróżnienia kształtów i barw, zapewnienie komfortu widzenia, nie powodowania olśnienia (dyskomfortu widzenia spowodowanego zbyt dużą jasnością lub zbyt dużymi kontrastami pomiędzy jasnymi i ciemnymi miejscami) oraz bezpieczeństwa ruchu w strefach konfliktowych.

Oświetlenie powinno być dobierane w sposób racjonalny, powinno być kierowane w miejsca tego wymagające, a także nie powinno irytować i przeszkadzać. Nieracjonalnie stosowane oświetlenie nie tylko wywołuje dyskomfort lub zmniejszenie zdolności postrzegania otoczenia, ale prowadzi także do tzw. zanieczyszczenia światłem mogącego mieć negatywny wpływ na ludzi i zwierzęta, gdyż może ono zaburzać funkcjonowanie zegara biologicznego.

Ponadto instalacja oświetleniowa powinna być energooszczędna. Odpowiednie natężenia światła nie powinno jednocześnie prowadzić do dużego zużycia energii elektrycznej, należy więc stosować rozwiązania nowoczesne i energooszczędne.

Propozycja zastosowania dynamicznego sterowania oświetleniem ulicy Nowy Świat, polegająca na rozjaśnianiu i przyciemnianiu natężenia oświetlenia w miarę zbliżania się lub opuszczania obszaru ulicy przez różnych użytkowników, wiąże z redukcją zużycia energii elektrycznej. Efekt oszczędności energii nie powinien być jednak uzyskiwany poprzez przyciemnienie natężenia oświetlenia w okresach największego nasilenia ruchu na ulicy, gdyż spowoduje to niepożądane obniżenie jakości otoczenia świetlnego. Natomiast w nocy, gdy ruch na ulicy jest ograniczony, można z powodzeniem zredukować natężenie światła i rozjaśniać oświetlenie w momencie, gdy czujniki wykryją ruch.

Ulica Nowy Świat zlokalizowana jest na terenach miejskich, znajdują się tam chodnik dla pieszych i pas do równoległego parkowania aut oraz dodatkowo niewielki parking. Ulica jest dość wąska, w okresach największego natężenia ruchu relatywnie zatłoczona, a ruch ten ma charakter mieszany (samochodowo-pieszny).

Zgodnie z Raportem Technicznym PKN-CEN/TR 13201-1:2016-02 określającym klasy oświetlenia ustanowione w normie EN 13201-2 jest to obszar konfliktowy, ponieważ ruch pieszych i rowerzystów może przecinać trasę samochodów, a tym samym należy zastosować większą klasę oświetleniową C (klasa oświetleniowa obszarów konfliktu). Aby ustalić dokładną klasę oświetlenia, należy skorzystać z Tabeli 2.1 zamieszczonej poniżej.

Dla poszczególnych parametrów uzyskano następujące wartości:

- Prędkość: pomimo że ograniczenie prędkości na ulicy Nowy Świat wynosi 50 km/h, w godzinach największego natężenia ruchu jest on raczej powolny (≤ 40 km/h), co daje odpowiednią wartość wagową -1 ; w godzinach nocnych, kiedy to ruch jest minimalny, pojazdy mogą poruszać się szybciej i wartość wagowa wynosi 0 ;
- Natężenie ruchu: ponieważ w godzinach szczytu natężenie ruchu jest wysokie, ważona wartość wynosi 1 , natomiast w godzinach nocnych wartość ta wynosi -1 , gdyż ruch praktycznie nie występuje;
- Rodzaj ruchu: obecność pieszych i możliwy ruch rowerzystów z przewagą ruchu samochodowego dają kompozycję ruchu mieszanego i wartość wagową 1 ;
- Oddzielenie jezdni: chodnik jest wyraźnie oddzielony od jezdni tylko w północnej części ulicy, w pozostałym fragmencie z części chodnika i ulicy wydzielono pas do parkowania, ponadto piesi często przechodzą przez jezdnię do aut zaparkowanych po drugiej stronie ulicy lub na parking, nie wyznaczonego pasa rowerowego ani ścieżki rowerowej, więc zgodnie z przepisami

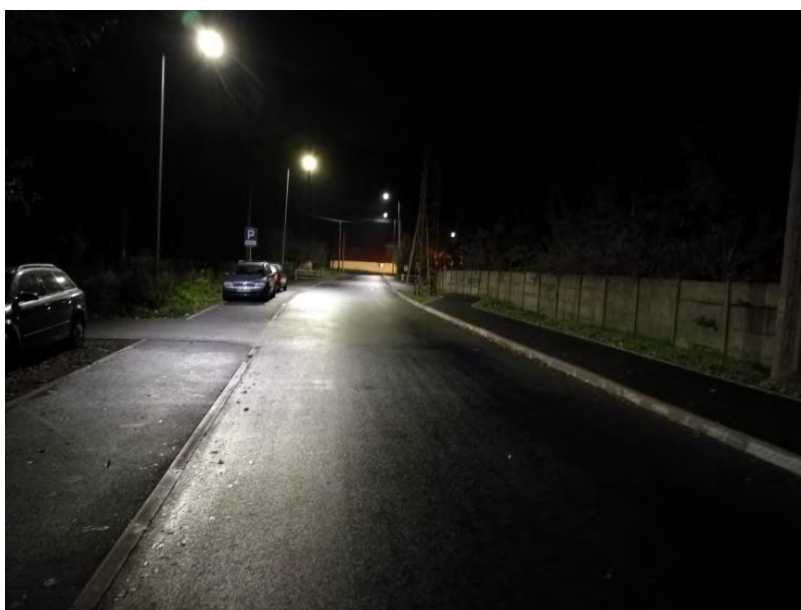
kodeksu drogowego w większości przypadków rowerzyści muszą poruszać się po drodze – z ww. względów wyznaczono wartość wagową wynoszącą 1.

- Zaparkowane pojazdy: obecne w godzinach szczytu, nieobecne w godzinach nocnych, więc wartość wagowa wynosi odpowiednio 1 i 0,
- Jasność otoczenia: w godzinach największego natężenia ruchu i pracy zakładu przemysłowego i firmy zlokalizowanych na ulicy otoczenie jest jasne w stopniu umiarkowanym, więc ważona wartość wynosi 0, natomiast w godzinach nocnych otoczenie jest dość ciemne, co daje wartość równą 2.
- Zadanie nawigacyjne: ze względu na to, że w godzinach szczytu piesi często przechodzą przez jezdnię do aut zaparkowanych po drugiej stronie ulicy lub na parkingu, a także na to, że ulica w północnej części jest zwężona do 4 m szerokości, zadanie nawigacyjne można określić jako trudne, więc wartość wagowa wynosi 1. Inaczej w godzinach nocnych, kiedy ruch praktycznie nie występuje, a zadanie nawigacyjne można określić jako łatwe, gdyż użytkownicy poruszają się po niemalże prostej i pustej drodze bez żadnych przeszkód - wartość wagowa wynosi wtedy 0.

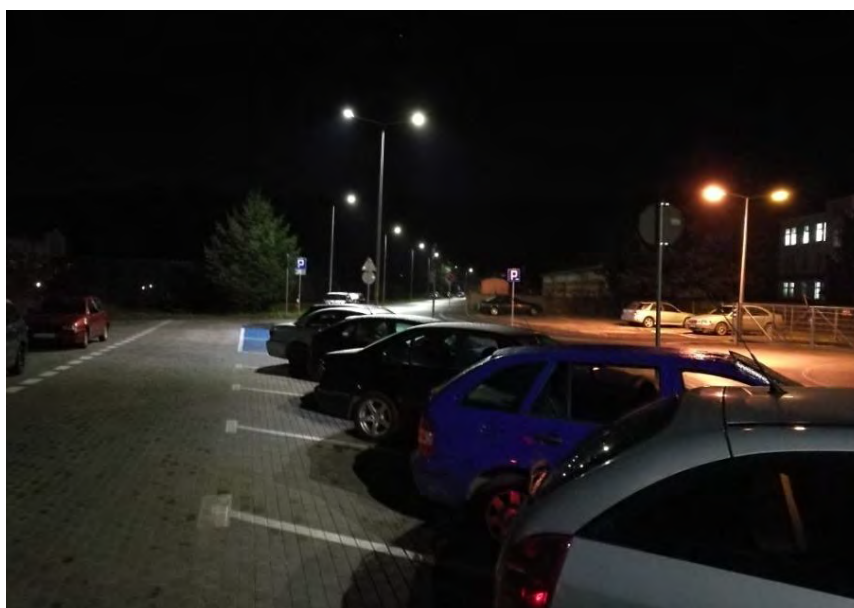
Tabela. 2.1. Parametry służące do określenia klasy oświetlenia C i wartości wagowe tych parametrów wyznaczone dla ulicy Nowy Świat.

Parametr	Opcje	Opis	Wartość wagi VW*	Wartość wagi VW dla ulicy Nowy Świat	
				Godziny szczytu	Godziny nocne
Prędkość	Bardzo wysoka	$v \geq 100$ km/h	3	-1	0
	Wysoka	$70 < v < 100$ km/h	2		
	Umiarkowana	$40 < v \leq 70$ km/h	0		
	Niska	$v \leq 40$ km/h	-1		
Natężenie ruchu	Wysokie		1	0	-1
	Umiarkowane		0		
	Niskie		-1		
Rodzaj ruchu	Mieszany z dużym udziałem niezmotoryzowanych		2	1	1
	Mieszany		1		
	Wyłącznie motorowy		0		
Oddzielenie jezdni	Nie		1	1	1
	Tak		0		
Zaparkowane pojazdy	Obecne		1	1	0
	Nieobecne		0		
Jasność otoczenia	Wysoka	Okna wystawowe, boiska sportowe, reklamy, przystanki, obszary magazynowe	1	0	2

	Umiarkowana	Normalna sytuacja	0		
	Niska		2		
Zadanie nawigacyjne	Bardzo trudne		2	1	0
	Trudne		1		
	Łatwe		0		
Suma wszystkich współczynników wagowych VWS				3	3
Klasa oświetlenia ($C = 6 - VWS$)				C3	C3
*Wartości podane w kolumnach są przykładowe. Możliwe jest przyjęcie wartości bardziej odpowiednich na poziomie krajowych wymagań.					



Rys. 2.1 Południowy fragment ulicy Nowy Świat z wydzielonym pasem do parkowania (po lewej) i chodnikiem (po prawej)



Rys. 2.2. Parking przy ulicy Nowy Świat.



Rys. 2.3. Południowy fragment ulicy Nowy Świat z pasem do parkowania wydzielonym z chodnika i jezdni.

Suma wszystkich współczynników wagowych VWS wynosi 3, co daje ostateczną klasę oświetlenia C3 ($C = 6 - VWS = 6 - 3 = 3$). Pomimo że wartości poszczególnych współczynników wagowych dla godzin największego i najmniejszego natężenia ruchu są różne, obliczenia wykazują tę samą klasę oświetleniową w obu przypadkach.

Zgodnie z Tabelą 2 normy PN-EN 13201-2:2016-03 (patrz Tab. 2.2) definiującej wymagania funkcjonalne, określane jako klasy oświetleniowe do oświetlenia drogowego, klasa C3 powoduje następujące wymagania dla ulicy Nowy Świat:

- Minimalna wartość średniego natężenia oświetlenia \bar{E} : 15 lx (średnie natężenie oblicza się jako średnią arytmetyczną z wartości zmierzonych w poszczególnych punktach siatki wyznaczonej na obszarze pomiarowym)
- Równomierność ogólna natężenia oświetlenia nawierzchni drogi U_o : 0,4 (minimalna wartość), którą oblicza się jako stosunek najmniejszego natężenia występującego w jednym z punktów siatki pomiarowej do średniego natężenia.



Tabela 2.2. Klasy oświetleniowe C na podstawie natężenia oświetlenia nawierzchni drogi (zgodnie z PN-EN 13201-2:2016-03 Oświetlenie dróg -- Część 2: Wymagania eksploatacyjne).

Klasa	Poziome natężenie oświetlenia	
	\bar{E} [lx] (zachowana wartość minimalna)	U_o (wartość minimalna)
C0	50	0,40
C1	30	0,40
C2	20	0,40
C3	15	0,40
C4	10	0,40
C5	7,5	0,40

Metodę wyznaczania parametrów oświetlenia drogowego określa norma PN-EN 13201-3:2016-03 Oświetlenie dróg -- Część 3: Obliczenia parametrów oświetleniowych. W obszarze pomiarowym wyznacza się siatkę pomiarową z punktami, w których mierzy się wartości badanego parametru (w przypadku klas oświetleniowych C natężenia oświetlenia). Sposób wyznaczania zarówno obszaru pomiarowego jak i siatki w jego obrębie podaje ww. norma.

3. CHARAKTERYSTYKA PLANOWANEGO OŚWIETLENIA

3.1. Stan istniejący

Obwód oświetleniowy ulicy Nowy świat zasilany jest z szafki oświetleniowej SO25. Szafka SO25 wyposażona jest 3 fazowy rozłącznik główny, 3 fazowy licznik energii, 3 fazowy rozłącznik z wkładkami topikowymi o prądzie znamionowym 63A, gniazdo serwisowe 230VAC oraz cyfrowy programator astronomiczny CPA4.0 firmy Rabbit. Użytkownik tego sterowania ma możliwość modyfikacji programu pracy. Przy pomocy wbudowanych przycisków może on ustawić opóźnienie załączenia po zachodzie słońca, wyłączenia przed wschodem słońca oraz godziny załączenia i wyłączenia niskiej taryfy (NT). Korekta załączenia i wyłączenia jest możliwa w przedziale od -120 min do +120 min. W sterowniku można wprowadzić ruchomą przerwę nocną z możliwością jej blokady w dni wolne i święta. Wszystko to niezależnie dla obu wyjść A i B. Wewnętrzne liczniki czasu pracy oświetlenia pozwalają na ocenę stopnia zużycia źródeł światła. Sterownik może współpracować z dowolnym wyłącznikiem zmierzchowym. Do programatora podłączone są dwie cewki styczników, które czasowo i niezależnie załączają zasilanie dla dwóch obwodów oświetleniowych. Do styków jednego ze styczników podłączone są, jako zabezpieczenie, 3 wyłączniki nadprądowe typu S301 25A, poprzez które, po jednym na każdej z 3 faz, zasilany jest obwód oświetleniowy ulicy Nowy Świat.

Zasilanie ze skrzynki oświetleniowej SO25 do słupów oświetleniowych poprowadzone jest kablem elektroenergetycznym YAKXS 4x25. Kabel elektroenergetyczny został położony w rurze osłonowej z tworzywa sztucznego. Wraz z kablem elektroenergetycznym została poprowadzona taśma płaska 25x4

stalowa ocynkowana, która stanowi dodatkowe uziemienie robocze. Łączna długość sieci oświetleniowej wynosi 845m. Każda pojedyncza lampa oświetleniowa została zabezpieczona bezpiecznikiem topikowym BI WST 6A.

Do oświetlenia zastosowano oprawy oświetleniowe typu 130222.5L041.031.004 URBINO LED produkcji LUG Light Factory Spółka z o.o. Oprawa ta wyposażona jest w przyłączy jednofazowe trójprzewodowe z przewodem fazowym, neutralnym i ochronnym. Do zasilania może być zastosowany przewód okrągły trzyżyłowy o średnicy powłoki zewnętrznej od Ø9 do Ø12mm i przekroju żyły od 1,5mm² do 2,5mm². Moc pojedynczej oprawy oświetleniowej wynosi 106W. Oprawa wyposażona została w standardowy zasilacz programowalny LLOC (LUG Light Outdoor Control), który umożliwi zasilanie lampy napięciem od AC220V do AC240V.

Sterowanie włączaniem i wyłączaniem oświetlenia odbywa się zegarem astronomicznym lub ręcznie ze skrzynki oświetleniowej.

3.2. Dynamiczne sterowanie oświetleniem

Głównym celem wprowadzenia (nadażnego) dynamicznego oświetlenia jest ograniczenie zużycia energii elektrycznej przy jednoczesnym ograniczeniu skutków zmniejszenia natężenia oświetlenia dla użytkowników ulicy.

Obecnie zastosowane rozwiązanie na ulicy Nowy Świat jest rozwiązaniem pasywnym, sterowanym czasowo lub ręcznie. Sterowanie to jest zoptymalizowane pod kątem istniejącego obecnie ruchu ulicznego, dlatego nie ma możliwość zmniejszenia zużycia energii tego oświetlenia, bez pogorszenia komfortu dla użytkowników tej ulicy. Zastosowanie systemu dynamicznego oświetlenia umożliwi zmniejszenie zużycia energii w czasie braku ruchu na ulicy, gdzie dla obecnego pasywnego rozwiązania wykorzystywana jest pełna moc oświetlenia.

Dla projektowanego nadażnego oświetlenia zaproponowano pozostawienie istniejącego zegara astronomicznego i uzupełnienie go o składnik interaktywny. W związku z tym założono, że projektowany system dynamicznego oświetlenia ma umożliwić:

- nadrzędne ręczne włączanie i wyłączanie instalacji oświetleniowej,
- sterowanie włączeniem i wyłączeniem oświetlenia zegarem astronomicznym,
- automatyczne sterowanie intensywnością pracy, niezależnie każdą oprawą oświetleniową,
- monitorowanie natężenia ruchu ulicznego niezbędne do automatycznego sterowania oświetleniem.

W podstawowym rozwiązaniu przewiduje (zakłada) się, że system nadażnego sterowania oświetleniem składać się będzie ze sterownika centralnego, czujników intensywności ruchu, sterownika mocy oprawy oświetleniowej. Ponadto system musi zapewnić przesyłanie sygnałów sterujących pomiędzy czujnikami i sterownikiem centralnym oraz sterownikiem centralnym i sterownikami mocy źródeł światła.

Sterownik centralny powinien mieć:

- niezależne sterowanie 24 opraw oświetleniowych,
- programowalne sterowanie mocą źródeł światła,
- zachowanie przynajmniej 5 stopniowej redukcji mocy dla każdej oprawy,
- zegar astronomiczny do automatycznego włączania i wyłączania obwodu oświetleniowego,
- możliwość ręcznego nadrzędnego sterowania włączeniem i wyłączeniem oświetlenia,



- możliwość pobierania sygnałów z 24 czujek intensywności ruchu,
- komunikację sterowania zgodną z czujnikami ruchu i sterownikami lokalnymi mocy źródeł światła opraw oświetleniowych.

Opcjonalnie należy rozważyć możliwość:

- zdalnego udostępniania stanu pracy obwodu oświetleniowego,
- zdalnego sterowania pracą obwodu oświetleniowego.

Przewiduje się instalację sterownika centralnego w skrzynce oświetleniowej SO25 zlokalizowanej przy ulicy Plakowickiej. W ramach układu sterownika centralnego należy uwzględnić: kontroler do automatycznego sterowania oświetleniem, zabezpieczenie przed skutkami zwarcia, zasilacz urządzeń systemu, punkt dostępowy do monitorowania pracy systemu, urządzenia do transmisji sygnałów sterujących, przyciski ręcznego przełączania trybu pracy sterowania. Ponadto należy rozważyć zainstalowanie ogranicznika przepięć.

Urządzenia sterownika będą instalowane w warunkach zewnętrznych (poza budynkiem) w skrzynce instalacyjnej. Powinny one być przystosowane do pracy w zakresie temperatur od -25°C do 65°C lub skrzynkę instalacyjną należy wyposażyć w urządzenia stabilizujące temperaturę np. grzałkę. Urządzenia powinny posiadać stopień ochrony zabezpieczający przed włożeniem ciał obcych oraz zbierającej się rosy wewnątrz skrzynki. Dlatego proponuje się zastosować urządzenia ze stopniem ochrony przynajmniej IP44.

Czujniki ruchu powinny umożliwić:

- wykrywanie ruchu przemieszczających się pojazdów,
- wykrywanie ruchu pieszych,
- wykrywanie ruchu rowerzystów,
- przesłanie informacji o zdarzeniu do sterownika centralnego,
- komunikację zgodną ze sterownikiem centralnym.

Przewiduje się instalację sensorów ruchu, które sumarycznym zasięgiem obejmą całą ulicę Nowy Świat (oraz pobliski obszar na wlotach do tej ulicy). Ponieważ odległość między słupami wynosi średnio 27m w związku z tym przyjęto, że minimalny zakres w kierunku skanowania pojedynczego czujnika powinien wynosić podwójną odległość między słupami oświetleniowymi, czyli powyżej 54m. Szerokość zakresu skanowania czujnika wynika z szerokości ulicy, która wraz z chodnikiem wynosi nie więcej niż 8m. Przewiduje się przy tym instalację czujników przeciwstawnie na co 2 słupie oraz dodatkowo 2 czujników monitorujących parking. Daje to w sumie 24 czujniki.

Sterowniki mocy powinny umożliwić:

- zasilanie źródła światła oprawy oświetleniowej o odpowiedniej dla tego źródła wartości napięcia oraz prądu zasilania,
- sterowanie intensywnością świecenia źródła światła poprzez sterowanie mocą z zachowaniem przynajmniej 5 stopniowej redukcji mocy,
- komunikację zgodną ze sterownikiem centralnym.

Sterownik mocy jest bezpośrednio związany z panelem LED, który jest źródłem światła. Jest on, pod względem parametrów dobrany do tego źródła światła tak, aby zapewnić jego właściwe zasilanie i sterowanie mocą. Poszczególne panele LED mogą różnić się mocą oraz rodzajem lub wartością napięcia zasilania. Mogą one być o mocy od 10W do ponad 150W. Mogą być przystosowane do zasilania napięciem stałym (DC) lub zmiennym (AC) od 24V do nawet 350V. Dlatego do zasilania paneli LED stosuje się sterownik mocy (regulacja mocy) lub zasilacz (stała moc), który dopasowuje



zasilanie źródła światła do źródła zasilania energii elektrycznej. Sterowniki mocy lub zasilacze montowane są w oprawie oświetleniowej, razem z panelem LED lub tworzą z tym panelem integralną całość.

W oprawach oświetleniowych URBINO LED, które użyto do oświetlenia ulicy Nowy Świat, do zasilania panelu LED zastosowano programowalny sterownik mocy. Nie uzyskano informacji, (ani od użytkownika, ani od producenta), czy sterownik ma możliwość sterowania mocą z wykorzystaniem sygnału zewnętrznego. Możliwość sterowania zewnętrznym sygnałem jest niezbędna do zapewnienia sterowania dynamicznego (nadażnego) oświetleniem ze sterownika centralnego. Dlatego w projektowanym rozwiązaniu, należy uwzględnić wymianę sterownika mocy w oprawie oświetleniowej.

System komunikacji powinien umożliwić:

- niezawodny przepływ sygnałów z czujników ruchu do sterownika centralnego, niezależnie dla każdego czujnika,
- niezawodny przepływ sygnałów sterujących sterownikiem mocy oprawy oświetleniowej, niezależnie dla każdej oprawy,
- prostą instalację i podłączenie do istniejącego obwodu oświetlenia ulicy Nowy Świat,
- obsługę przez urządzenia dostępne na rynku.

W dynamicznym sterowaniu oświetleniem stosowane są urządzenia z protokołem komunikacyjnym DALI (Digital Addressable Lighting Interface). Normalizacja tego interfejsu zawarta jest w dokumencie IEC (EN) 60929 E4. Ten ogólnodostępny standard elektronicznej regulacji oświetlenia został stworzony przez czołową grupę producentów opraw i instalacji oświetleniowych takich jak Osram, Lutron, Philips Lighting i Tridonic. Oczywiście, do sterowania oświetleniem można wykorzystać dowolny protokół komunikacyjnych stosowany w urządzeniach automatyki. Jednak, obecnie prawie wszystkie urządzenia dedykowane do sterowania oświetleniem, produkowane przez wiele firmy, wspierają protokół DALI. Umożliwia to skonstruowanie kompletnego systemu oświetleniowego w oparciu o komponenty dowolnych producentów. Dlatego przyjęto, że system dynamicznego sterowania oświetleniem będzie oparty na komunikacji z wykorzystaniem protokołu DALI.

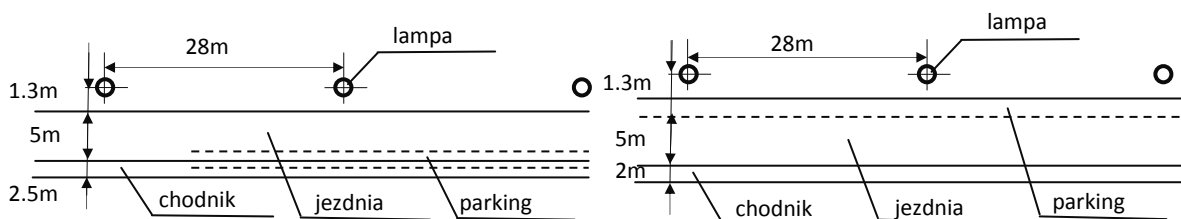
W systemie DALI urządzenia sterownicze włączone są równolegle do magistrali sterującej. W ramach jednej magistrali możliwe jest niezależne adresowanie 64 urządzeń. W przypadku potrzeby użycia i adresowania większej ilości urządzeń istnieje konieczność i możliwość podziału na strefy. Strefy te mogą być obsługiwane przez kolejne wydzielone magistrale DALI. Wszystkie magistrale mogą być zintegrowane poprzez sieci nadrzędne np. KNX, BACnet, MODBUS, LonWorks, itp. Należy wówczas skorzystać z dodatkowych urządzeń pośredniczących, które stosuje się w sterowaniu procesami automatyki przemysłowej. Ponieważ jednak projektowane dynamiczne oświetlenie ulicy Nowy Świat zakłada użycie 24 sensorów ruchu oraz obsługę 24 opraw oświetleniowych, co w sumie daje 48 punktów adresowych, dlatego nie ma konieczności podziału tego sterowania na strefy.

Podstawowy interfejs DALI realizowany jest za pomocą magistrali dwużyłowej. Do zasilania tej magistrali wymagany jest moduł zasilający. Z uwagi na spadek napięcia na przewodach sterujących, który nie może być większy niż 2V, podstawowe rozwiązanie umożliwia przesyłanie sygnałów na odległość do 300m. Dla większych odległości, jak to ma miejsce w przypadku obwodu oświetleniowego ulicy Nowy Świat, konieczne jest użycie innego nośnika transmisji sygnałów. Odległość od skrzynki oświetleniowej do szczytu ostatniej lampy to około 757m.

4. DYNAMICZNE ZMIANY CECH OŚWIETLENIA

4.1. Zakres wykrywania ruchu

Zakres wykrywania ruchu jest ściśle powiązany z przebiegiem ulicy Nowy Świat. Część południowa ulicy Nowy Świat (od strony ulicy Płakowickiej) ma jezdnię szerokości 5m. Szerokość pasa do parkowania znajdującego się po wschodniej stronie ulicy wynosi 2m. Chodnik znajdujący się po zachodniej stronie ulicy ma szerokość 2m. Część północna ulicy Nowy Świat ma jezdnię szerokości 5m. Chodnik znajdujący się po zachodniej stronie ulicy ma szerokość 2,5m. Pas do parkowania znajdujący się po zachodniej stronie ulicy jest wydzielony z części chodnika 1m i części jezdni 1m. Czyli część przeznaczona dla pieszych wynosi 1,5m, a część przeznaczona do parkowania 2m, zaś szerokość drogi po odjęciu części zajętej przez pas parkowania wynosi 4m. Schematy układu ulicy Nowy Świat pokazano na rys 4.1.



Rys.4.1. ulica Nowy Świat – schemat układu ulicy (po lewej część północna, po prawej południowa)

W celu zapewnienia prawidłowego oświetlenia wiązka skanująca (sterująca włączaniem lamp) powinna obejmować obszar równy przynajmniej szerokości jezdni wraz z chodnikiem i pasem do parkowania oraz długości równej odstępowi pomiędzy kolejnymi słupkami oświetleniowymi. Dla ulicy Nowy Świat w Lwówku Śląskim, szerokość ulicy w części południowej wynosi 9m, a w części północnej 7,5m. Odległość między kolejnymi słupkami oświetleniowymi wynosi od 26m do 32m.

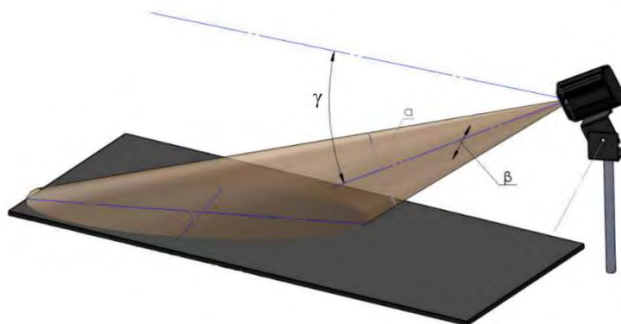
Na rynku dostępne są głównie trzy typy czujników ruchu: aktywne, "radarowe" - wysyłające i odbierające fale elektromagnetyczne (radar dopplerowski); aktywne, ultradźwiękowe – wysyłające i odbierające fale ultradźwiękowe; pasywne, na podczerwień (RIP) – wykrywające zmiany w promieniowaniu podczerwonym.

Czujniki pasywne na podczerwień, mają małe zasięgi detekcji ruchu, są wrażliwe na zmiany temperatury otoczenia. Niewątpliwą zaletą ich jest niska cena i powszechna dostępność na rynku. W związku z tym są one powszechnie stosowane do dynamicznego sterowania oświetleniem w pomieszczeniach. Czujki mikrofalowe mają tę zaletę, że nie są wrażliwe na zmiany temperatury otoczenia i zmiany temperatury poruszającego się obiektu. Mają również większe zasięgi wykrywania ruchu. Czujniki tego typu mają jednak zwykle wyższą cenę.

Ponadto istnieją rozwiązania takie jak systemy laserowe lub oparte na kamerze. Czujniki laserowe są specjalnym typem czujników. W czujnikach laserowych wykorzystywany jest generator wiązki laserowej. Każdorazowe przerwanie ciągłości wiązki laserowej powoduje uruchomienie systemu. Najmłodsze rozwiązanie detekcji ruchu oparte jest na analizie obrazu z kamery. Rozwiązania te są obecnie rozwiązaniami specjalnymi i nie są powszechnie dostępne na rynku.

Z uwagi na duży zasięg czujników radarowych, nawet 50m, w niniejszym opracowaniu jako detektor ruchu przyjęto czujnik radarowy (mikrofalowy). Czujniki te mają ograniczoną szerokość wiązki skanującej. W rozwiązaniu przyjęto czujniki radarowy o szerokości wiązki skanującej w poziomie $\alpha=20^\circ$

oraz w pionie $\beta=18^\circ$. Przyjęto, że czujnik ten będzie zainstalowany na wysokości 4m, na słupie latarni ulicznej. Kąty charakteryzujące wiązkę skanującą przedstawia rys.4.2.



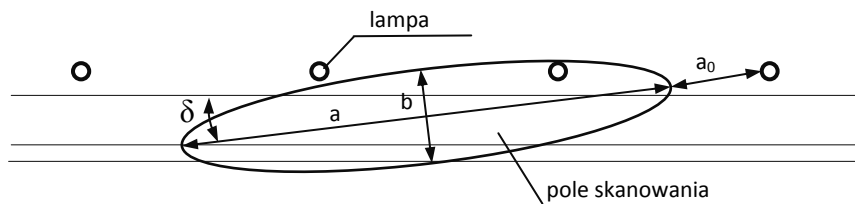
Rys.4.2. Wiązka skanująca detektora ruchu

Tabela 4.1. Pola skanowania w zależności od ustawienia detektora

α	β	γ	δ	h	a_0	a	b
20°	18°	$12,0^\circ$	5°	4m	9,9m	52,3m	9,9m
		$12,5^\circ$			9,7m	41,0m	8,0m
		$13,0^\circ$			9,4m	33,4m	6,9m
		$13,5^\circ$			9,2m	28,1m	5,9m
		$14,0^\circ$			9,0m	24,1m	5,3m
		$14,5^\circ$			8,8m	21,0m	4,8m
		$15,0^\circ$			8,6m	18,6m	4,3m

Gdzie: α – kąt wzdłużny wiązki skanującej, β – kąt poprzeczny wiązki skanującej, γ – kąt pochylenia osi wiązki skanującej, δ – kąt ustawienia wiązki skanującej, h – wysokość instalacji detektora (wiązki skanującej), a_0 – przesunięcie pola skanowania, a – długość pola (elipsy) skanowania, b szerokość pola (elipsy) skanowania.

Dla przyjętego detektora o parametrach $\alpha=20^\circ$, $\beta=18^\circ$ i montażu jego na wysokości $h = 4m$, dla różnych kątów pochylenia wiązki skanującej wyliczono parametry pola skanującego ruch. Wartości te zestawiono w tabeli 4.1. Jako najbardziej optymalny przyjęto kąt pochylenia wiązki skanującej $\gamma=13^\circ$, dla której pole elipsy skanującej ma wymiary $a=33,4m$ i $b=6,9m$. Ustawienie takie umożliwi skanowanie ruchu w obrębie dwóch lamp, co ilustruje rys. 4.3.



Rys.4.3. Pole skanowania przyjętego detektora ruchu

4.2. Zakres oświetlenia

Oświetlenie drogi ma przede wszystkim poprawić bezpieczeństwo poruszania się osób i pojazdów po zmroku. Jednym z wyznaczników tego bezpieczeństwa jest możliwość dostrzeżenia przeszkody znajdującej się na drodze. To dostrzeżenie musi być na tyle wcześnie, aby możliwa była reakcja przed kontaktem z tą przeszkodą. Aby wyznaczyć ilość lamp, które zostaną zapalone rozważono drogę

hamowania dla różnych prędkości poruszania się. Uwzględniono tu drogę s_1 przebytą w czasie reakcji na dostrzeżenie przeszkody, którą obliczono zgodnie z zależnością

$$s_2 = v \cdot t_r$$

oraz drogę s_2 przebytą w trakcie hamowania, którą obliczono zgodnie z zależnością.

$$s_1 = \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot \mu}$$

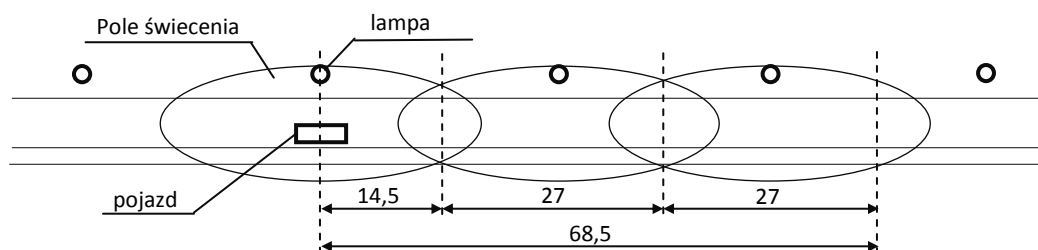
Całkowita droga hamowania s jest sumą drogi przebytej podczas reakcji s_1 i hamowania s_2 .

Do obliczenia drogi hamowania przyjęto czas reakcji kierowcy $t_r=0,8s$, współczynnik tarcia gumy o nawierzchnię moką $\mu=0,3$ oraz przyspieszenie ziemskie $g=9,81m/s^2$. Dla tych wartości wyznaczono przewidywaną drogę hamowania. Wyliczone wartości drogi hamowania zestawiono w tabeli 4.2.

Tabela 4.2 Droga hamowania

v km/h	v m/s	s_2 m	s_1 m	$s = s_1+s_2$ m
2	0,56	0,45	0,05	1
10	2,78	2,22	1,31	4
20	5,56	4,45	5,25	10
24	6,67	5,34	7,56	13
30	8,33	6,66	11,79	19
40	11,11	8,89	20,97	30
47	13,06	10,45	28,98	40
50	13,89	11,11	32,78	44
60	16,67	13,34	47,21	61

v km/h	v m/s	s_2 m	s_1 m	$s = s_1+s_2$ m
63	17,50	14,00	52,03	67
70	19,44	15,55	64,21	80
75	20,83	16,66	73,72	91
80	22,22	17,78	83,88	102
85	23,61	18,89	94,70	114
87	24,17	19,34	99,25	119
90	25,00	20,00	106,18	127
98	27,22	21,78	125,88	148
100	27,78	22,22	131,11	154



Rys.4.4. Oświetlony zakres drogi dla zapalonych 2 lamp w przód

Przykładowo z zestawienia tego wynika, że dla prędkości 60km/h, przy rozstawie lamp 27m, aby oświetlić całkowitą drogę hamowania wymagane jest zapalenie 2 lamp w przód. Pokazuje to rys.4.4 ($61m \leq 14,5m + 27m + 27m = 68,5m$). Daje to wymagany zakres oświetlonej drogi w przód równy 68m. Zakresy świecenia dla od 0 do 4 lamp zapalonych w przód zestawiono w tabeli 4.3.



Tabela 4.3. Zakres świecenia

n	l
	m
0	13,5
1	40,5
2	67,5
3	94,5
4	121,5

Gdzie: n – ilość lamp zapalonych w przód, l – zakres świecenia.

Tabela 4.4. Zestawienie progów prędkości wykrywanych przez detektor ruchu.

n	max v_{gr}	s	5 progów	4 progi	3progi	2progi	1 próg
	km/h	m	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h
0	24	13	2	2	2	2	2
1	47	40	24	2	2	2	2
2	63	67	40	40	40	40	2
3	75	91	60	60	60	40	2
4	87	119	75	75	60	40	2

Handlowe mikrofalowe detektory ruchu wykrywają ruch po przekroczeniu określonego (ustawionego w czujniku) progu prędkości. W tabeli 4.4. zestawiono wartości przekroczenia progów prędkości dla detektorów (czułości), które mają możliwość wykrywania od 1 do 5 progów prędkości.

W opracowaniu zaproponowano jako optymalne użycie detektora wykrywającego 2 zakresy prędkości: do 40km/h i powyżej 40km/h (wytluszczone w tabeli 4.4).

Przyjęto również, że dla pierwszego progu prędkości zapalona zostanie 1 lampa w przód. Daje to dla obszaru skanowania detektora w zakresie 2 lamp 13m+27m = 40m oświetlonej drogi w przód. Dla 2 progu przyjęto zapalenie 3 lamp w przód. Daje to dla obszaru skanowania detektora w zakresie 4 lamp 91m+27m =118m. Wartość ta jest większa od ustawienia światel mijania samochodu, która wynosi 100m.

Wzór na drogę podczas zmniejszania prędkości wyprowadzono rozumując następująco:

Silę tarcia ślizgowego wyraża zależność:

$$T = \mu \cdot N$$

gdzie T – siła tarcia, μ – współczynnik tarcia, N – ciężar nacisku

Jeżeli przyjmiemy, że siła tarcia powoduje jednostajne opóźnienie poruszającego się obiektu, to wówczas:

$$T = m \cdot (-a)$$

gdzie: T : Siła tarcia, m: masa poruszającego się obiektu, a: wartość opóźnienia obiektu

Ponieważ siła nacisku N jest równa:

$$N = m \cdot g$$

gdzie: N – siła nacisku, g: przyspieszenie ziemskie



Stąd po podstawieniu do pierwszej zależności tak wyznaczonej siły tarcia i siły nacisku, otrzymujemy zależność:

$$-m \cdot a = \mu \cdot m \cdot g$$

Po skróceniu m, otrzymano wartość przyspieszenia będącego skutkiem działania siły tarcia:

$$a = -\mu \cdot g$$

Ze wzoru na prędkość w ruchu jednostajnie przyspieszonym:

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

gdzie: t: czas działania przyspieszania (opóźnienia), a: przyspieszenie (opóźnienie), v_0 : prędkość początkowa, v: prędkość końcowa.

Przyjmując prędkość końcową (zatrzymanie) $v=0\text{m/s}$ oraz czas początkowy $t_0=0\text{s}$ otrzymujemy:

$$a = \frac{-v_0}{t}$$

Po przekształceniu i podstawieniu $a = \mu \cdot g$, czas do zatrzymania wynosi:

$$t = \frac{-v_0}{a} = \frac{-v_0}{-\mu \cdot g} = \frac{v_0}{\mu \cdot g}$$

Drogę w ruchu jednostajnie przyspieszonym oblicza się ze wzoru

$$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

gdzie: s_0 : wartość początkowa drogi

Przyjmując wartość początkowa drogi $s_0 = 0\text{m}$ otrzymano:

$$s = v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

Po podstawieniu $a = -\mu \cdot g$ oraz uzyskano:

$$s = v_0 \cdot t - \frac{\mu \cdot g \cdot t^2}{2}$$

Po podstawieniu $t = \frac{v_0}{\mu \cdot g}$, wartość drogi do zatrzymania pod wpływem tarcia wynosi:

$$s = v_0 \cdot \frac{v_0}{\mu \cdot g} + \frac{\mu \cdot g \cdot \left(\frac{v_0}{\mu \cdot g}\right)^2}{2} = \frac{v_0^2}{\mu \cdot g} - \frac{v_0^2}{2 \cdot \mu \cdot g} = \frac{v_0^2}{2 \cdot \mu \cdot g}$$

Czas reakcji kierowcy przyjęto na podstawie artykułu autorstwa Marek Guzek, Krzysztof Kobyłański, pt.: „Badanie czasu reakcji kierowców z wykorzystaniem urządzenia MCR – 2001E”, który ukazał się w zeszycie 96, wydanym w 2013 roku, przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Warszawskiej w czasopiśmie Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej - Transport. W artykule tym przedstawiono wyniki badań reakcji kierowców na bodźce w postaci sygnałów dźwiękowych. Przedstawione wyniki dotyczą reakcji prostej i złożonej. Reakcja prosta jest rozumiana jako dowolna reakcja na pojawienie się dowolnego bodźca. W reakcji złożonej każdemu bodźcowi przypisany jest odpowiedni przełącznik (np. światło czerwone – przełącznik lewej ręki, światło żółte – przełącznik prawej ręki, światło zielone – przełącznik prawej nogi, sygnał dźwiękowy – przełącznik lewej nogi). Ponieważ reakcja złożona bardziej oddaje sytuację kierowcy (wciśnięcie pedału hamulca po pojawieniu się bodźca w postaci pieszego lub innej przeszkody), te wyniki przyjęto jako właściwe. Na podstawie przedstawionej w tym

artykule statystyki z badań czasu reakcji złożonej uzyskano wartość czasu reakcji równą 0,755s dla kwantyla rzędu 0,9. Stąd przyjęto wartość reakcji kierowcy równą $t_r=0,8s$

Współczynnik tarcia przyjęto na podstawie sprawozdania z realizacji pracy TD-88pt.: „Analiza zmienności właściwości przeciwpoślizgowych warstwy ścieralnej nawierzchni w początkowym okresie jej eksploatacji” ETAP I Zleceniodawca: GDDKiA, umowa nr 2193/2008. W sprawozdaniu tym na stronie 18 czytamy: ” Z uzyskanych w eksperymencie danych wynika, że na nawierzchni otrzymano dość duże różnice pomiędzy opóźnieniami hamowania dla suchej i mokrej nawierzchni. Minimalna wartość opóźnienia hamowania ślizgowego uzyskana na jezdni mokrej wyniosła $3m/s^2$. Wartość ta odpowiada wartości współczynnika tarcia ślizgowego $\mu = 0,31$ i jest wartością zbliżoną do minimalnych wartości określonych w publikacjach fachowych w zakresie $\mu_s=0,3 -0,5$ ”. W celu zapewnienia wysokiego poziomu bezpieczeństwa, w ramach określenia zakresu oświetlenia drogi, przyjęto minimalną wartość tego współczynnika, czyli $\mu=0,3$

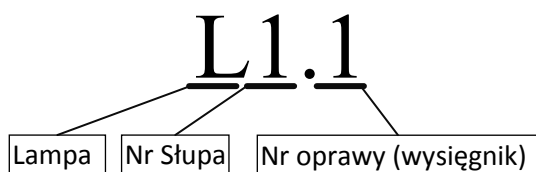
4.3. Oznaczenie opraw oświetleniowych

Słupy lamp ponumerowane są kolejno od L1 licząc od skrzyżowania z ulicą Plakowicką, do L22 kończąc na skrzyżowaniu z ulicą Złotoryjską. Numeracja ta jest zgodna z oznaczeniem umieszczonym na tych słupach (rys. 4.5).



Rys.4.5. Oznaczenie na słupach oświetleniowych ulicy Nowy Świat

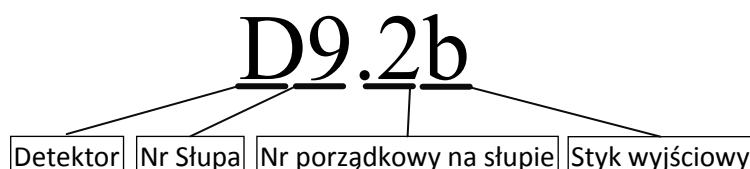
Większość słupów lamp uzbrojona jest oprawą oświetleniową z wysięgnikiem jednoramiennym. Na wysokości parkingu, słupy dwóch lampy (L10 i L11) wyposażone są w wysięgnik dwuramienny i zainstalowane mają po dwie oprawy oświetleniowe. Dlatego przyjęto numerację opraw oświetleniowych tak jak pokazano na rys.4.6.



Rys.4.6 Oznaczenie opraw oświetleniowych

4.4. Oznaczenie detektorów ruchu

W odróżnieniu od numeracji słupów wprowadzono tu po kropce indeks wyróżniający oprawę lampy. Dla słupów z wysięgnikiem jednoramiennym oprawy oświetleniowe oznaczono po kropce numerem 1 (np. oprawa na słupie L1 ma oznaczenie L1.1). Oprawy zainstalowanych na słupach L10 i L11 mają wysięgnik dwuramienny. Dlatego oprawy świecące na ulicę Nowy Świat oznaczono po kropce numerem 1, co daje oznaczenie opraw L10.1 i L10.2, a oprawy świecące na parking oznaczono numerem 2, co daje oznaczenie opraw L10.2 i L11.2.



Rys.4.7 Oznaczenie detektorów ruchu

Numerację detektorów ruchu pokazuje rys.4.7. Numeracja ta przyjęta jest zgodnie z numerem lampy, na której detektor ten ma być zainstalowany. Ponieważ na jednym słupie lampy może być zainstalowanych więcej niż jeden detektor, detektory te wyróżnia się kolejnym numerem jako indeks po kropce. Dla przykładu detektor D19.1 jest zainstalowany na słupie L19 lampy, Detektory D12.1 oraz D12.2 zainstalowane są na słupie L12 lampy. Nie oznacza to, że detektor skanuje obszar bezpośrednio pod lampą, na której jest zainstalowany. Z uwagi na przyjętą szerokość wiązki skanującej detektora (w poziomie $\alpha=20^\circ$ i w pionie $\beta=18^\circ$) oraz kąt pochylenia osi skanowania ($\gamma=13^\circ$ licząc od poziomu w dół) obszar skanowania jest eliptyczny i przesunięty względem słupa lampy, na której jest zainstalowany. Dla przykładu, detektor ruchu D19.1, który jest zainstalowany na słupie L19 lampy, skanuje obszar w zasięgu lamp L21 i L20.

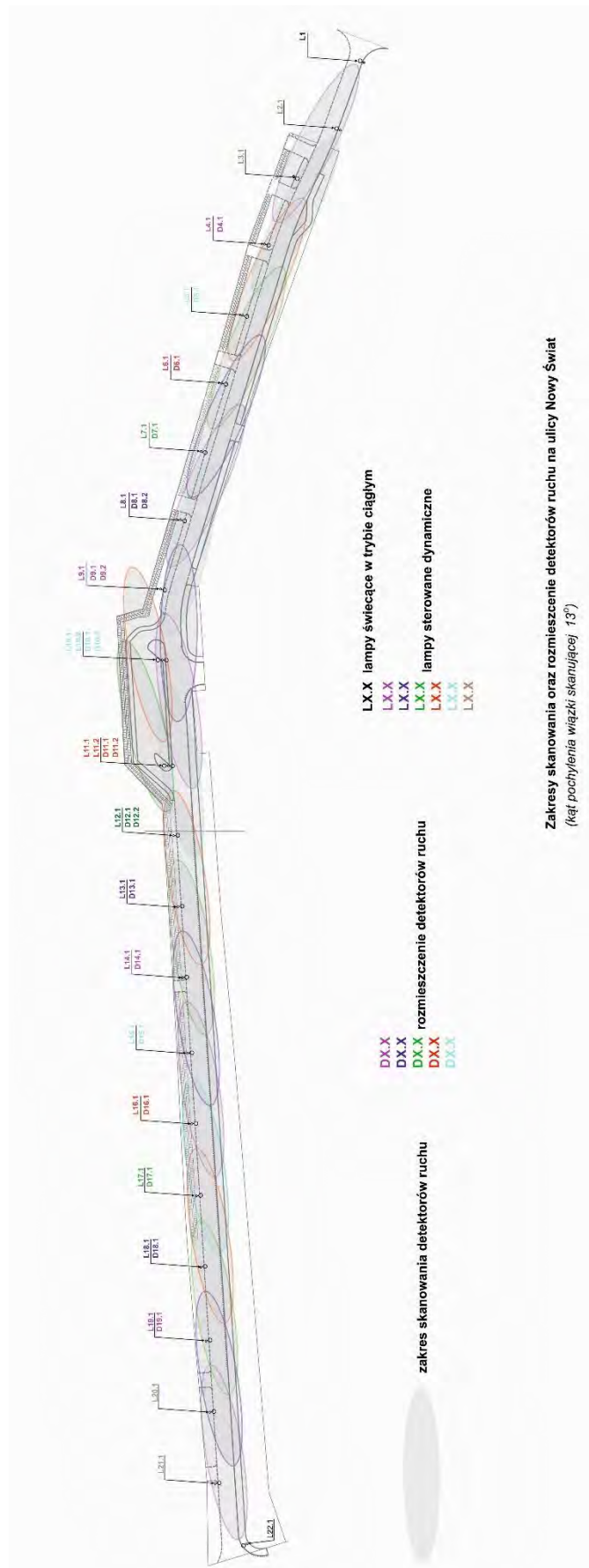
Ponieważ przewidziano, że detektory ruchu będą wykrywać ruch w dwóch zakresach prędkości, dlatego oznaczenie detektora zostało uzupełnione przez dodanie na końcu literki a dla styku detektora wykrywającego ruch wolny i literki b dla styku wykrywającego ruch szybki.

W kolejnych podpunktach tego rozdziału przedstawiono skojarzenie włączania poszczególnych lamp w zależności od wzbudzenia określonego detektora.

4.5. Obszar skanowania ruchu

Szczegółowy obszar skanowania poszczególnych detektorów pokazuje rys.4.8. W proponowanym rozwiązaniu przyjęto pełne pokrycie wiązką skanującą detektora ruchu, zarówno chodnika, ulicy jak i parkingu. Skutkiem tego jest pokrywanie się obszarów skanujących przez kolejne detektory ruchu. Rozwiązanie takie wymaga umieszczenia detektorów na każdym słupie lampy oświetleniowej, co podraża rozwiązanie. Eliminuje to jednak puste obszary, bez skanowania ruchu. Ma to tę zaletę, że nie wymaga to stosowania rozwiązań przewidujących ruch. Jest to o tyle istotne, że na rynku detektory wykrywające i wyróżniające dwa kierunki ruchu są niedostępne. Takie podejście z uwagi na brak konieczności przewidywania ruchu, upraszcza również algorytm sterowania oświetleniem.

Dla uproszczenia rozwiązania, pominięto skanowanie skrzyżowań ulicy Nowy Świat z ulicami Plakowicką i Złotoryjską, czyli wlotów ulicy Nowy Świat. W konsekwencji tego przyjęto, że oprawy oświetleniowe na obu końcach ulicy Nowy Świat, to jest L1.1 (na słupie L1) i L22.1 (na słupie L22), będą włączone na pełną moc w całym okresie włączenia oświetlenia tej ulicy.



Rys. 4.8 Obszary skanowania detektorów ruchu



4.6. Opis działania

W systemie dynamicznego sterowania oświetleniem wyróżniono stany: 1 - bez ruchu, 2 - ruch wolny, 3 - ruch szybki, 4 – ruch na parkingu. W rozdziale tym przedstawiono przyjęty sposób funkcjonowania sterowania dynamicznego oświetleniem dla ulicy Nowy Świat w Lwówku Śląskim.

4.6.1. Stan bez ruchu

Po włączeniu oświetlenia (w porze nocnej) oprawy Lampy L1.1 i L22.1, które oświetlają wjazdy w ulicę Nowy Świat, są wzbudzone i niesterowane. Pozostałe lampy wzbudzone zostają na poziom mocy 20%. W tabeli 4.5 zestawiono lampy wzbudzone na 100% mocy po włączeniu oświetlenia. Dopuszcza się ograniczenie mocy dla tych lamp w porze od godziny 1 w nocy do 4 nad ranem.

Tabela 4.5. Wykaz zapalonych opraw lamp i niesterowanych po włączeniu oświetlenia

Wzbudzenie	Oprawa	Uwagi
Włączenie oświetlenia	L1.1I	wlot ulicy
Włączenie oświetlenia	L22.1I	wlot ulicy

4.6.2. Ruch wolny

W przypadku ruchu z małą prędkością (ruch wolny, pieszy rowerowy, do 40km/h) w chwili wykrycia tego ruchu przez detektor ruchu (radar), zostają wzbudzone, od razu do 100% mocy, lampy w obrębie wiązki skanującej tego detektora ruchu. Dotyczy to lamp i detektorów skierowanych w stronę ulicy (oprawy lamp: L2.1 - L9.1, L10.1-L11.1, L12.1-L21.1 oraz detektory: D4.1a-D10.1a, D8.2a-D10.2a, D11.1a..D19.1a, gdzie a oznacza stycznik wykrycia malej prędkości ruchu), jak i na parking (lampy L11.2 i L10.2 oraz detektory D9.2 i D12.2). W tabeli 4.6 przedstawiono skojarzenie lampy i wzbudzające ją detektory ruchu. Po zaniku ruchu w obrębie detektora, lampa jest wygaszana do 20% mocy. Przewiduje się, że wygaszenie odbywać będzie się stopniowo, z szybkością 2%/s. Warunkowo dopuszcza się wygaszanie tych lamp od razu.

Tabela 4.6. Wykaz lamp i skojarzonych detektorów wzbudzających oprawy lampy dla ruchu wolnego

Wzbudzenie		Oprawa
D4.1a		L2.1
D4.1a	D5.1a	L3.1
D5.1a	D6.1a	L4.1
D6.1a	D7.1a	L5.1
D7.1a	D8.1a	L6.1
D8.1a	D9.1a	L7.1
D9.1a	D10.1a	L8.1
D10.1a	D8.2a	L9.1
D8.2a	D9.2a	L10.1
D9.2a	D10.2a	L11.1
D10.2a	D11.1a	L12.1
D11.1a	D12.1a	L13.1
D12.1a	D13.1a	L14.1
D13.1a	D14.1a	L15.1
D14.1aa	D15.1a	L16.1
D15.1a	D16.1a	L17.1
D16.1a	D17.1a	L18.1



D17.1a	D18.1a							L19.1
D18.1a	D19.1a							L20.1
D19.1a								L21.1

4.6.3. Ruch szybki

W przypadku ruchu z dużą prędkością (ruch szybki samochody pow. 40km/h) w chwili wykrycia tego ruchu przez detektor ruchu (radar), zostają wzbudzone, od razu do 100% mocy, lampy w obrębie wiązki skanującej tego detektora ruchu. Dotyczy to lamp i detektorów skierowanych w stronę ulicy (lamp: L2.1 - L9.1, L10.1, L11.1, L12 - L21 oraz detektory: D4.1b..D10.1b, D8.2b..D10.2b, D11.1b..D19.1b, gdzie b oznacza styk wykrycia dużej prędkości ruchu), jak i na parking (lampy L11.2 i L10.2 oraz detektory D9.2 i D12.2). W tabeli 4.7 przedstawiono skojarzenie lampy i wzbudzających ją detektorów ruchu. Po zaniku ruchu w obrębie detektora, lampa jest wygaszana do 20% mocy. Przewiduje się, że wygaszenie odbywać będzie się stopniowo, z szybkością 2%/s. Warunkowo dopuszcza się wygaszanie tych lamp od razu.

Tabela 4.7. Wykaz lamp i skojarzonych detektorów wzbudzających lampy dla ruchu szybkiego

Wzbudzenie								Oprawa
D4.1b	D5.1b	D6.1b						L2.1
D4.1b	D5.1b	D6.1b	D7.1b					L3.1
D4.1b	D5.1b	D6.1b	D7.1b	D8.1b				L4.1
D4.1b	D5.1b	D6.1b	D7.1b	D8.1b	D9.1b			L5.1
D5.1b	D6.1b	D7.1b	D8.1b	D9.1b	D10.1b			L6.1
D6.1b	D7.1b	D8.1b	D9.1b	D10.1b	D8.2b			L7.1
D7.1b	D8.1b	D9.1b	D10.1b	D8.2b	D9.2b			L8.1
D8.1b	D9.1b	D10.1b	D8.2b	D9.2b	D10.2b			L9.1
D9.1b	D10.1b	D8.2b	D9.2b	D10.2b	D11.1b			L10.1
D10.1b	D8.2b	D9.2b	D10.2b	D11.1b	D12.1b			L11.1
D8.2b	D9.2b	D10.2b	D11.1b	D12.1b	D13.1b			L12.1
D9.2b	D10.2b	D11.1b	D12.1b	D13.1b	D14.1b			L13.1
D10.2b	D11.1b	D12.1b	D13.1b	D14.1b	D15.1b			L14.1
D11.1b	D12.1b	D13.1b	D14.1b	D15.1b	D16.1b			L15.1
D12.1b	D13.1b	D14.1b	D15.1b	D16.1b	D17.1b			L16.1
D13.1b	D14.1b	D15.1b	D16.1b	D17.1b	D18.1b			L17.1
D14.1b	D15.1b	D16.1b	D17.1b	D18.1b	D19.1b			L18.1
D15.1b	D16.1b	D17.1b	D18.1b	D19.1b				L19.1
D16.1b	D17.1b	D18.1b	D19.1b					L20.1
D17.1b	D18.1b	D19.1b						L21.1

4.6.4. Ruch na parkingu

W przypadku wykrycia ruchu zarówno szybkiego, jak i wolnego na parkingu przez detektory ruchu D9.2a, D9.2b, D12.2a, D12.2b zostają włączone lampy L9, L10.1, L10.2, L11.1, L11.2, L12. W tabeli 4.8 przedstawiono skojarzenie lampy i wzbudzających ją detektorów ruchu dla parkingu.

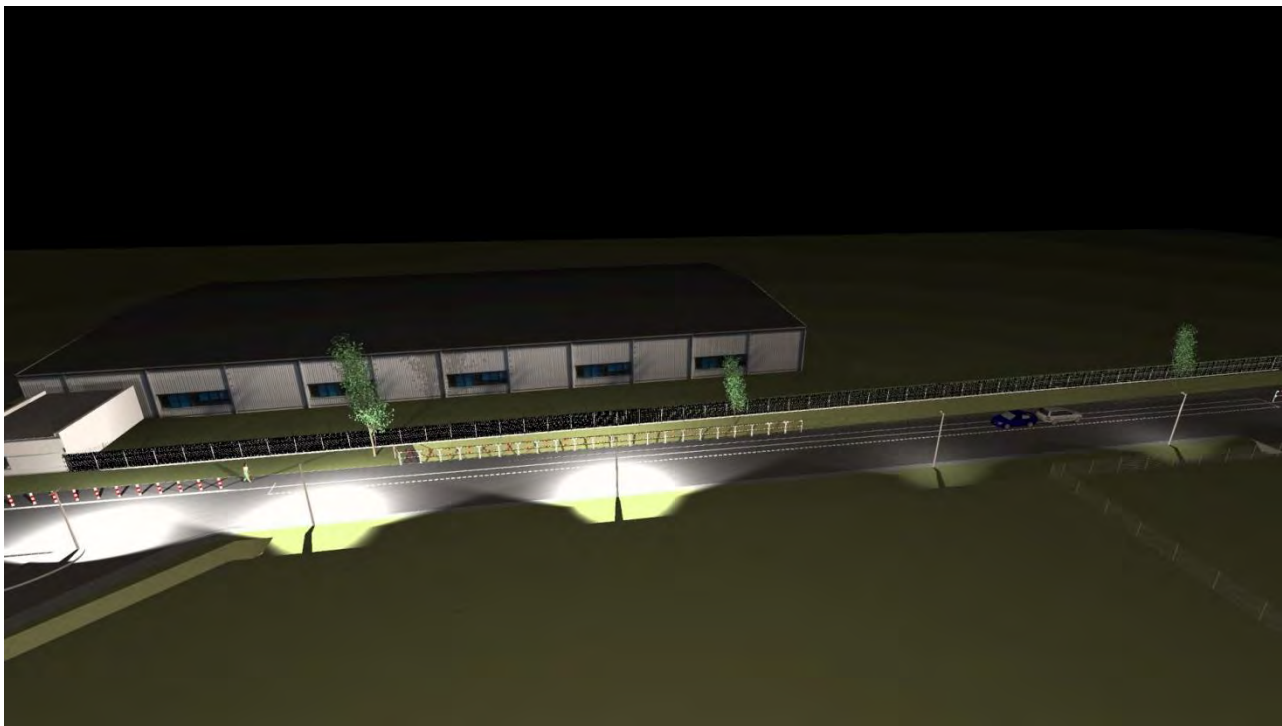
Tabela 4.8. Wykaz lamp i skojarzonych detektorów wzbudzających lampy dla ruchu na parkingu

Wzbudzenie								Oprawa
D9.2a	D9.2b	D12.2a	D12.2b					L9.1
D9.2a	D9.2b	D12.2a	D12.2b					L10.1
D9.2a	D9.2b	D12.2a	D12.2b					L10.2
D9.2a	D9.2b	D12.2a	D12.2b					L11.1
D9.2a	D9.2b	D12.2a	D12.2b					L11.2
D9.2a	D9.2b	D12.2a	D12.2b					L12.1

4.6.5. Funkcjonowanie

W początkowym stanie, po włączeniu zasilania oświetlenia, dwie oprawy (L1.1 i L22.1) na obu końcach ulicy ustawiane są na świecenie pełną mocą. Pozostałe oprawy ustawiane są na 20% mocy oświetlenia.

Kiedy poruszająca się osoba lub pojazd znajdują się w zasięgu skanowania detektora ruchu, sygnał z tego detektora wzbudza oprawy oświetleniowe na pełną moc. W przypadku ruchu do 40km/h (ruch wolny) są wzbudzone oprawy na wysokości pola skanowania czujnika.



Rys. 4.9 a Przykład wzbudzania lamp w momencie wykrycia pieszego

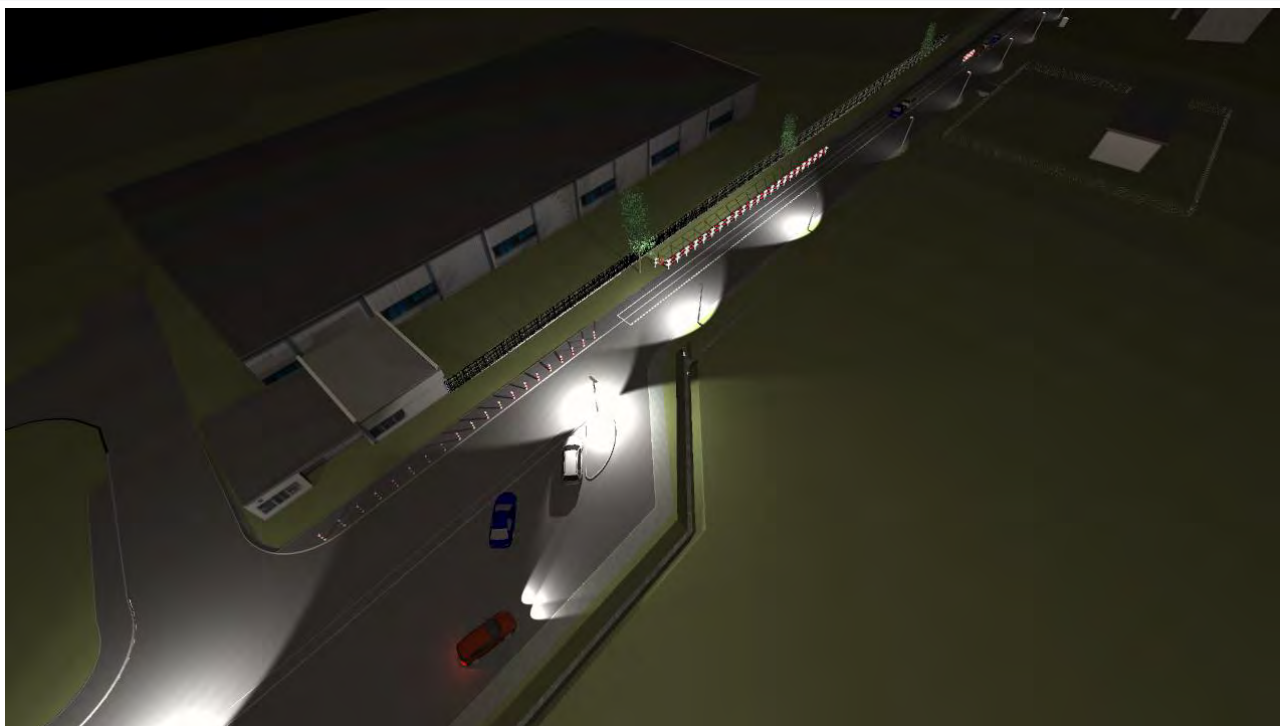


Rys. 4.9 b Przykład wzbudzania lamp w momencie wykrycia pieszego

W przypadku ruchu powyżej 40km/h dodatkowo wzbudzane są dwie oprawy przed polem skanowania i dwie oprawy za polem skanowania.



Rys. 4.10 a Przykład wzbudzania lamp przy ruchu pojazdów

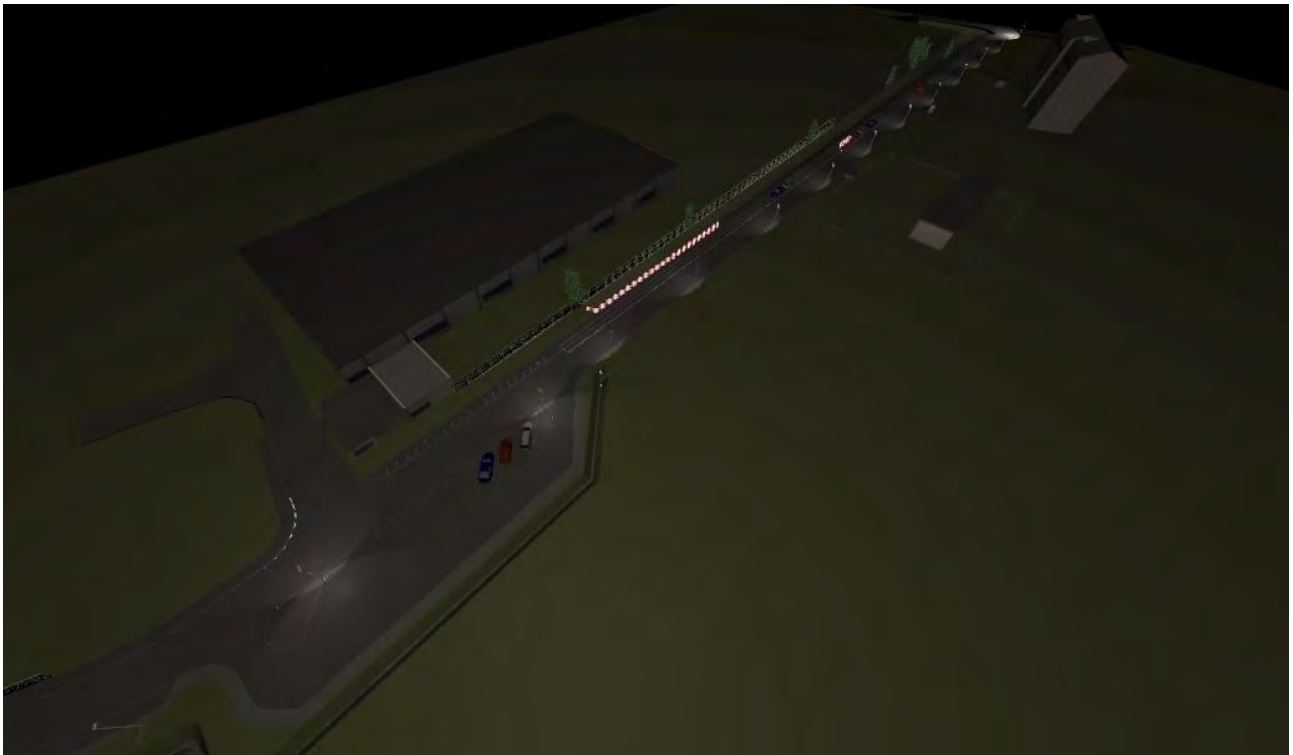


Rys. 4.10 a Przykład wzbudzenia lamp przy ruchu pojazdów

Po zaniku wzbudzenia oprawy oświetleniowej, oprawa podtrzymuje świecenie pełną mocą jeszcze przez minimum 2 minuty. Jest to istotne w przypadku chwilowego zatrzymania się osoby lub pojazdu oraz jest skutkiem tego, że nie można zastosować czujników obecności (nie dostępne na rynku). Po tym czasie, przez okres 40 sekund następuje stopniowe wygaszanie oprawy oświetleniowej do 20% mocy świecenia.



Rys.11 a Przykład przygaszenia lamp, gdy brak użytkowników



Rys.11 b Przykład przygaszenia lamp, gdy brak użytkowników

Take rozwiązanie sterowania umożliwia automatyczne zapalenie opraw oświetleniowych w dowolnym miejscu wykrycia ruchu na ulicy.

4.6.6. Przykładowy funkcjonowania

Przykłady funkcjonowania w formie sekwencji przedstawiono w załączniku 1. Poszczególne sekwencje przedstawiają wzbudzenie czujników i w wyniku pobudzenia tymi czujnikami zwiększenie natężenia światła. Pobudzenie detektora i zapalenie lamp oznaczono poprzez pogrubienie symbolu czujnika i zaciemnienie tła. Indeks a przy symbolach detektorów oznacza prędkości poruszania się obiektów od 2 do 40 km/h, a indeks b powyżej 40 km/h.

Zaprezentowano sekwencje przejazdu z prędkością powyżej 40km/h pojedynczego pojazdu, wykrycia ruchu na parkingu, ruch pieszy lub pojazdów z prędkością do 40km/h oraz ruch przeciwnieźny pojazdów powyżej 40km/h.

4.7. Algorytm

W załączniku 2 zaprezentowano algorytm drabinkowy sterownika PLC do sterowania dynamicznego oświetleniem ulicy Nowy Świat.

W algorytmie tym można wyróżnić:



Część 1 – Generator impulsów zliczania. W części tej zadeklarowano generator impulsów stanów wysokich i niskich. Impulsy te kierowane są na wejścia impulsowe liczników i służą do podawania kolejnego kroku zliczania. Zaproponowano tu długość czasu stanu niskiego 250 ms oraz stanu wysokiego 250 ms, co daje impuls zliczający co 500 ms.

Część 2 – Wzbudzenie lamp. W części tej powiązано komórki pamięci i wejścia cyfrowe skojarzone z poszczególnymi detektorami oraz ich stykami z wyjściami cyfrowymi skojarzonymi z poszczególnymi oprawami oświetleniowymi. Powiązania wejść detektorów i wyjść włączających oprawy oświetleniowe wykonano zgodnie z tabelami 4.6 i 4.7. Adresy poszczególnych wejść wraz ze skojarzonymi z nimi detektorami zestawiono w tabeli 4.9. Adresy wyjść i skojarzonych z nimi oprawami oświetleniowymi zestawiono w tabeli 4.10.

Część 3 – Opóźnienie wyłączenia lamp. W części tej zadeklarowano układy czasowe, które utrzymują stan wysoki wysterowani wzbudzenia wyjść opraw oświetleniowych na okres 120s po zaniku wzbudzenia przez wejścia detektorów

Część 4 – Łagodne gaszenie lamp. W części tej zadeklarowano, dla każdej oprawy oświetleniowej, liczniki zliczające w dół od 100 do 20. Wyjścia liczników służą do wyliczenia wartości sygnału analogowego sterującego oprawą oświetleniową. Przyjęto tu, że wartość licznika 100 odpowiada 100% mocy świecenia oprawy oświetleniowej, a wartość 20 odpowiada 20% mocy świecenia oprawy oświetleniowej. W przypadku sterowania końcówką mocy oprawy sygnałem analogowym napięciowym 0..10V wartości te należy przeliczyć arytmetycznie w sposób proporcjonalny w algorytmie na 2V (dla 20% mocy) i 10V (dla 100% mocy). Wartości wyjściowe z liczników powiązane są z wyjściami analogowymi skojarzonymi (tab.4.10) z poszczególnymi oprawami oświetleniowymi zgodnie z tabelą 4.10.

Tabela 4.9. Kojarzenie detektorów z adresem wejściowym sterownika

Oznaczenie	Nr słupa Lampy	Nr kolejny na lampie	Próg prędkości	Adres wejścia cyfrowego
D4.1a	L4	1	1	I0.0
D4.1b	L4	1	2	I0.1
D5.1a	L5	1	1	I0.2
D5.1b	L5	1	2	I0.3
D6.1a	L6	1	1	I0.4
D6.1b	L6	1	2	I0.5
D7.1a	L7	1	1	I0.6
D7.1b	L7	1	2	I0.7
D8.1a	L8	1	1	I1.0
D8.1b	L8	1	2	I1.1
D8.2a	L8	2	1	I1.2
D8.2b	L8	2	2	I1.3
D9.1a	L9	1	1	I1.4
D9.1b	L9	1	2	I1.5
D9.2a	L9	2	1	I1.6
D9.2b	L9	2	2	I1.7



Tabela 4.9cd. Kojarzenie detektorów z adresem wejściowym sterownika

Oznaczenie	Nr słupa Lampy	Nr kolejny na lampie	Próg prędkości	Adres wejścia cyfrowego
D10.1a	L10	1	1	I2.0
D10.1b	L10	1	2	I2.1
D10.2a	L10	2	1	I2.2
D10.2b	L10	2	2	I2.3
D11.1a	L11	1	1	I2.4
D11.1b	L11	1	2	I2.5
D11.2a	L11	2	1	I2.6
D11.2b	L11	2	2	I2.7
D12.1a	L12	1	1	I3.0
D12.1b	L12	1	2	I3.1
D12.2a	L12	2	1	I3.2
D12.2b	L12	2	2	I3.3
D13.1a	L13	1	1	I3.4
D13.1b	L13	1	2	I3.5
D14.1a	L14	1	1	I3.6
D14.1b	L14	1	2	I3.7
D15.1a	L15	1	1	I4.0
D15.1b	L15	1	2	I4.1
D16.1a	L16	1	1	I4.2
D16.1b	L16	1	2	I4.3
D17.1a	L17	1	1	I4.4
D17.1b	L17	1	2	I4.5
D18.1a	L18	1	1	I4.6
D18.1b	L18	1	2	I4.7
D19.1a	L19	1	1	I5.0
D19.1b	L19	1	2	I5.1

Tabela 4.10. Kojarzenie oprawy lamp z wyjściami sterownika

Oznaczenie oprawy	Nr słupa Lampy	Nr kolejny na lampie	Adres wyjścia cyfrowego	Adres wyjścia analogowego
L2.1	L2	1	Q0.1	PQW258
L3.1	L3	1	Q0.2	PQW260
L4.1	L4	1	Q0.3	PQW262
L5.1	L5	1	Q0.4	PQW264
L6.1	L6	1	Q0.5	PQW266
L7.1	L7	1	Q0.6	PQW268
L8.1	L8	1	Q0.7	PQW270
L9.1	L9	1	Q1.0	PQW272
L10.1	L10	1	Q1.1	PQW274
L10.2	L10	2	Q1.2	PQW276
L11.1	L11	1	Q1.3	PQW278
L11.2	L11	3	Q1.4	PQW280
L12.1	L12	1	Q1.5	PQW282
L13.1	L13	1	Q1.6	PQW284
L14.1	L14	1	Q1.7	PQW286

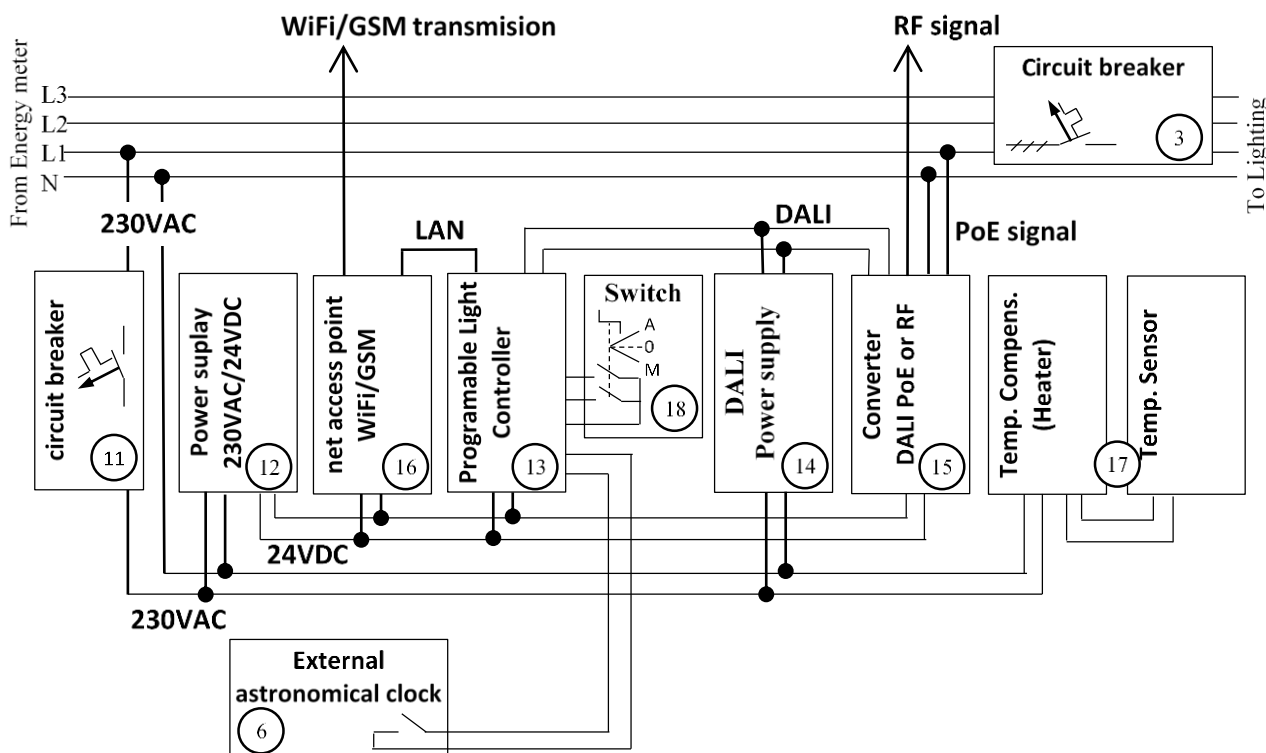
Tabela 4.10 cd. Kojarzenie detektorów z adresem wejściowym sterownika

Oznaczenie oprawy	Nr słupa Lampy	Nr kolejny na lampie	Adres wyjścia cyfrowego	Adres wyjścia analogowego
L15.1	L15	1	Q2.0	PQW288
L16.1	L16	1	Q2.1	PQW290
L17.1	L17	1	Q2.2	PQW292
L18.1	L18	1	Q2.3	PQW294
L19.1	L19	1	Q2.4	PQW296
L20.1	L20	1	Q2.5	PQW298
L21.1	L21	1	Q2.6	PQW300

5. WYBÓR TECHNOLOGII OŚWIETLENIOWEJ I SYSTEMÓW STEROWANIA OŚWIETLENIEM

5.1. Sterownik centralny

Schemat poglądowy proponowanego rozwiązania układu sterownia dynamicznym oświetleniem przedstawiono na rys.5.1. Układ ten składa się z wyłącznika nadprądowego (poz.11), zasilacza (poz.12), kontrolera (poz.13), zasilacza magistrali DALI (poz.14), konwertera sygnału DALI (poz.15) na medium do transmisji sygnałów do 1km, oraz urządzeń opcjonalnych to jest punktu dostępowego (poz.16) oraz stabilizatora temperatury (poz.17). Jako dodatkowe elementy układu sterownika centralnego przyjęto przelącznik 3 pozycyjny (poz.18).



Rys.5.1. Schemat poglądowy układu sterownika centralnego

Zasilanie układu sterownika centralnego odbywać się ma jednofazowo poprzez wyłącznik nadprądowy (poz.11). Bezpośrednio z wyłącznika nadprądowego zasilane są zasilacz 24VDC (poz.12), zasilacz

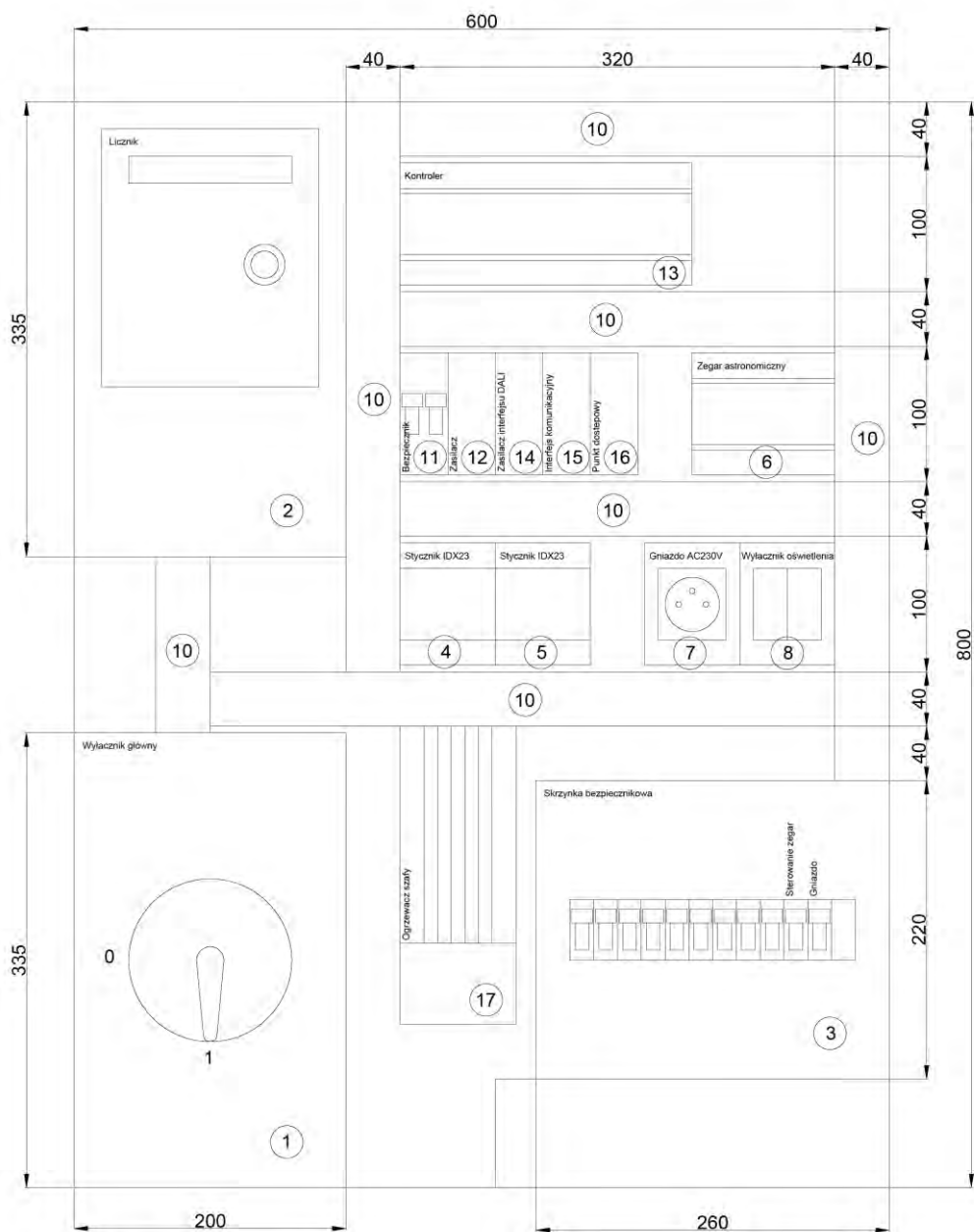


magistrali DALI (poz.14) oraz stabilizator temperatury (poz.17). Pozostałe urządzenia zasilane są pośrednio. Za pośrednictwem zasilacza 24VDC (poz.12) zasilane są punkt dostępowy (poz.16), kontroler (poz.13) oraz konwerter sygnału (poz.15).

Do zmian trybów pracy przewidziano przełącznik 3 pozycyjny (poz.18). Przewiduje się 3 tryby pracy układu: tryb automatyczny, w którym system steruje oświetleniem na podstawie sygnałów z sensorów ruchu, według ustalonego algorytmu. Przewiduje się również możliwość korzystania z istniejącego już zegara astronomicznego (poz.6).

Urządza opcjonalne nie są wymagane. I tak: W przypadku użycia wszystkich urządzeń do pracy w zakresie temperatur od -25°C (lub niższych) do 65°C (lub wyższych) nie jest konieczna instalacja stabilizatora temperatury lub grzałki (poz.17); W przypadku rezygnacji z dostępu zdalnego do sterownika i zdalnego monitorowania oraz zarządzania pracą systemu dynamicznego oświetlenia, nie jest konieczny punkt dostępowy (poz.16). W przypadku gdy kontroler posiada wbudowany zegar astronomiczny, nie ma konieczności korzystania z zewnętrznego zegara astronomicznego (poz.6).

Urządzenia wchodzące w skład sterownika centralnego można zabudować w istniejącej skrzynce oświetleniowej SO25. W skrzynce tej znajduje się wystarczająco dużo miejsca do zabudowy tego sterowania. Wymaga to jednak przebudowy rozmieszczenia aparatów elektrycznych zainstalowanych wewnątrz skrzynki. Z uwagi jednak na rozmieszczenie obecnie istniejących urządzeń elektrycznych, konieczne jest ich przesunięcie i nowe ich rozmieszczenie. Nie ma przy tym konieczności wymiany istniejących urządzeń. Przykładowy sposób rozmieszczenia urządzeń na płycie montażowej w istniejącej skrzynce oświetleniowej SO25 pokazano na rys.5.2.



Rys.5.2. Przykładowe rozmieszczenie urządzeń na płycie montażowej skrzynki oświetleniowej SO25 po przebudowie

Urządzenia istniejące

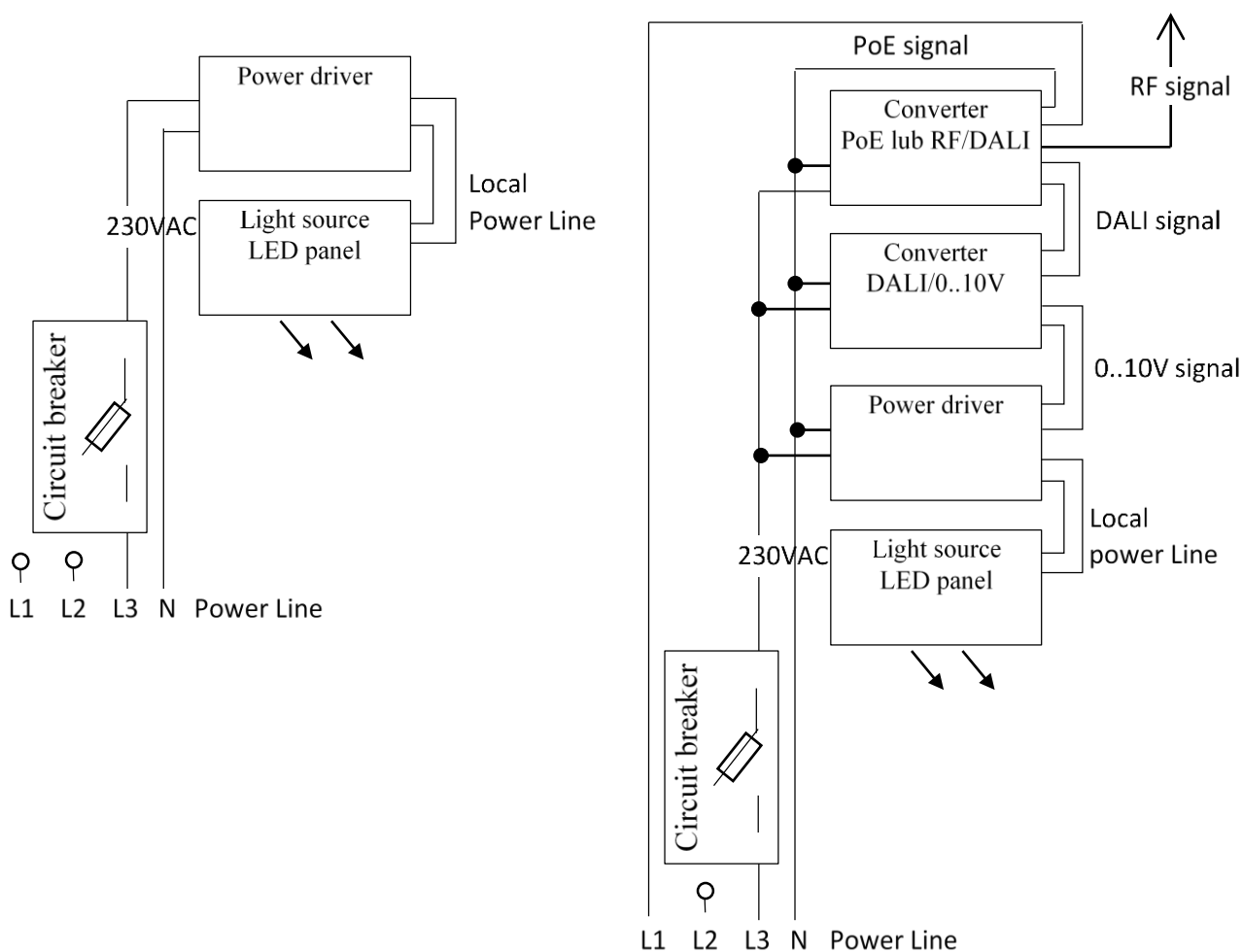
1. Wylącznik główny
2. Licznik energii
3. Skrzynka bezpiecznikowa
4. Stycznik obwodu 1
5. Stycznik obwodu 2
6. Zegar astronomiczny
7. Gniazdo AC230V
8. Wylącznik ręczny
9. Korytko kablowe

Urządzenia dodane

10. Korytko kablowe
11. Wylącznik nadprądowy
12. Zasilacz AC230V/DC24V
13. Kontroler sterowania oświetleniem
14. Zasilacz magistrali transmisji sygnałów DALI
15. Interfejs komunikacyjny DALI
16. Punkt dostępowy
17. Stabilizator temperatury (opcja)

5.2. Sensory i elementy wykonawcze

Układ sterujący bezpośrednio mocą źródła światła LED przedstawiono na rys.5.3. Obecnie układ (rys.5.3.a) składa się ze źródła światła w postaci panelu LED, lokalnego sterownika mocy i bezpiecznika. Aby umożliwić sterowanie zdalne mocą źródła światła, układ ten należy przebudować. Przykładowym rozwiązaniem jest układ pokazany na rys.5.3.b). Układ ten zawiera źródło światła, lokalny sterownik mocy, konwerter sygnału DALI na sygnał sterujący, konwerter sygnału magistrali przesyłowej na sygnał lokalny DALI.

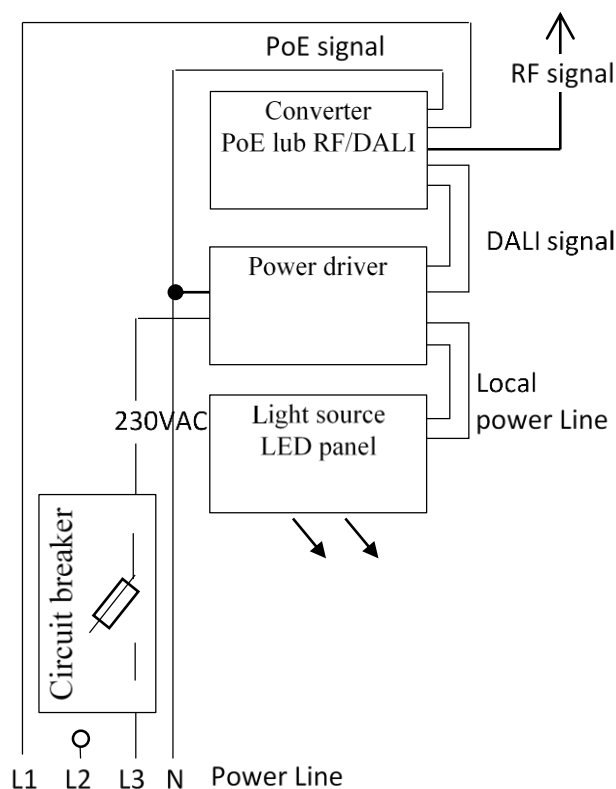


a) układ istniejący

b) układ projektowany

Rys.5.3 Schemat poglądowy układu lokalnego sterowania mocą źródła światła

Niektóre lub wszystkie urządzenia tego układu handlowo mogą występować jako zintegrowane ze sobą, np. panel LED może mieć zintegrowany sterownik mocy. Sterownik mocy może być wyposażony bezpośrednio w interfejs DALI lub jedno urządzenie może zawierać w sobie zarówno sterownik z regulacją mocy, jak i konwerter sygnału DALI na sygnał radiowy RF. W dalszej części projektu przyjęta została wersja, że lokalny sterownik mocy ma wbudowany interfejs DALI (rys.5.4)

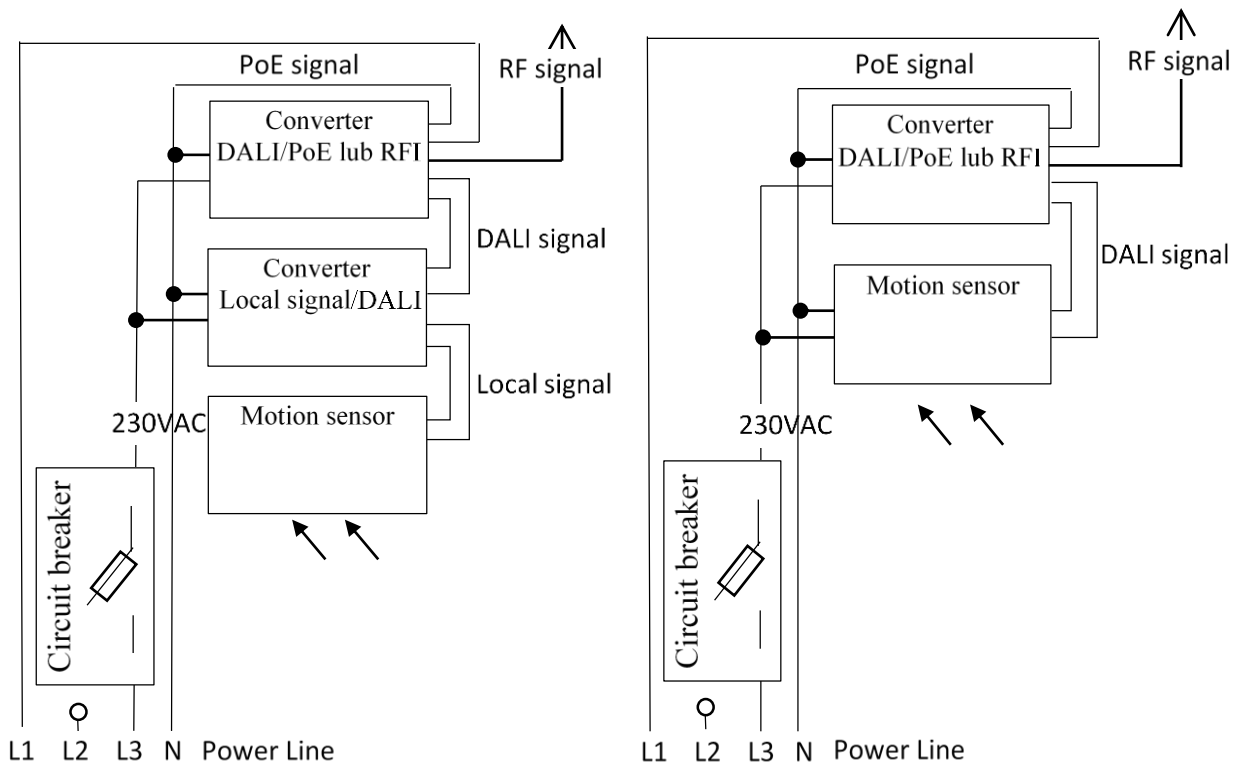


Rys.5.4. Schemat poglądowy układu lokalnego sterowania mocą źródła światła, układ zintegrowany

Układ sensora ruchu w ogólnym rozwiązaniu (rys.5.5), składa się z czujnika, konwertera sygnału na protokół DALI oraz konwertera protokołu DALI na magistralę przesyłania danych. Tak jak w przypadku układu sterowania mocą źródeł światła, urządzenia te mogą być zintegrowane w ramach jednego sensora lub sensor może mieć wbudowany interfejs DALI lub interfejs DALI i konwerter sygnału np. radiowego mogą tworzyć całość. W dalszej części projektu założone zostało, że sensor posiada wbudowany interfejs DALI.

W przypadku instalacji sensorów ruchu na słupie oświetleniowym, można wykorzystać jeden konwerter magistrali przesyłającej sygnały do obsługi zarówno sensorów, jak i lokalnego sterownika mocy (rys.5.6). Rozwiązanie takie zmniejsza ilość elementów niezbędnych do implementacji systemu.

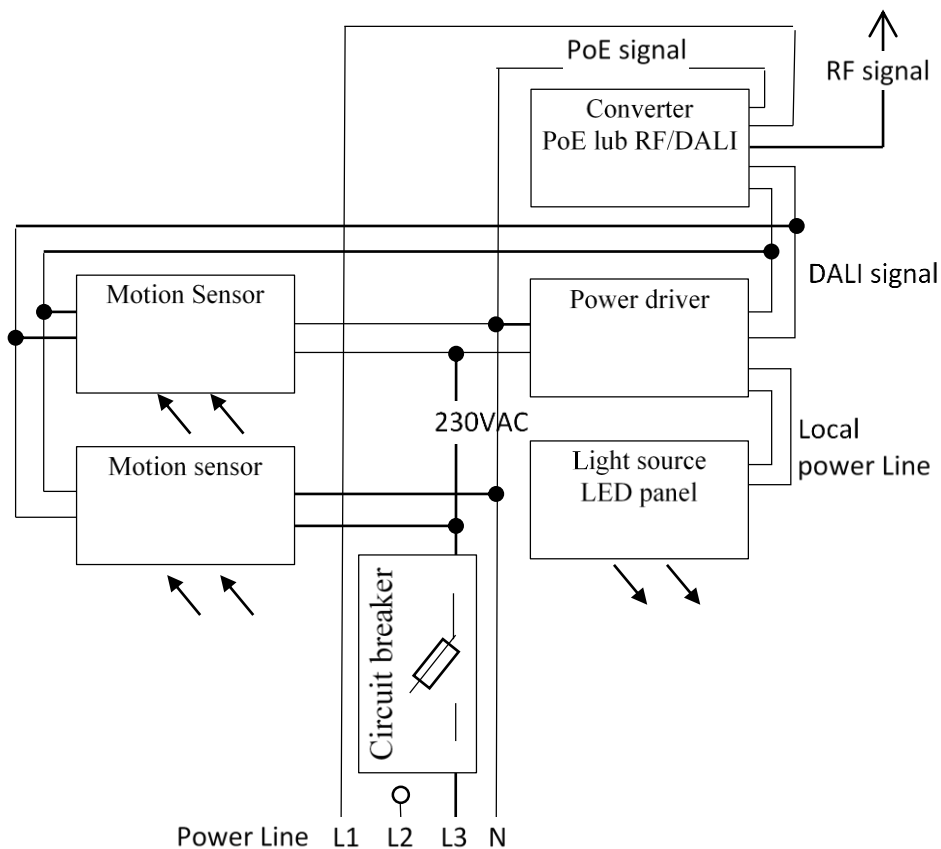
Należy zwrócić uwagę, że na schematach konwerter magistrala sygnałowa/sygnał DALI, przedstawiony jest jednocześnie w dwóch wersjach z medium transmisyjnym radiowym RF i medium transmisyjnym po przewodzie energetycznym. W rozwiązaniu należy wybrać jedno z nich. Inne rozwiązania magistrali komunikacyjnej dla lokalizacji ulica Nowy Świat, wymagałyby położenia dodatkowego przewodu sygnałowego. Ponieważ obwód oświetleniowy i ulica Nowy Świat są po remoncie, nie zaleca się takiego rozwiązania.



a) układ niezintegrowany

b) układ z sensorem z wbudowanym interfejsem DALI

Rys.5.5. Schemat poglądowy projektowanego układu sensora ruchu



Rys.5.6. Układ dwóch sensorów i sterowania mocą źródła światła w jednym słupie oświetleniowym



5.3. Obliczenia

5.3.1. Zapotrzebowanie mocy i dobór zabezpieczeń

a) Sterownik centralny

Zasilacz 230VAC/24VDA

Zasilacz przeznaczony jest do zasilania napięciem 24VDC następujących urządzeń: kontrolera, punktu dostępowego i konwertera sygnału. Przewidywana moc maksymalna kontrolera to 35W, punktu dostępowego to 6W, a konwertera DALI 0,5W. Łączny pobór prądu z zasilacza to 41,5W. Przyjęto 20% zapas mocy. Stąd wymagana moc zasilacza wynosi: $41,5W \cdot 1,2 = 49,8W$

Przyjęto zasilacz 24VDC o mocy 60W.

Zasilacz magistrali DALI

Zasilacza magistrali interfejsu DALI przyjęto zasilany napięciem 230VAC.

Przyjęto zasilacz magistrali DALI o mocy 5W

Stabilizator temperatury

Przewiduje się zastosowanie stabilizatora temperatury w przypadku użycia urządzeń nieodpornych na działanie ujemnych temperatur. W tym przypadku będzie on miał zadanie ogrzać wnętrze obudowy wolnostojącej istniejącej rozdzielniczy SO25.

Wymiary rozdzielniczy:

$$H \times W \times D = 900 \times 650 \times 300$$

gdzie: H: wysokość, W: szerokość; D: głębokość (w milimetrach)

Powierzchnia emisyjna obudowy:

$$S = 1,8 \cdot H \cdot (W + D) + 1,4 \cdot W \cdot D = 1,8 \cdot 0,9m \cdot 0,95m + 1,4 \cdot 0,65m \cdot 0,3m = 1,812m^2$$

Współczynnik przewodności cieplnej obudowy

Przyjęto współczynnik emisji cieplnej dla stali pomalowanej równy:

$$K = 5,5 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Różnica temperatur:

Przyjęto, że urządzenia wewnątrz skrzynki w skrajnym przypadku będą pracować przy temperaturze 0°C. Ponieważ spodziewana najniższa temperatura wyniesie -30°C, stąd maksymalna różnica temperatur wyniesie:

$$\Delta T = 30K$$

Wymagana moc grzałki:

$$W = S \cdot K \cdot \Delta T = 1,812m^2 \cdot 5,5 \frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot 30K = 298,98W \approx 300W$$

Przyjęto stabilizator temperatury o mocy 300W



Moc całkowita

$$P = 60W + 5W + 300W = 365W$$

Moc układu sterownika centralnego wynosi 365W

Dobór zabezpieczenia

Zasilanie urządzeń jednofazowe

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{365W}{230V \cdot 0,95} = 1,67A$$

Ze względów eksploatacyjnych dla układu sterownika centralnego należy przyjąć zabezpieczenie: 1xC6A

b) Obwód oświetleniowy

Obwód oświetleniowy składa się z 24 opraw oświetleniowych. Każda oprawa oświetleniowa wyposażona jest w źródło światła o mocy 106W. W ramach sterowania dynamicznego oświetleniem przewidziano uzupełnienie obwodu oświetleniowego o 24 układy sensorów oraz 24 układy lokalnych sterowników mocy. Do określenia zapotrzebowania mocy i sprawdzenia użytego zabezpieczenia przyjęto najbardziej rozbudowana wersja rozwiązania (tj. dla rozwiązań niezintegrowanych) wymaga: w ramach układu sensora ruchu użycia: konwerter DALI/magistrala, konwerter sygnał/DALI i sensor ruchu; w ramach lokalnego sterownika mocy źródła światła użycia: konwertera magistrala/DALI, konwerter DALI/sygnał sterujący, sterownik mocy źródła światła.

Źródła światła

Przewidziano pozostawienie istniejących źródeł światła oraz wymianę istniejących lokalnych sterowników z programowalnych na sterowalne. Moc pojedynczego istniejącego źródła światła wynosi 106W. Przyjmując 24 źródła światła

$$P_0 = 24 \cdot 106W = 2544W$$

Sumaryczna moc źródeł światła wynosi: 2544W

Sensory

Przyjęto, że wszystkie urządzenia w ramach sensora ruchu będą zasilane napięciem 230VAC. Przewidywana moc poszczególnych urządzeń wynosi: konwerter DALI/magistrala 0,5W, konwerter sygnał/DALI 5W, sensor ruchu 1W.

$$P_1 = 24 \cdot (0,5 + 5 + 1) = 24 \cdot 6,5 = 156W$$

Sumaryczna moc układów sensora ruchu wynosi 156W

Sterowniki lokalne

Przyjęto, że w ramach układu sterowniki będą zasilane napięciem 230VAC. Przewidywana moc poszczególnych urządzeń wynosi: konwerter magistrala/DALI 5W, konwerter DALI/sygnał sterujący 0,5W. Dla sterownika mocy przyjęto maksymalną stratę mocy na poziomie 2%, stąd moc tracona w sterowniku mocy wynosi nie więcej niż 2,5W

$$P_2 = 24 \cdot (5 + 0,5 + 2,5) = 24 \cdot 8 = 192W$$

Sumaryczna moc układów sterownika mocy wynosi 192W



Moc całkowita

Przewidywana moc całkowita obwodu oświetleniowego wynosi

$$P = 2544W + 156W + 192W = 2892W$$

Moc obwodu oświetleniowego wyniesie 2892W

Zabezpieczenie

Zasilanie urządzeń z wykorzystaniem 3 faz

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{2892W}{\sqrt{3} \cdot 400V \cdot 0,95} = 4,40A$$

Ze względów eksploatacyjnych dla układu obwodu oświetleniowego należy pozostawić istniejące zabezpieczenie: 3xC25A

Spadek napięcia

Moc całkowita obwodu $P=2893W$, długość przewodu zasilającego $L=845m$, przekrój przewodu elektroenergetycznego $S=25mm^2$, Konduktywność przewodu $\gamma = 55 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$

$$\Delta U = \frac{100\% \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot S \cdot U^2} = \frac{2892W \cdot 845m}{55 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 25mm^2 \cdot (400V)^2} = 1,11\%$$

Spadek napięcia obwodu oświetleniowego w granicy dopuszczalnej $1,11\% < 4\%$

Impedancja pętli zwarcia

Zwarcie na słupie L22 (ostatnim skrajnym). Długość przewodu $L=0,845km$, przekrój przewodu elektroenergetycznego $S=25mm^2$, Konduktywność przewodu $\gamma = 55 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$

Przewodność jednostkowa

$$R_k = \frac{1}{\gamma \cdot S} = \frac{1}{55 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 25mm^2} = 0,727 \frac{\Omega}{km}$$

Indukcyjność jednostkowa, przyjęto:

$$X_k = 0,1 \frac{\Omega}{km}$$

Rezystancja linii kablowej

$$R = R_k \cdot 2L = 0,727 \frac{\Omega}{km} \cdot 2 \cdot 0,845km = 1,229\Omega$$

Reaktancja linii kablowej

$$X = X_k \cdot 2L = 0,1 \frac{\Omega}{km} \cdot 2 \cdot 0,845km = 0,196\Omega$$

Impedancja pętli zwarcia

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{1,229^2 + 0,196^2} = 1,240\Omega$$

Prąd pętli zwarcia



$$I_{zw} = \frac{U \cdot \cos \varphi}{Z} = \frac{230V \cdot 0,95}{1,240\Omega} = 176,2A$$

Prąd wyłączenia

$$I_{wył} = I_B \cdot k = 25A \cdot 5 = 125A$$

Warunek wyłączenia

$$I_{zw} > I_{wył}$$

$$176,2A > 125A$$

Warunek spełniony



6. ANALIZA EKONOMICZNA ZASTOSOWANYCH ROZWIĄZAŃ

Jednym z kryteriów oceny inwestycji jest jej ekonomiczna opłacalność. Do oceny efektywności ekonomicznej przyjęto metody zdyskontowanych przepływów pieniężnych, ponieważ przy długim horyzoncie czasowym (35 lat) proste metody oceny inwestycji są niemiarodajne.

Dla celów analizy przyjęto następujące założenia:

- Wprowadzenie dynamicznego sterowania dla 22 opraw oświetleniowych. Oprawy niesterowane to: 2 oprawy na skrajnych słupach ulicy
- Wykorzystanie istniejących opraw oświetleniowych LED
- Wykonanie dynamicznego sterowania z układów niezintegrowanych
- Na jednym słupie oświetleniowym zostanie zainstalowany jeden węzeł dostępowy (konwerter magistrała przesyłowa/ interfejs DALI), który poprzez interfejs DALI obsługiwać będzie jednocześnie sterownik mocy źródła światła i zainstalowane na słupie sensory.
- Zostaną użyte układy do pracy na zewnątrz, tj. w zakresie temperatur nie gorszym niż od -30°C do 65°C. Dlatego nie uwzględniony jest układu kompensacji temperatury w skrzynce oświetleniowej.
- Wzrost cen energii nie z OZE o 60%

Koszt materiałów

Oprawa oświetleniowa

Lp.	Opis	Koszt	Uwagi
1	Oprawa i źródło światła	0zł	Istniejąca
2	Regulator mocy	210zł	
3	Konwerter DALI/sygnal sterujący	171zł	
4	Konwerter magistrała/DALI (węzeł dostępowy)	424zł	
		805zł	Suma
		22	Ilość
		17710zł	Razem

Sensor ruchu

Lp.	Opis	Koszt	Uwagi
1	Konwerter magistrała/DALI (węzeł dostępowy)	0zł	Oprawie oświetleniowa
2	Konwerter sygnal/DALI	100zł	
3	Sensor	435zł	
		535zł	Suma
		21	Ilość
		11235zł	Razem



Sterownik centralny

Lp.	Opis	Koszt	Uwagi
1	Kontroler	2000zł	
2	Zasilacz 24VDC	100zł	
3	Włącznik nadprądowy	100zł	
4	Zasilacz interfejsu DALI	340zł	
5	Konwerter DALI/magistrala (węzeł dostępowy)	424zł	
6	Stabilizator temperatury	0zł	
7	Obudowa	0zł	Istniejąca
		2964zł	Suma
		1	Ilość
		2964zł	Razem

Koszt robocizny

W wariantcie tym przyjęto, że:

- Montaż urządzeń na słupie oświetleniowym (sensorów i sterownika mocy) będzie wykonywany przez 2 osoby, przyjęto stawkę 30,19zł/h (2 razy wynagrodzenie minimalne), czas montażu 24 roboczo godziny
- Obsługę podnośnika koszowego będzie wykonywać 1 osoba, przyjęto stawkę 30,19zł/h (2 razy wynagrodzenie minimalne), czas obsługi podnośnika 24 roboczo godziny
- Przebudowa wnętrza skrzynki oświetleniowej będzie wykonywana przez 2 osoby, przyjęto stawkę 30,19zł/h (2 razy wynagrodzenie minimalne), czas montażu 16 roboczo godziny
- Zabudowa urządzeń sterownika centralnego będzie wykonywany przez 2 osoby, przyjęto stawkę 30,19zł/h (2 razy wynagrodzenie minimalne), czas montażu 8 roboczo godziny
- Prace związane z oprogramowaniem kontrolera zostaną wykonane przez 1 osobę, przyjęto stawkę 60,37zł/h (4 razy wynagrodzenie minimalne), czas wykonania i testowania oprogramowania 80 roboczo godziny i czas instalacji (wgrania) oprogramowania 8 roboczo godzin.

Zabudowa urządzeń na słupie oświetleniowym

Lp.	Opis	Koszt	Uwagi
1	Montaż urządzeń	1450zł	
2	Obsługa podnośnika koszowego	725zł	
		2175zł	Razem

Zabudowa urządzeń w skrzynce instalacyjnej (oświetleniowej)

Lp.	Opis	Koszt	Uwagi
1	Montaż skrzynki instalacyjnej	0zł	
2	Przebudowa wnętrza skrzynki oświetleniowej	484zł	
3	Zabudowa urządzeń sterownika centralnego	484zł	
		968zł	Razem



Instalacja oprogramowania

Lp.	Opis	Koszt	Uwagi
1	Wykonanie oprogramowania	4830zł	
2	Instalacja oprogramowania	483zł	
		5313zł	Razem

Koszt delegacji

W wariantcie tym przyjęto, że:

- Koszt noclegów obejmuje: 3 noclegi 2 pracowników wykonujących prace montażowe (lub ewentualnie demontażowe) na słupach oświetleniowych; 3 noclegi 1 pracownika obsługi podnośnika koszowego; 2 noclegi 1 pracownika wykonującego prace montażowe (lub ewentualnie demontażowe) w skrzynce oświetleniowej. Razem 11 noclegów,
- Diety pracowników wykonujących prace w delegacji: 4 diety 2 pracowników wykonujących prace montażowe (lub ewentualnie demontażowe) na słupach oświetleniowych; 4 diety 1 pracownika obsługi podnośnika koszowego; 2 diety 2 pracowników wykonujących prace montażowe (lub ewentualnie demontażowe) w skrzynce oświetleniowej; 1 dieta 1 pracownika wykonującego instalację oprogramowania. Razem 17 diet,
- Dojazdy pracowników. Przyjęto dojazd z odległości 100km oraz koszt dojazdu w wysokości 1,5zł/km. Przyjęto wykonanie: 2 przejazdów przez pracowników wykonujących prace montażowe (lub ewentualnie demontażowe) na słupach oświetleniowych; 2 przejazdów pracownika obsługi podnośnika koszowego, 2 przejazdów pracowników wykonujących prace montażowe (lub ewentualnie demontażowe) w skrzynce oświetleniowej; 2 przejazdów pracowników wykonujących instalację oprogramowania. Razem 8 przejazdów.

Koszty delegacji

Lp.	Opis	Koszt	Uwagi
1	Koszty noclegów	1320zł	
2	Koszt diet	510zł	
3	Koszt dojazdu	1120zł	
		2950zł	Razem

Koszt usług dodatkowych

W wariantcie tym przyjęto, że:

- Koszt wynajmu podnośnika koszowego jest wartością rozliczaną w cyklach miesięcznych i równą 4850zł/miesiąc,
- Do wyliczenia kosztu zużytego paliwa podnośnika koszowego przyjęto: normę zużycia 12 l/h, cenę jednostkową paliwa na poziomie 5,28zł/l, ilość godzin pracy 32h.

Koszt usług

Lp.	Opis	Koszt	Uwagi
1	Wynajem podnośnika koszowego	4850zł	
2	Koszt paliwa	2028zł	
		6878zł	Razem



Koszty zakupu energii dla instalacji istniejącej

W wariantcie tym przyjęto:

- Moc urządzeń pracujących całą dobę: 1 sterownik astronomiczny o mocy 1,5W
- Moc urządzeń obwodu oświetleniowego pracujący po włączeniu oświetlenia: 24 źródła światła o mocy 106W, 1 stycznik o mocy 0,5W. Łącznie 2544,5W
- Energia elektryczna rozliczana jest dla 2 strefach taryfowych. Strefa taryfowa 2 trwa od 13:00 do 16:00 oraz od 22:00 do 7:00. W związku z tym strefa taryfowa 1 trwa 4380,00h/rok oraz strefa taryfowa 2 trwa 4380,00h/rok
- Roczne zużycie energii urządzeń pracujących całą dobę w strefie taryfowej 1 wynosi $1,5W \cdot 4380,00h/rok = 6,57kWh/rok$ oraz w strefie taryfowej 2 wynosi $1,5W \cdot 4380,00h/rok = 6,57kWh/rok$
- Obwód oświetleniowy włączony jest od zachodu do wschodu słońca zgodnie z kalendarzem astronomicznym, co daje 1309,02h/rok pracy w strefie 1 (strefa w szczycie - droższa) i 2971,95h/rok pracy w strefie 2 (strefa poza szczytem – tańsza)
- Roczne zużycie energii, urządzeń pracujących po włączeniu oświetlenia na oświetlenie w strefie taryfowej 1 wynosi $2544,5W \cdot 1309,02h/rok = 3330,80kWh/rok$
- Roczne zużycie energii, urządzeń pracujących po włączeniu oświetlenia na oświetlenie w strefie taryfowej 2 wynosi $2544,5W \cdot 2971,95h/rok = 7562,13kWh/rok$
- Koszt zakupu energii w strefie taryfowej 1 obejmuje koszt dystrybucji energii równy 0,1669zł/kWh; koszt zakupu energii OZE równy 0,0037zł/kWh; koszt zakupu energii nie OZE równy 0,3256zł/kWh (**przyjęto tu wzrost cen energii nie z OZE o 60%**). W sumie koszt zakupu energii w strefie taryfowej 1 wynosi 0,4962zł/kWh
- Koszt zakupu energii w strefie taryfowej 2 obejmuje koszt dystrybucji energii równy 0,1158zł/kWh; koszt zakupu energii OZE równy 0,0037zł/kWh; koszt zakupu energii nie OZE równy 0,3256zł/kWh (**przyjęto tu wzrost cen energii nie z OZE o 60%**). W sumie koszt zakupu energii w strefie taryfowej 2 wynosi 0,4451zł/kWh
- Całkowite zużycie energii w strefie taryfowej 1 wynosi $6,57kWh/rok + 3330,80kWh/rok = 3337,37kWh/rok$
- Całkowite zużycie energii w strefie taryfowej 2 wynosi $6,57kWh/rok + 7562,13kWh/rok = 7568,70kWh/rok$

Roczny koszt zakupu energii dla instalacji istniejącej

Lp.	Opis	Koszt	Uwagi
1	Koszt energii w strefie taryfowej 1	1656,00zł/rok	
2	Koszt energii w strefie taryfowej 2	3368,82zł/rok	
		5024,82zł/rok	Suma
		1155,71zł/rok	VAT (23%)
		6180,53zł/rok	Łącznie

Koszty zakupu energii dla instalacji projektowanej

W wariantcie tym przyjęto:

- Moc urządzeń pracujących całą dobę: 1 sterownik astronomiczny o mocy 1,5W
- Moc urządzeń obwodu oświetleniowego pracujący po włączeniu oświetlenia i sterowanych mocą: 22 źródła światła o mocy 106W. Łącznie 2332,0W. Po obniżeniu mocy o 80% jest to 466,4W
- Moc urządzeń obwodu oświetleniowego pracujący po włączeniu oświetlenia i niesterowanych mocą: 2 źródła światła o mocy 106W, urządzenia sterownika centralnego mocy łącznej 47W, 21 sensorów ruchu o mocy 1W i 20 urządzeń komunikacyjnych o mocy 11,5W. Łącznie 510,0W
- Energia elektryczna rozliczana jest dla 2 strefach taryfowych. Strefa taryfowa 2 trwa od 13:00 do 16:00 oraz od 22:00 do 7:00. W związku z tym strefa taryfowa 1 trwa 4380,00h/rok oraz strefa taryfowa 2 trwa 4380,00h/rok
- Roczne zużycie energii urządzeń pracujących całą dobę w strefie taryfowej 1 wynosi $1,5W \cdot 4380,00h/rok = 6,57kWh/rok$ oraz w strefie taryfowej 2 wynosi $1,5W \cdot 4380,00h/rok = 6,57kWh/rok$
- Obwód oświetleniowy włączony jest od zachodu do wschodu słońca zgodnie z kalendarzem astronomicznym, co daje 1309,02h/rok pracy w strefie 1 (strefa w szczycie - droższa) i 2971,95h/rok pracy w strefie 2 (strefa poza szczytem – tańsza)
- W strefie taryfowej 1, przy funkcjonowania obwodu z obniżoną mocą źródeł światła o 80% w czasie stanowiącym 80% czasu pracy (2,9h), czas pracy urządzeń z obniżoną mocą wynosi 1058,50h/rok
- W strefie taryfowej 2, przy funkcjonowania obwodu z obniżoną mocą źródeł światła o 80% w czasie stanowiącym 80% czasu pracy (6,5h), czas pracy urządzeń z obniżoną mocą wynosi 2372,50h/rok
- Roczne zużycie energii, urządzeń pracujących z obniżoną mocą po włączeniu oświetlenia w strefie taryfowej 1 wynosi $466,4W \cdot 1058,50h/rok = 493,68kWh/rok$
- Roczne zużycie energii, urządzeń pracujących z pełną mocą po włączeniu oświetlenia w strefie taryfowej 1 wynosi $(2332,0+510,0)W \cdot 250,52h/rok = 711,98kWh/rok$
- Roczne zużycie energii, urządzeń pracujących z obniżoną mocą po włączeniu oświetlenia w strefie taryfowej 2 wynosi $466,4W \cdot 2372,50h/rok = 1106,53kWh/rok$
- Roczne zużycie energii, urządzeń pracujących z pełną mocą po włączeniu oświetlenia w strefie taryfowej 2 wynosi $(2332,0+510,0)W \cdot 599,45h/rok = 1703,64kWh/rok$
- Koszt zakupu energii w strefie taryfowej 1 obejmuje koszt dystrybucji energii równy 0,1669zł/kWh; koszt zakupu energii OZE równy 0,0037zł/kWh; koszt zakupu energii nie OZE równy 0,3256zł/kWh (**przyjęto tu wzrost cen energii nie z OZE o 60%**). W sumie koszt zakupu energii w strefie taryfowej 1 wynosi 0,4962zł/kWh
- Koszt zakupu energii w strefie taryfowej 2 obejmuje koszt dystrybucji energii równy 0,1158zł/kWh; koszt zakupu energii OZE równy 0,0037zł/kWh; koszt zakupu energii nie OZE równy 0,3256zł/kWh (**przyjęto tu wzrost cen energii nie z OZE o 60%**). W sumie koszt zakupu energii w strefie taryfowej 2 wynosi 0,4451zł/kWh
- Całkowite zużycie energii w strefie taryfowej 1 wynosi $6,57kWh/rok + 493,68kWh/rok + 711,98kWh/rok = 1212,23kWh/rok$
- Całkowite zużycie energii w strefie taryfowej 2 wynosi $6,57kWh/rok + 1106,53kWh/rok + 1703,64kWh/rok = 2816,74zł$



Roczny koszt zakupu energii dla instalacji projektowanej

Lp.	Opis	Koszt	Uwagi
1	Koszt energii w strefie taryfowej 1	601,50zł/rok	
2	Koszt energii w strefie taryfowej 2	1253,73zł/rok	
		14855,23zł/rok	Suma
		426,70zł/rok	VAT (23%)
		2281,93zł/rok	Łącznie

Całkowity koszt inwestycji

Robocizna

Lp.	Opis	Koszt	Uwagi
1	Zabudowa urządzeń na słupie	2175zł	
2	Zabudowa urządzeń w skrzynce	968zł	
3	Instalacja oprogramowania	5313zł	
		8456zł	Suma
4	Koszt delegacji	2950zł	
		11406zł	Łącznie

Koszty usług i wynajmu sprzętu

1	Koszt usług i wynajmu sprzętu	6878zł	
		6878zł	Łącznie

Materialy

1	Oprawa oświetleniowa	17710zł	
2	Sensor ruchu	11235zł	
3	Sterownik centralny	2964zł	
		31909zł	Łącznie

Całkowity koszt budowy

1	Robocizna	8456zł	
2	Usługi	6878zł	
3	Delegacje	2950zł	
4	Materialy	31909zł	
		50193zł	Suma
5		5019zł	Projekt (10%)
6		10038zł	Marża (20%)
		65250zł	Łącznie



Czas eksploatacji

Czas eksploatacji przyjęto jako odpowiadający czasowi życia opraw oświetleniowych, który według producenta wynosi 150000h (oprawa Urbino LED, zgodnie z deklaracją producenta).

Roczny czas pracy oprawy oświetleniowej

1	Czas pracy z pełną mocą w strefie 1	261,80h/rok	
2	Czas pracy z obniżoną mocą w strefie 1	1047,22h/rok	
3	Czas pracy z pełną mocą w strefie 2	297,20h/rok	
	Czas pracy z obniżoną mocą w strefie 2	2674,75h/rok	
		4281,97h/rok	Suma

Przewidywany maksymalny czas eksploatacji opraw oświetleniowych wynosi

$$t = \frac{150000h}{4281,97 \frac{h}{rok}} = 35,04lat \approx 35lat$$

Efektywność ekonomiczna

Oceny opłacalności inwestycji dokonano przy użyciu dyskontowych mierników efektywności:

- wartość bieżąca netto przedsięwzięcia - NPV (ang. Net Present Value) – według kryterium NPV inwestycja jest opłacalna, gdy $NPV \geq 0$;
- wewnętrzna stopa zwrotu – IRR (ang. Internal Rate of Return) – inwestycja jest opłacalna wtedy, gdy IRR jest wyższa lub równa przyjętej stopie dyskontowej;
- wskaźnik wartości bieżącej netto – NPVR (ang. Net Present Value Ratio) – daje informacje podobną do stopy zwrotu, jednak z uwzględnieniem czynnika czasu, ryzyka, jaką część zdyskontowanego nakładu stanowi zdyskontowany dochód z inwestycji; najlepszym rozwiązaniem jest, gdy NPVR jest największe;
- zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu – MIRR (ang. Modified Internal Rate of Return) – wartość stopy dyskontowej, dla której wartość obecna wydatków inwestycyjnych jest równa wartości obecnej sumy przepływów pieniężnych, które są każdorazowo inwestowane.

Do analizy efektywności ekonomicznej przyjęto:

- Nakłady inwestycyjne w wysokości 65250zł
- Udział środków własnych na poziomie 0%
- Udział kredytu na poziomie 100%
- Wysokość oprocentowania pożyczek (WIBOR3M na dzień 03.01.2018) równy 1,72%
- Marże kredytu w wysokości 4%
- Inflację (w miesiącu 11.2018) równą 1,30%
- Oprocentowanie realne kredytu w wysokości 4,36%
- Ilość rat spłaty kredytu 20 rat raz w roku
- Początek spłaty kredytu 2 rok
- Redyskontową stopę oprocentowania (w miesiącu 11.2018) równą 1,75%
- Stopę dyskontową w wysokości 7,35%



Do wyznaczenia wartości poszczególnych wskaźników efektywności oszacowano przepływy strumieni pieniężnych w całym okresie realizacji inwestycji, jak również sporządzono prognozę rachunku zysków i strat. Szczegółowe wartości analizy zestawiono w załączniku 3.

Dla tak przyjętych wartości uzyskano następujące wskaźniki ekonomiczne

1	Wartość bieżąca netto	89,77zł	NPV
2	Wewnętrzna stopa zwrotu	7,42%	IRR
3	Wskaźnik wartości bieżącej netto	0,00	NPVR
4	Zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu	7,38%	MIRR

Szczegółowe wartości analizy zestawiono w załączniku 3

Należy zaznaczyć że:

- wartości tych wskaźników uzyskano dla nakładów inwestycyjnych w wysokości 65250zł
- do analizy przyjęto wzrost cen energii (tylko) nie z OZE o 60% w stosunku do roku 2018

Jak wynika z analizy wskaźników:

- wskaźnik NPV jest >0 i wynosi 89,77 zł,
- wskaźnik IRR wynosi 7,42% i jest większy od założonej stopy dyskontowej 7,35%,
- wskaźnik NPVR jest nieujemny,
- wskaźnik MIRR wynosi 7,38% i jest większy od założonej stopy dyskontowej 7,35%.

Uzyskane wartości wskaźników efektywności ekonomicznej wskazują na opłacalność rozpatrywanej inwestycji.



7. OCZEKIWANE REZULTATY

Oświetlenie miejskie stanowi w budżetach gmin i miast istotną pozycję na liście wydatków systematycznie ponoszonych przez samorząd. Wynika to nie tylko z ilości punktów oświetleniowych za które odpowiedzialne są władze samorządowe, ale również niejednokrotnie z faktu, iż oświetlenie to jest stare, energochłonne, a infrastruktura oświetleniowa często wymaga inwestycji. Ponadto, leciwe i wyeksploatowane oświetlenie zazwyczaj nie działa tak jak powinno, źle oświetlając przestrzeń i nie dając użytkownikom komfortu.

Mając świadomość kosztów i problemów jakie generuje stare oświetlenie miejskie, na przestrzeni ostatnich lat zarówno Lwówek Śląski, jak i wiele innych miast i gmin w Polsce podjęło wysiłek inwestycyjny modernizacji i wymiany starej infrastruktury oświetleniowej. Stare instalacje, zdegradowane słupy, czy nieefektywne żarówki sodowe zostały wymienione na nowe, a oprawy wyposażone zostały w oświetlenie LED, gwarantujące z jednej strony dużą żywotność tych lamp, jak i istotny wzrost oszczędności energii w stosunku do starych żarówek sodowych.

Działania takie mimo dużych wydatków inwestycyjnych znacząco zmniejszyły koszty utrzymania oświetlenia. Dały również możliwość, tak jak w przypadku ulicy Nowy Świat podjęcia analiz technicznych i ekonomicznych mających na celu dalszą poprawę efektywności systemu oświetlenia tam zainstalowanego, jak również poprawę jego jakości i zmniejszenie zużycia energii.

W ramach przeprowadzonych działań pilotowych zaproponowano wdrożenie dynamicznego oświetlenia umożliwiającego sterowanie natężeniem światła w zależności od potrzeb użytkowników przebywających na tej ulicy po zmroku.

Zaproponowane rozwiązanie miało za zadanie:

- zwiększenie efektywności oświetlenia poprzez zmniejszenie konsumpcji energii (ograniczenie natężenia światła w momencie gdy brak jest użytkowników oraz jego zwiększenie, gdy wykryty zostanie ruch),
- poprawę komfortu użytkowników przebywających po zmroku na ulicy Nowy Świat,
- ograniczenie emisji CO₂ poprzez zmniejszenie zapotrzebowania na energię elektryczną,
- zaprezentowanie możliwości technicznych zastosowania nowych rozwiązań oświetleniowych,
- wskazanie na konieczność ograniczania zanieczyszczenia światłem poprzez zmniejszanie natężenia światła i właściwe jego zainstalowanie, przy jednoczesnym zachowaniu komfortu i bezpieczeństwa użytkowników oraz efektywności oświetlenia.

Opracowana koncepcja zastosowania dynamicznego oświetlenia na ulicy Nowy Świat wykazała, że w momencie wdrożenia tego rozwiązania możliwym będzie zaoszczędzenie 6877 kWh/rok.

PODSUMOWANIE

W ramach rozwiązania sterowania dynamicznym oświetleniem ul Nowy Świat przyjęto:

- Dynamiczne sterowanie oświetleniem będzie dotyczyć 20 opraw oświetleniowych lamp oświetlających ulicę oraz 2 opraw oświetleniowych lamp oświetlających parking. 2 oprawy oświetleniowe lamp na końcach drogi nie będą sterowane



- Końcowe lampy, na obu końcach drogi, będą w porze od zmroku do świtu zapalone na stałe. Dotyczy to 1 lampy świecącej przy skrzyżowaniu z ulicą Złotoryjską i 1 lampy przy skrzyżowaniu z ulicą Płakowicka.
- Pozostawienie istniejących opraw oświetleniowych i wymianę 22 sterowanych opraw istniejącego programowalnego sterownika mocy oprawy na sterowalny.
- Instalację na jednym słupie oświetleniowym jednego węzła dostępowego (konwerter magistrala przesyłowa/ interfejs DALI), który poprzez interfejs DALI obsługiwać będzie jednocześnie sterownik mocy źródła światła i zainstalowane na słupie sensory. Przewidziano instalację 20 takich węzłów.
- Instalację elementów sterownika centralnego w istniejącej skrzynce oświetleniowej SO25. Będzie to wymagać przesunięcia istniejących aparatów elektrycznych.
- Zastosowanie urządzeń do pracy w zakresie temperatur nie gorszym niż od -30°C do 65°C . Dlatego nie uwzględniony jest układu kompensacji temperatury w skrzynce oświetleniowej
- Obliczenia elektryczne wykonano dla rozszerzonej wersji obwodów elektrycznych tj. z zastosowaniem układu kompensacji temperatury
- Pozostawienie istniejących słupów oświetleniowych oraz przewodów elektroenergetycznych zasilających poszczególne lampy oświetleniowe.
- Wysokość nakładów inwestycyjnych równą 65250zł.
- Oszczędność energii 6877 kWh/rok.
- Wzrost cen energii (tylko) nie z OZE o 60% w stosunku do roku 2018



WP3 - DELIVERABLE D.T3.1.4

Koncepcja inteligentnego oświetlenia na terenie
Gminy i Miasta Lwówek Śląski- ulica Nowy Świat

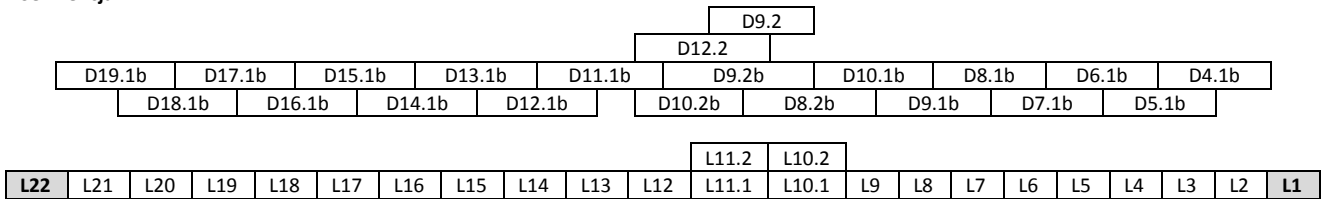
ZAŁĄCZNIK 1

Przykładowe sekwencje włączenia i wyłączenia opraw
oświetleniowych w zależności od wzbudzenia poszczególnych
detektorów ruchu, dla ul. Nowy Świat

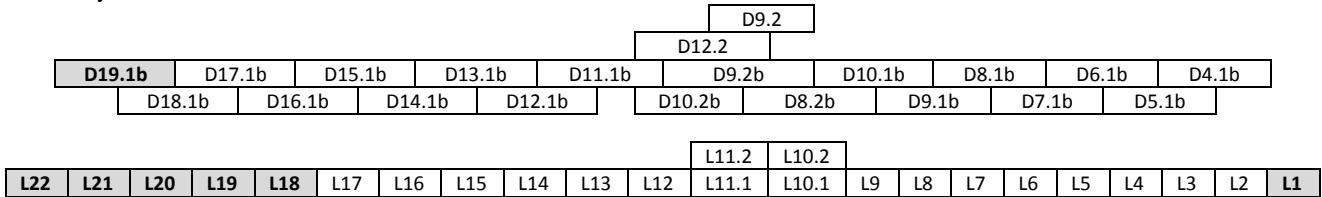


Przejazd ulicą Nowy Świat - ruch szybki powyżej 40km/h

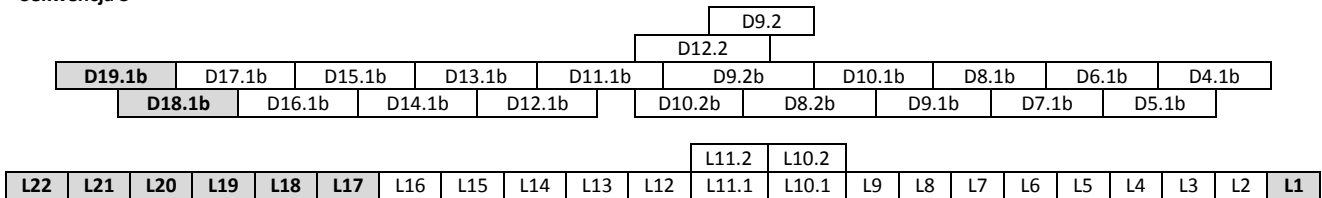
Sekwencja 1



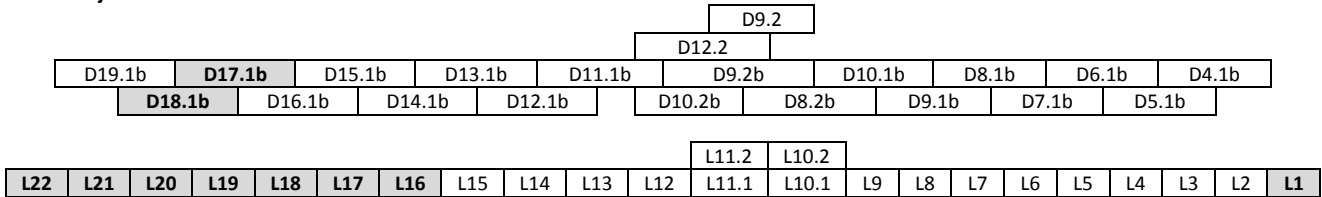
Sekwencja 2



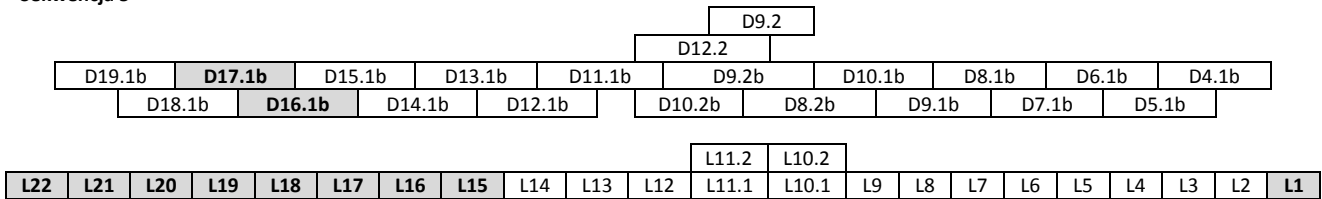
Sekwencja 3



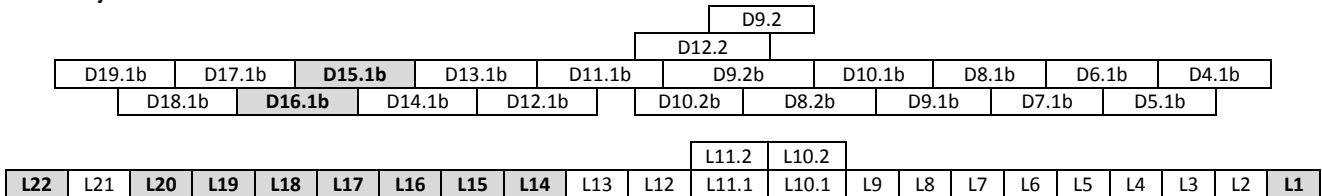
Sekwencja 4



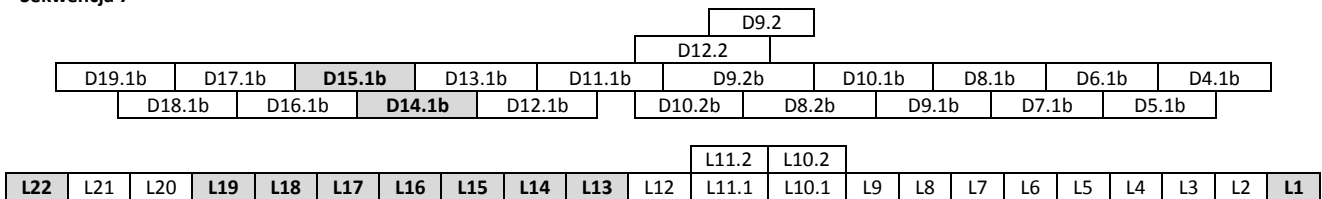
Sekwencja 5



Sekwencja 6



Sekwencja 7





Sekwencja 8

										D9.2											
										D12.2											
D19.1b	D17.1b	D15.1b	D13.1b		D11.1b	D9.2b		D10.1b	D8.1b	D6.1b	D4.1b										
D18.1b		D16.1b	D14.1b		D12.1b	D10.2b		D8.2b	D9.1b	D7.1b	D5.1b										
										L11.2	L10.2										
L22	L21	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11.1	L10.1	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1

Sekwencja 9

										D9.2											
										D12.2											
D19.1b	D17.1b	D15.1b	D13.1b		D11.1b	D9.2b		D10.1b	D8.1b	D6.1b	D4.1b										
D18.1b		D16.1b	D14.1b	D12.1b		D10.2b		D8.2b	D9.1b	D7.1b	D5.1b										
										L11.2	L10.2										
L22	L21	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11.1	L10.1	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1

Sekwencja 10

										D9.2											
										D12.2											
D19.1b	D17.1b	D15.1b	D13.1b	D11.1b		D9.2b		D10.1b	D8.1b	D6.1b	D4.1b										
D18.1b		D16.1b	D14.1b	D12.1b		D10.2b		D8.2b	D9.1b	D7.1b	D5.1b										
										L11.2	L10.2										
L22	L21	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11.1	L10.1	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1

Sekwencja 11

										D9.2											
										D12.2											
D19.1b	D17.1b	D15.1b	D13.1b	D11.1b		D9.2b		D10.1b	D8.1b	D6.1b	D4.1b										
D18.1b		D16.1b	D14.1b	D12.1b	D10.2b		D8.2b	D9.1b	D7.1b	D5.1b											
										L11.2	L10.2										
L22	L21	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11.1	L10.1	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1

Sekwencja 12

										D9.2											
										D12.2											
D19.1b	D17.1b	D15.1b	D13.1b	D11.1b		D9.2b		D10.1b	D8.1b	D6.1b	D4.1b										
D18.1b		D16.1b	D14.1b	D12.1b	D10.2b		D8.2b	D9.1b	D7.1b	D5.1b											
										L11.2	L10.2										
L22	L21	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11.1	L10.1	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1

Sekwencja 13

										D9.2											
										D12.2											
D19.1b	D17.1b	D15.1b	D13.1b	D11.1b	D9.2b		D10.1b	D8.1b	D6.1b	D4.1b											
D18.1b		D16.1b	D14.1b	D12.1b	D10.2b		D8.2b	D9.1b	D7.1b	D5.1b											
										L11.2	L10.2										
L22	L21	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11.1	L10.1	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1

Sekwencja 14

										D9.2											
										D12.2											
D19.1b	D17.1b	D15.1b	D13.1b	D11.1b	D9.2b		D10.1b	D8.1b	D6.1b	D4.1b											
D18.1b		D16.1b	D14.1b	D12.1b	D10.2b		D8.2b		D9.1b	D7.1b	D5.1b										
										L11.2	L10.2										
L22	L21	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11.1	L10.1	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1



Sekwencja 15

											D9.2														
											D12.2														
D19.1b		D17.1b		D15.1b		D13.1b		D11.1b		D9.2b		D10.1b		D8.1b		D6.1b		D4.1b							
D18.1b		D16.1b		D14.1b		D12.1b		D10.2b		D8.2b		D9.1b		D7.1b		D5.1b									
											L11.2		L10.2												
L22	L21	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11.1	L10.1	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1				

Sekwencja 16

											D9.2														
											D12.2														
D19.1b		D17.1b		D15.1b		D13.1b		D11.1b		D9.2b		D10.1b		D8.1b		D6.1b		D4.1b							
D18.1b		D16.1b		D14.1b		D12.1b		D10.2b		D8.2b		D9.1b		D7.1b		D5.1b									
											L11.2		L10.2												
L22	L21	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11.1	L10.1	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1				

Sekwencja 17

											D9.2														
											D12.2														
D19.1b		D17.1b		D15.1b		D13.1b		D11.1b		D9.2b		D10.1b		D8.1b		D6.1b		D4.1b							
D18.1b		D16.1b		D14.1b		D12.1b		D10.2b		D8.2b		D9.1b		D7.1b		D5.1b									
											L11.2		L10.2												
L22	L21	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11.1	L10.1	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1				

Sekwencja 18

											D9.2														
											D12.2														
D19.1b		D17.1b		D15.1b		D13.1b		D11.1b		D9.2b		D10.1b		D8.1b		D6.1b		D4.1b							
D18.1b		D16.1b		D14.1b		D12.1b		D10.2b		D8.2b		D9.1b		D7.1b		D5.1b									
											L11.2		L10.2												
L22	L21	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11.1	L10.1	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1				

Sekwencja 19

											D9.2														
											D12.2														
D19.1b		D17.1b		D15.1b		D13.1b		D11.1b		D9.2b		D10.1b		D8.1b		D6.1b		D4.1b							
D18.1b		D16.1b		D14.1b		D12.1b		D10.2b		D8.2b		D9.1b		D7.1b		D5.1b									
											L11.2		L10.2												
L22	L21	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11.1	L10.1	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1				

Sekwencja 20

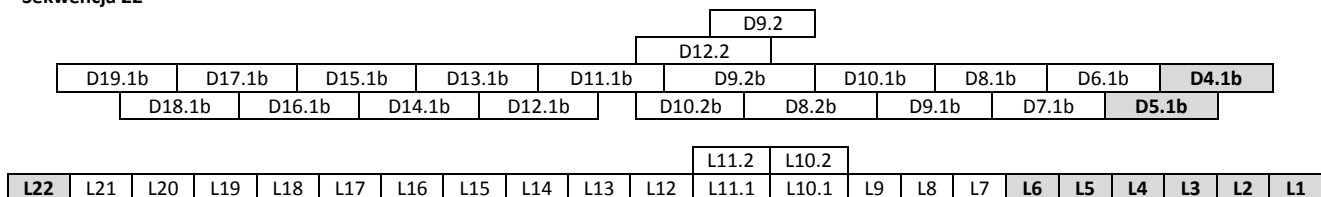
											D9.2														
											D12.2														
D19.1b		D17.1b		D15.1b		D13.1b		D11.1b		D9.2b		D10.1b		D8.1b		D6.1b		D4.1b							
D18.1b		D16.1b		D14.1b		D12.1b		D10.2b		D8.2b		D9.1b		D7.1b		D5.1b									
											L11.2		L10.2												
L22	L21	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11.1	L10.1	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1				

Sekwencja 21

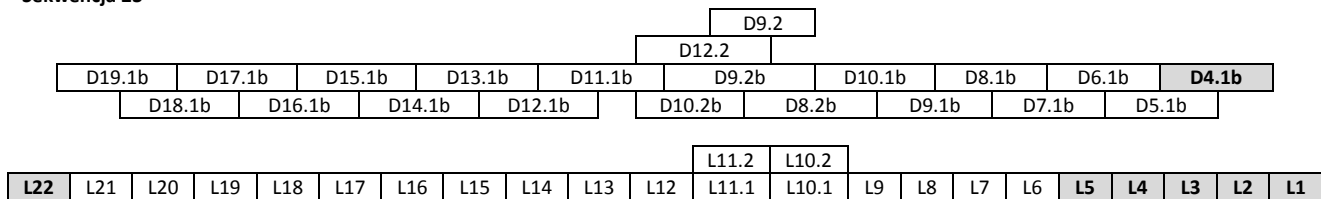
											D9.2														
											D12.2														
D19.1b		D17.1b		D15.1b		D13.1b		D11.1b		D9.2b		D10.1b		D8.1b		D6.1b		D4.1b							
D18.1b		D16.1b		D14.1b		D12.1b		D10.2b		D8.2b		D9.1b		D7.1b		D5.1b									
											L11.2		L10.2												
L22	L21	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11.1	L10.1	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1				



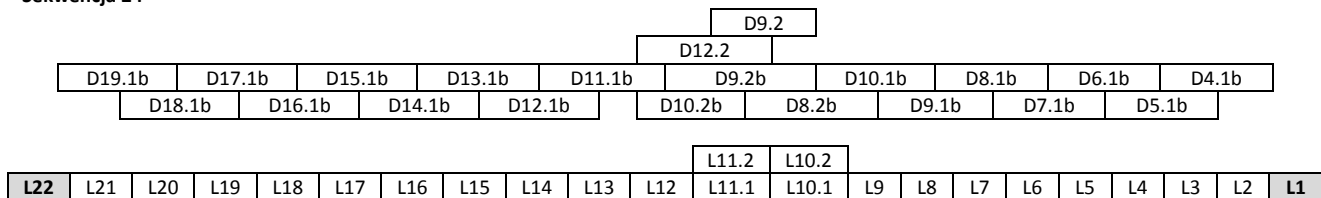
Sekwencja 22



Sekwencja 23



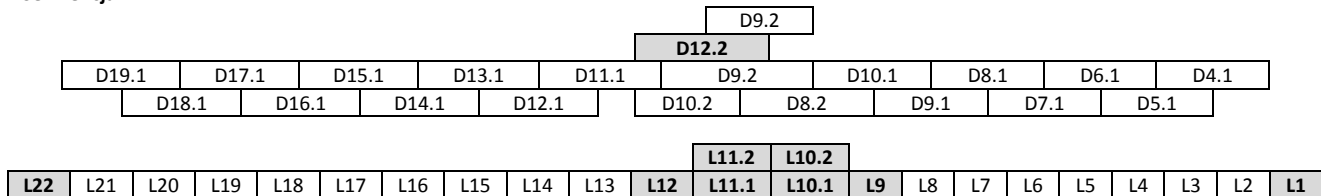
Sekwencja 24



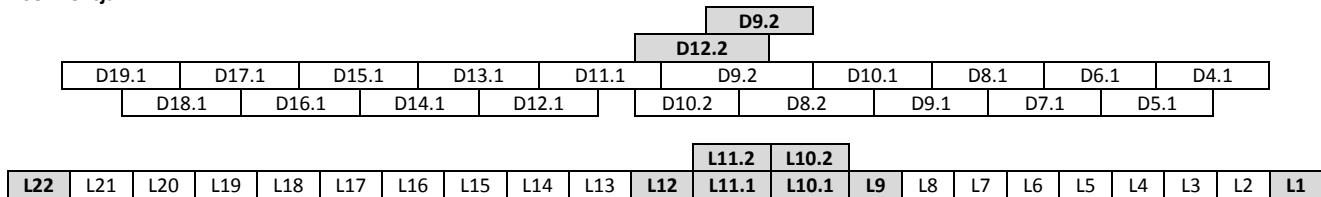


Ruch na parkingu przy ulicy Nowy Świat

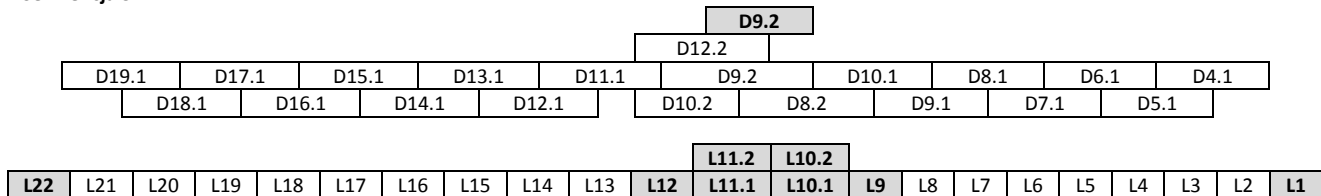
Sekwencja 1



Sekwencja 2



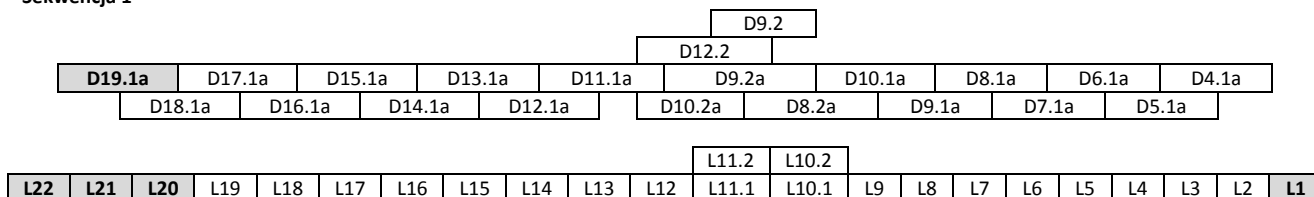
Sekwencja 3



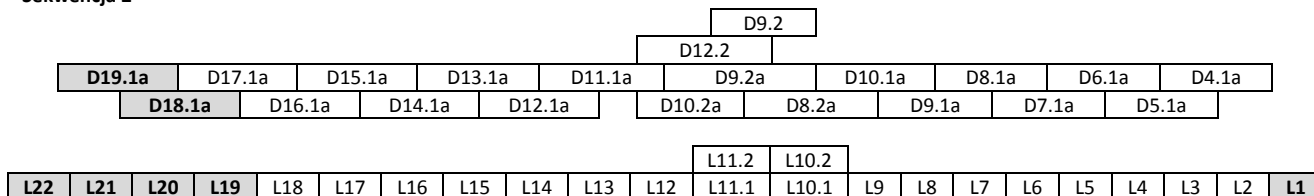


Przejazd ulicą Nowy Świat - Ruch wolny do 40km/h

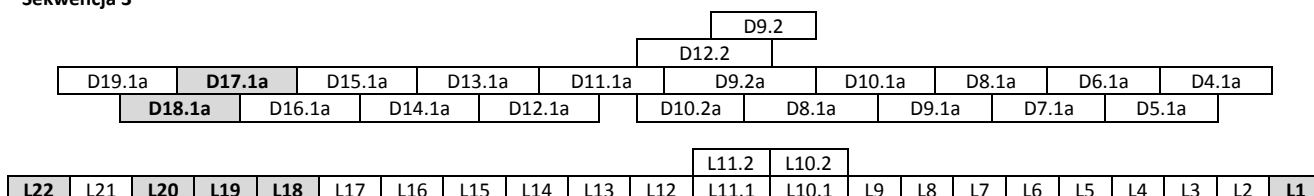
Sekwencja 1



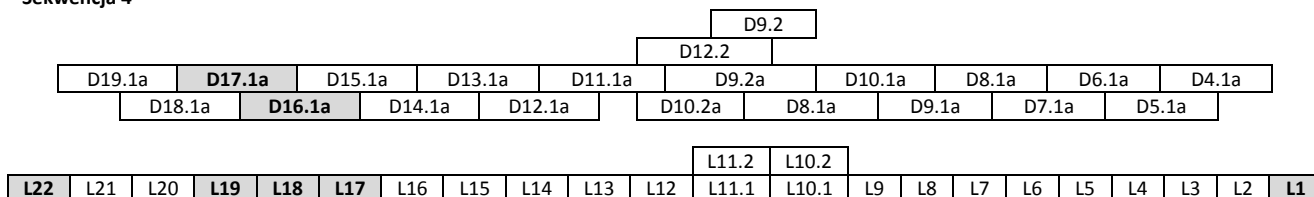
Sekwencja 2



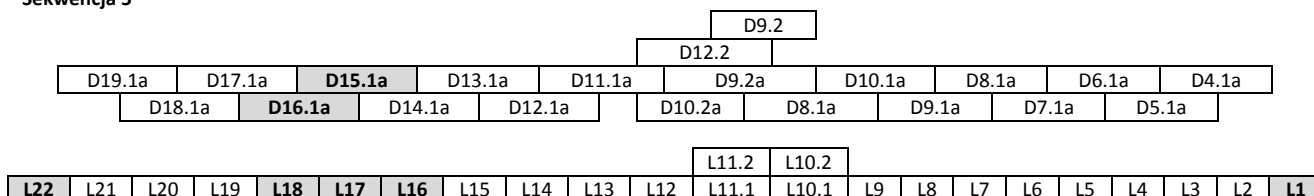
Sekwencja 3



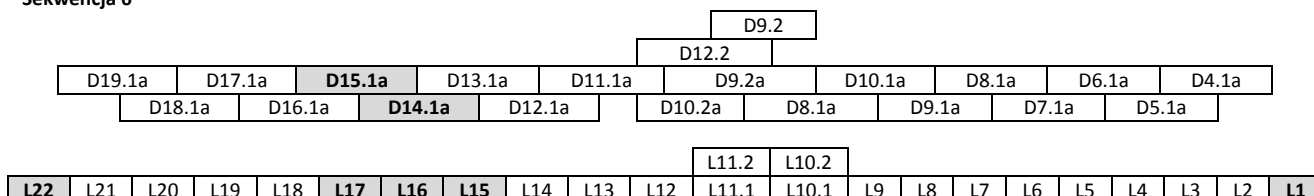
Sekwencja 4



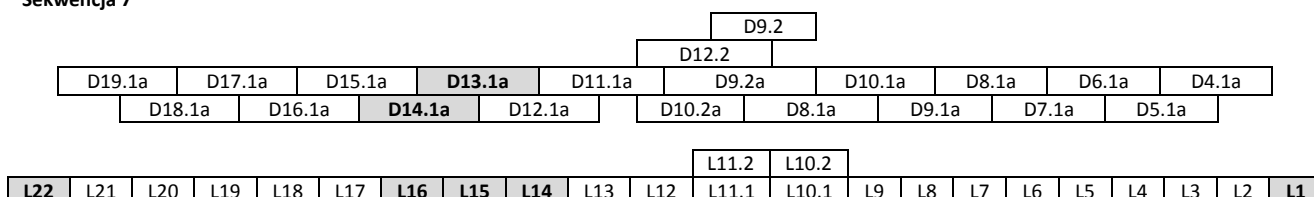
Sekwencja 5



Sekwencja 6



Sekwencja 7





Sekwencja 8

										D9.2											
										D12.2											
D19.1a	D17.1a	D15.1a	D13.1a		D11.1a	D9.2a		D10.1a	D8.1a	D6.1a	D4.1a										
D18.1a		D16.1a	D14.1a	D12.1a		D10.2a		D8.1a	D9.1a	D7.1a	D5.1a										
										L11.2	L10.2										
L22	L21	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11.1	L10.1	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1

Sekwencja 9

										D9.2											
										D12.2											
D19.1a	D17.1a	D15.1a	D13.1a	D11.1a		D9.2a		D10.1a	D8.1a	D6.1a	D4.1a										
D18.1a		D16.1a	D14.1a	D12.1a		D10.2a		D8.1a	D9.1a	D7.1a	D5.1a										
										L11.2	L10.2										
L22	L21	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11.1	L10.1	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1

Sekwencja 10

										D9.2											
										D12.2											
D19.1a	D17.1a	D15.1a	D13.1a	D11.1a		D9.2a		D10.1a	D8.1a	D6.1a	D4.1a										
D18.1a		D16.1a	D14.1a	D12.1a		D10.2a		D8.1a	D9.1a	D7.1a	D5.1a										
										L11.2	L10.2										
L22	L21	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11.1	L10.1	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1

Sekwencja 11

										D9.2											
										D12.2											
D19.1a	D17.1a	D15.1a	D13.1a	D11.1a		D9.2a		D10.1a	D8.1a	D6.1a	D4.1a										
D18.1a		D16.1a	D14.1a	D12.1a		D10.2a		D8.1a	D9.1a	D7.1a	D5.1a										
										L11.2	L10.2										
L22	L21	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11.1	L10.1	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1

Sekwencja 12

										D9.2											
										D12.2											
D19.1a	D17.1a	D15.1a	D13.1a	D11.1a	D9.2a		D10.1a	D8.1a	D6.1a	D4.1a											
D18.1a		D16.1a	D14.1a	D12.1a		D10.2a		D8.1a	D9.1a	D7.1a	D5.1a										
										L11.2	L10.2										
L22	L21	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11.1	L10.1	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1

Sekwencja 13

										D9.2											
										D12.2											
D19.1a	D17.1a	D15.1a	D13.1a	D11.1a	D9.2a		D10.1a	D8.1a	D6.1a	D4.1a											
D18.1a		D16.1a	D14.1a	D12.1a		D10.2a		D8.1a	D9.1a	D7.1a	D5.1a										
										L11.2	L10.2										
L22	L21	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11.1	L10.1	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1

Sekwencja 14

										D9.2											
										D12.2											
D19.1a	D17.1a	D15.1a	D13.1a	D11.1a	D9.2a		D10.1a		D8.1a	D6.1a	D4.1a										
D18.1a		D16.1a	D14.1a	D12.1a		D10.2a		D8.1a	D9.1a	D7.1a	D5.1a										
										L11.2	L10.2										
L22	L21	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11.1	L10.1	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1



Sekwencja 15

											D9.2														
											D12.2														
D19.1a		D17.1a		D15.1a		D13.1a		D11.1a		D9.2a		D10.1a		D8.1a		D6.1a		D4.1a							
D18.1a		D16.1a		D14.1a		D12.1a		D10.2a		D8.1a		D9.1a		D7.1a		D5.1a									
											L11.2		L10.2												
L22	L21	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11.1	L10.1	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1				

Sekwencja 16

											D9.2														
											D12.2														
D19.1a		D17.1a		D15.1a		D13.1a		D11.1a		D9.2a		D10.1a		D8.1a		D6.1a		D4.1a							
D18.1a		D16.1a		D14.1a		D12.1a		D10.2a		D8.1a		D9.1a		D7.1a		D5.1a									
											L11.2		L10.2												
L22	L21	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11.1	L10.1	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1				

Sekwencja 17

											D9.2														
											D12.2														
D19.1a		D17.1a		D15.1a		D13.1a		D11.1a		D9.2a		D10.1a		D8.1a		D6.1a		D4.1a							
D18.1a		D16.1a		D14.1a		D12.1a		D10.2a		D8.1a		D9.1a		D7.1a		D5.1a									
											L11.2		L10.2												
L22	L21	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11.1	L10.1	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1				

Sekwencja 18

											D9.2														
											D12.2														
D19.1a		D17.1a		D15.1a		D13.1a		D11.1a		D9.2a		D10.1a		D8.1a		D6.1a		D4.1a							
D18.1a		D16.1a		D14.1a		D12.1a		D10.2a		D8.1a		D9.1a		D7.1a		D5.1a									
											L11.2		L10.2												
L22	L21	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11.1	L10.1	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1				

Sekwencja 19

											D9.2														
											D12.2														
D19.1a		D17.1a		D15.1a		D13.1a		D11.1a		D9.2a		D10.1a		D8.1a		D6.1a		D4.1a							
D18.1a		D16.1a		D14.1a		D12.1a		D10.2a		D8.1a		D9.1a		D7.1a		D5.1a									
											L11.2		L10.2												
L22	L21	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11.1	L10.1	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1				

Sekwencja 20

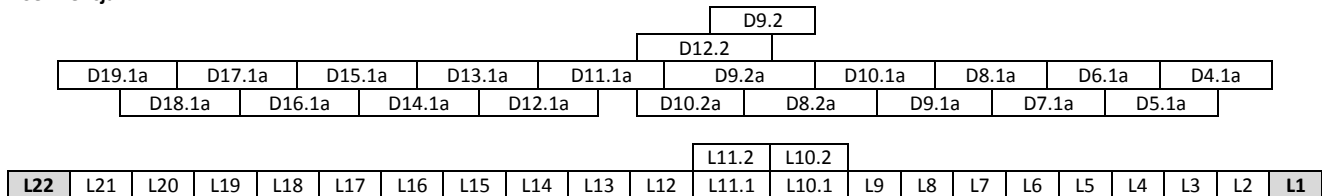
											D9.2														
											D12.2														
D19.1a		D17.1a		D15.1a		D13.1a		D11.1a		D9.2a		D10.1a		D8.1a		D6.1a		D4.1a							
D18.1a		D16.1a		D14.1a		D12.1a		D10.2a		D8.1a		D9.1a		D7.1a		D5.1a									
											L11.2		L10.2												
L22	L21	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11.1	L10.1	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1				

Sekwencja 21

											D9.2														
											D12.2														
D19.1a		D17.1a		D15.1a		D13.1a		D11.1a		D9.2a		D10.1a		D8.1a		D6.1a		D4.1a							
D18.1a		D16.1a		D14.1a		D12.1a		D10.2a		D8.1a		D9.1a		D7.1a		D5.1a									
											L11.2		L10.2												
L22	L21	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11.1	L10.1	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1				



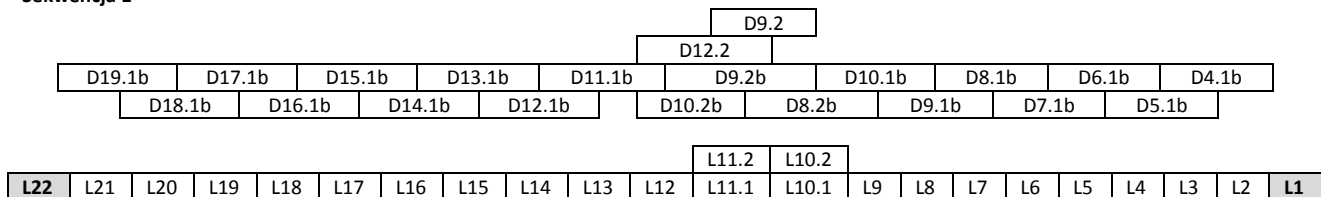
Sekwencja 22



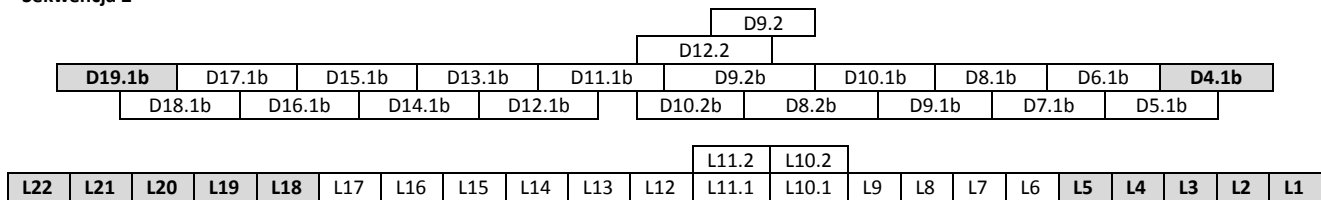


Ruch przeciwbieżny pojazdów

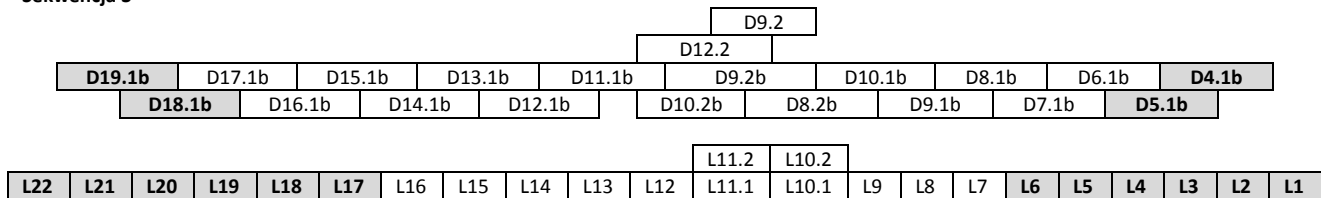
Sekwencja 1



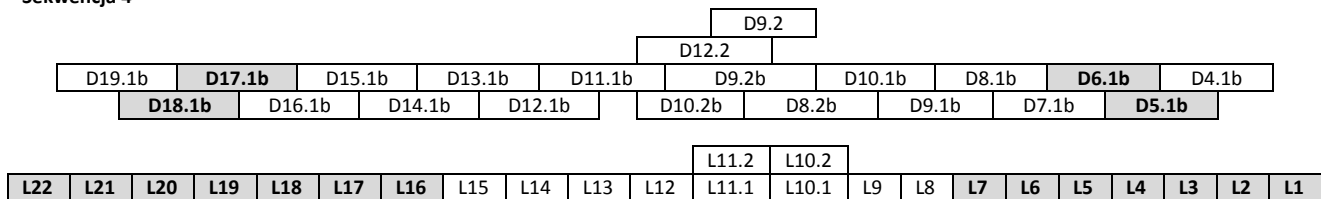
Sekwencja 2



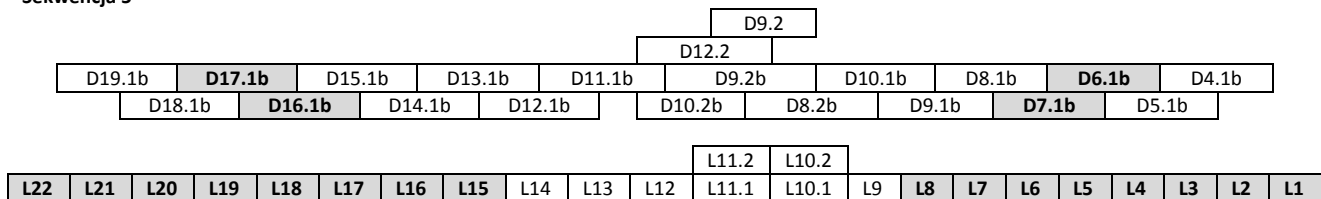
Sekwencja 3



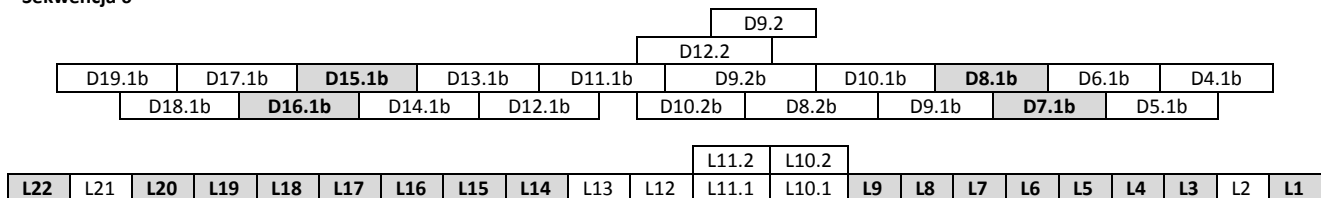
Sekwencja 4



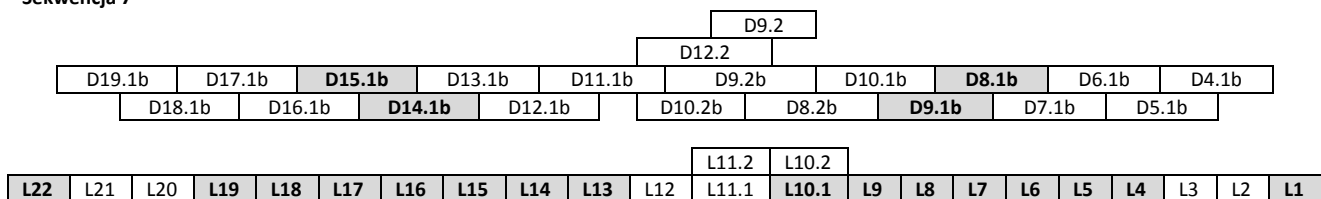
Sekwencja 5



Sekwencja 6

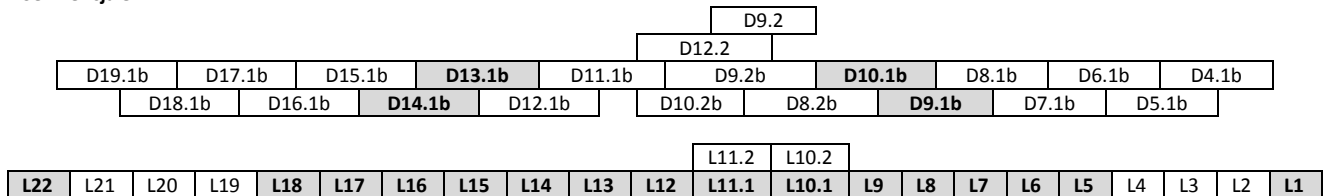


Sekwencja 7

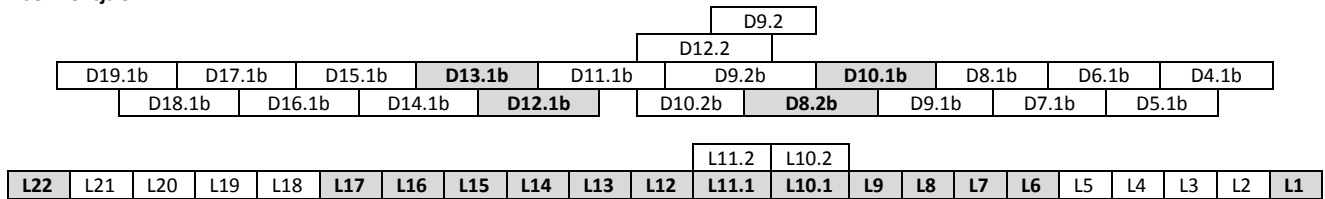




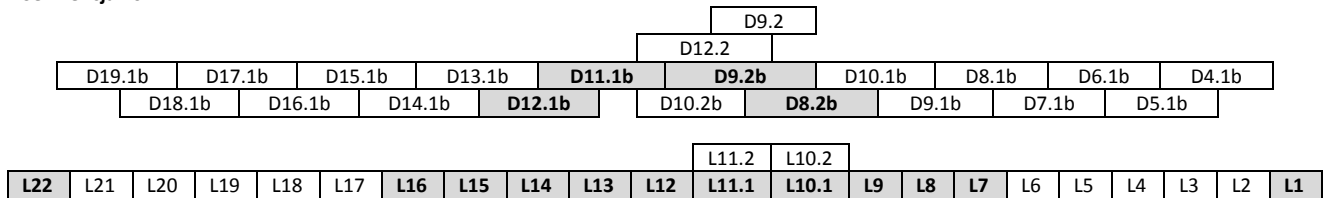
Sekwencja 8



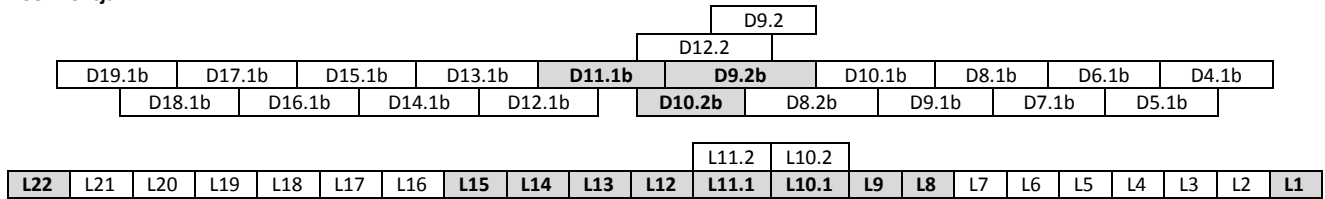
Sekwencja 9



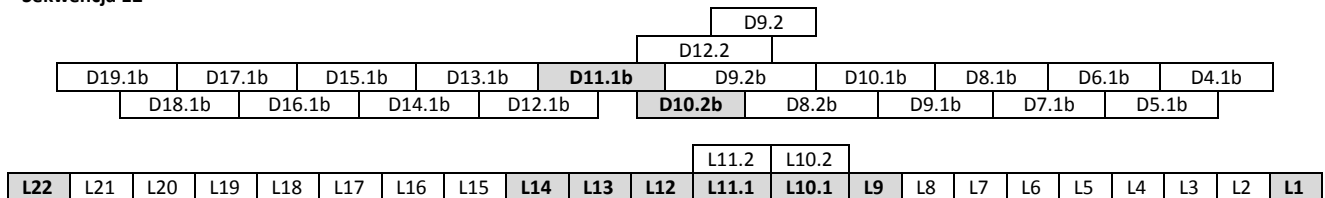
Sekwencja 10



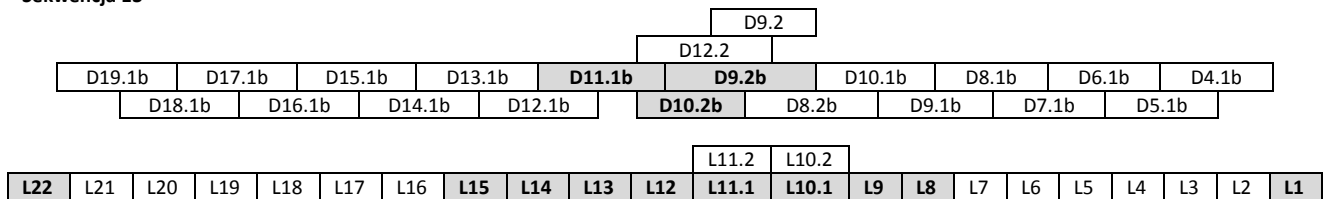
Sekwencja 11



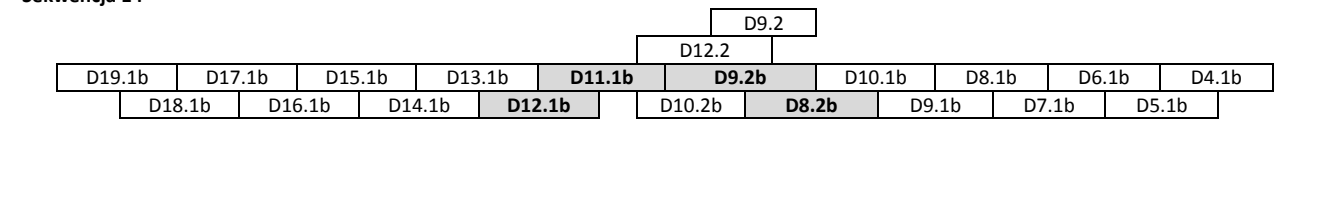
Sekwencja 12



Sekwencja 13

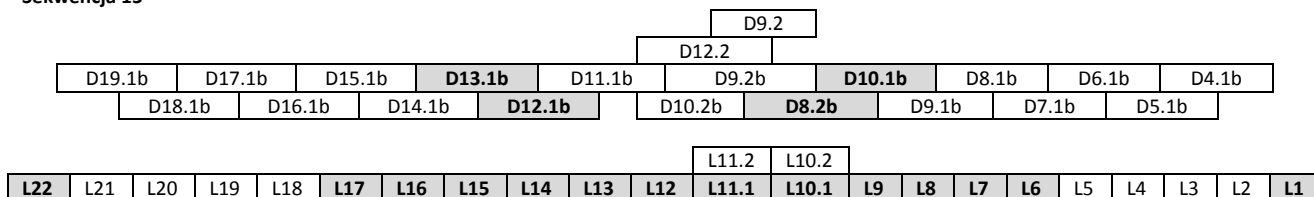


Sekwencja 14

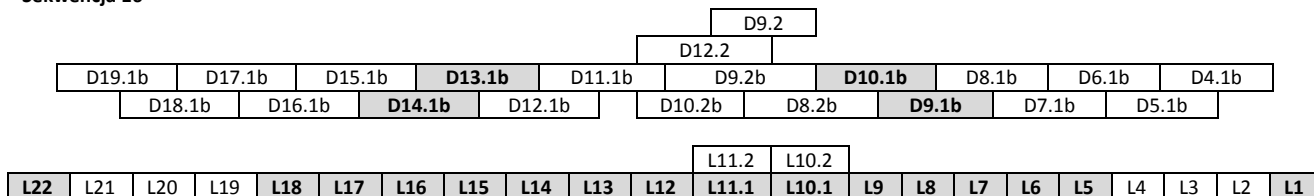




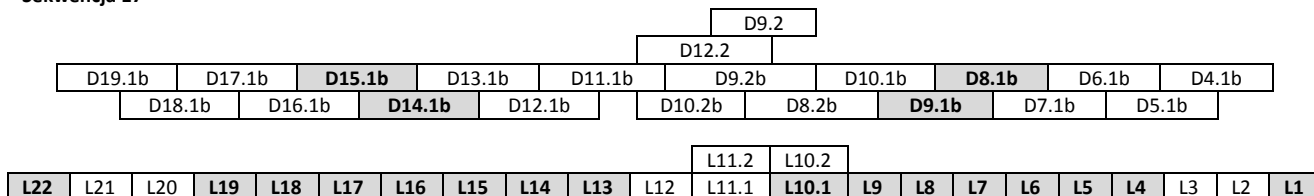
Sekwencja 15



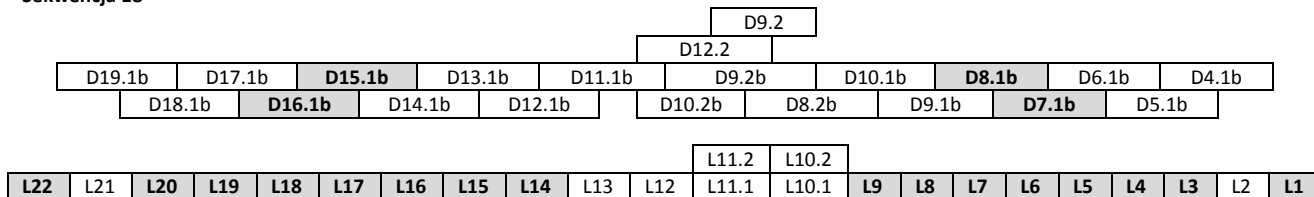
Sekwencja 16



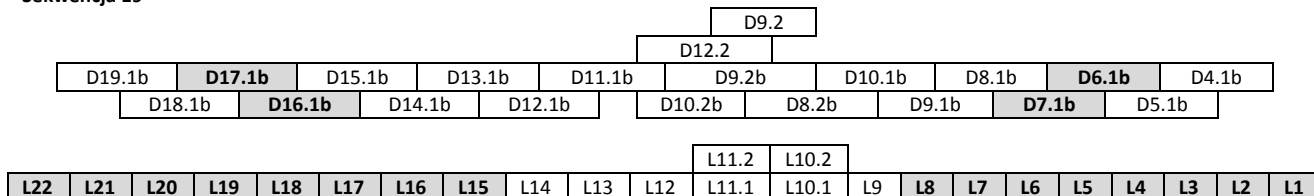
Sekwencja 17



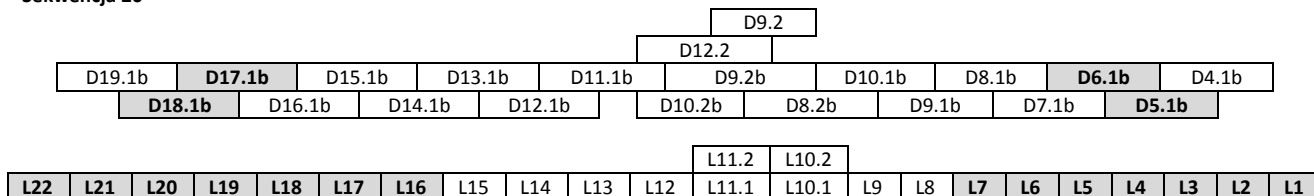
Sekwencja 18



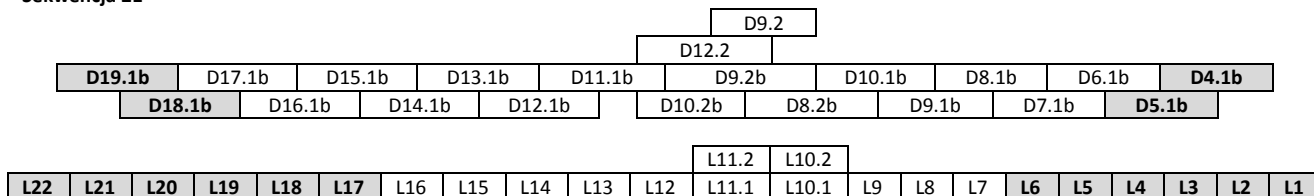
Sekwencja 19



Sekwencja 20

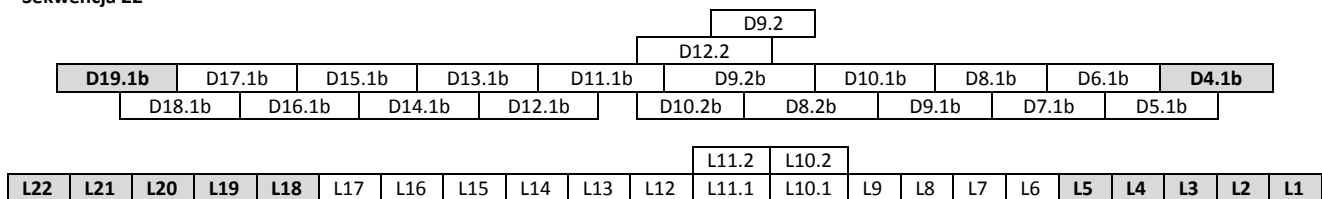


Sekwencja 21

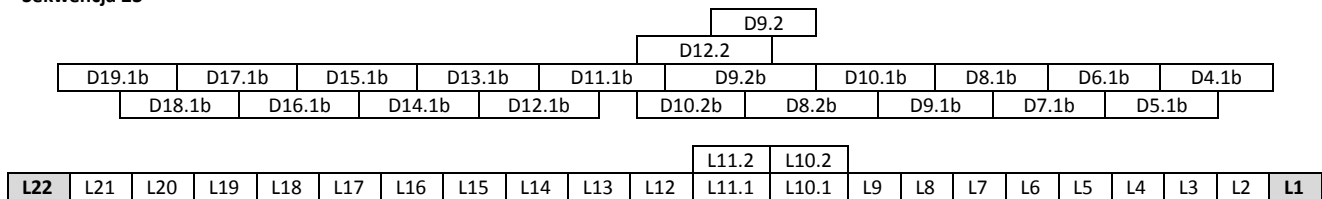




Sekwencja 22



Sekwencja 23





WP3 - DELIVERABLE D.T3.1.4

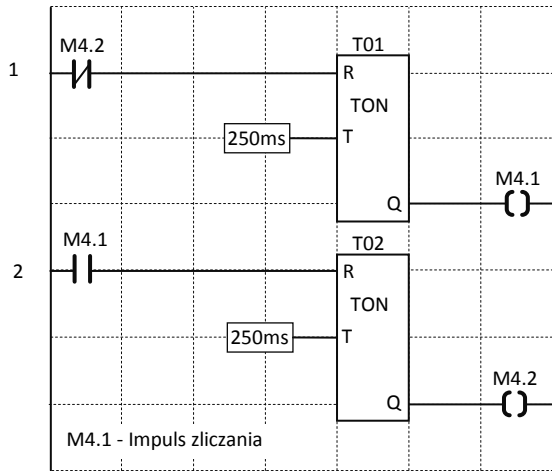
Koncepcja inteligentnego oświetlenia na terenie
Gminy i Miasta Lwówek Śląski- ulica Nowy Świat

ZAŁĄCZNIK 2

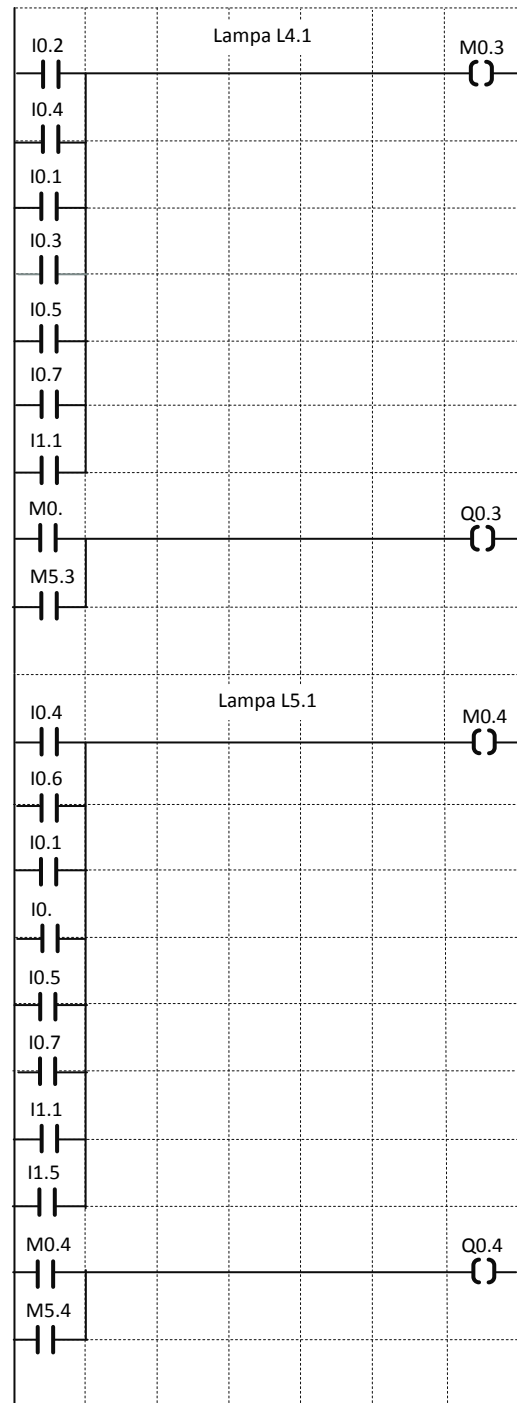
Algorytm sterowania oświetleniem ul. Nowy Świat



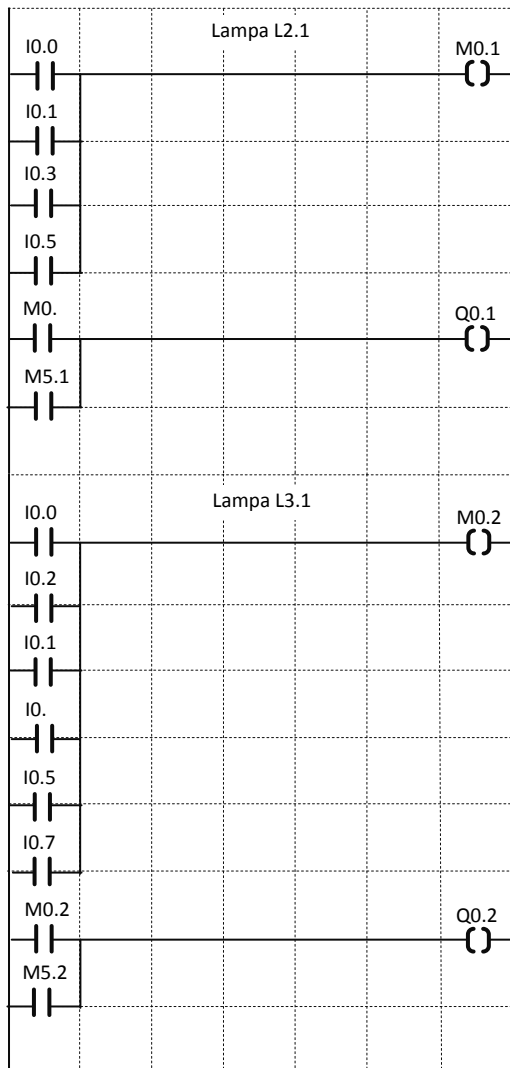
Część 1 – Generator impulsów



Część 2 cd – Wzbudzenie lamp

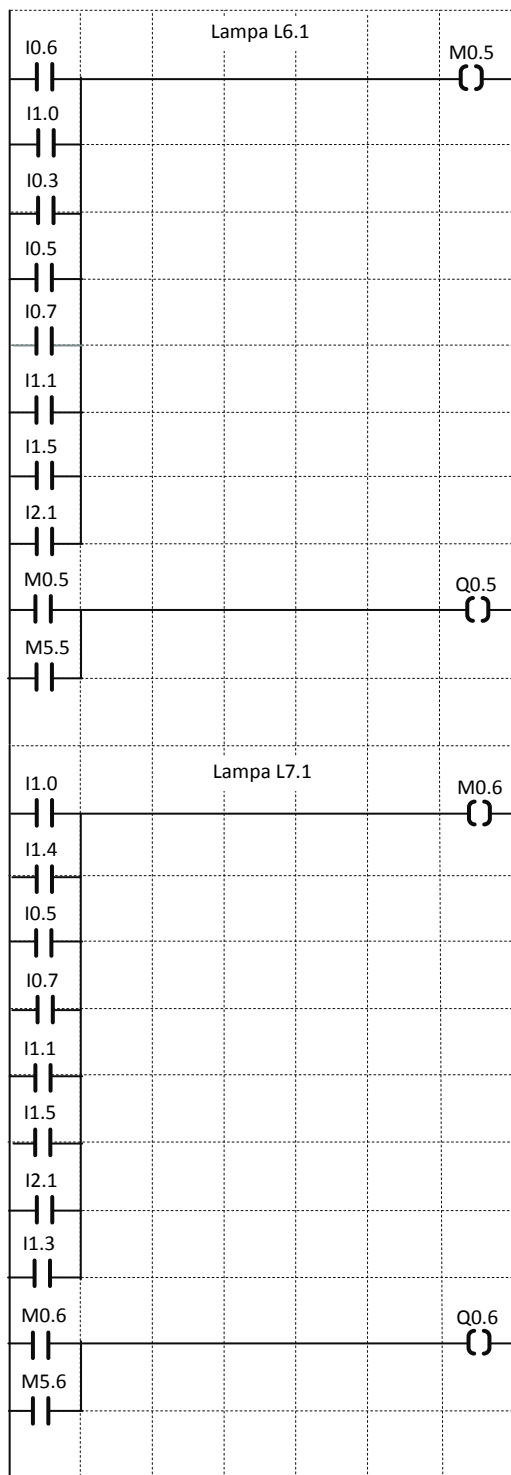


Część 2 – Wzbudzenie lamp

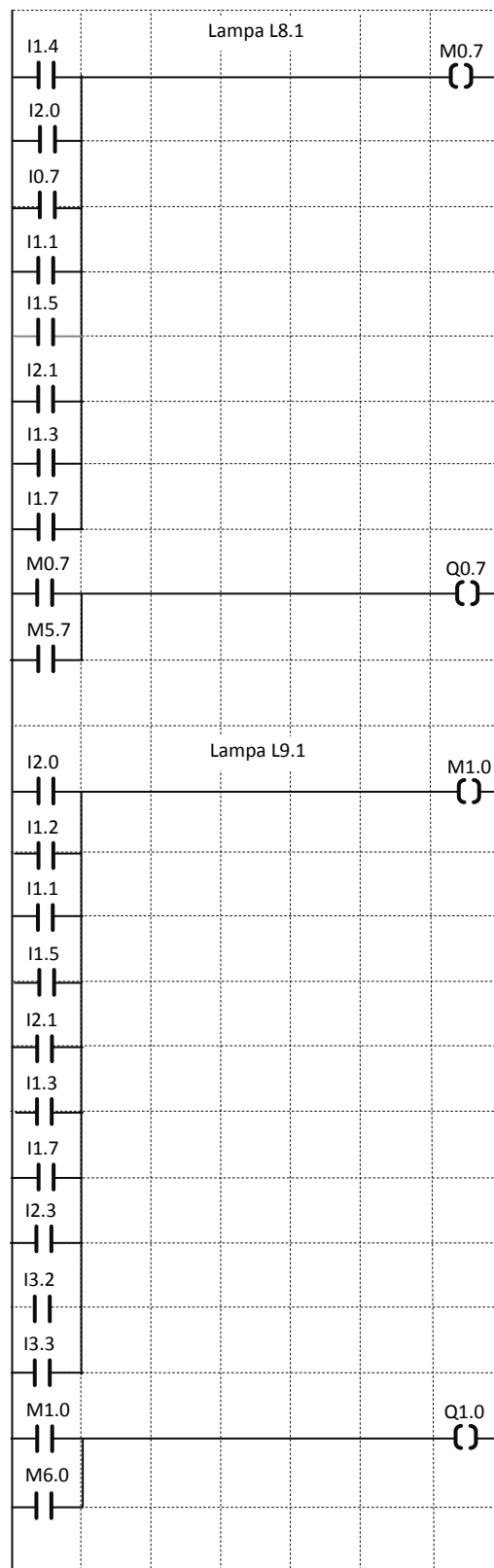




Część 2 cd – Wzbudzenie lamp

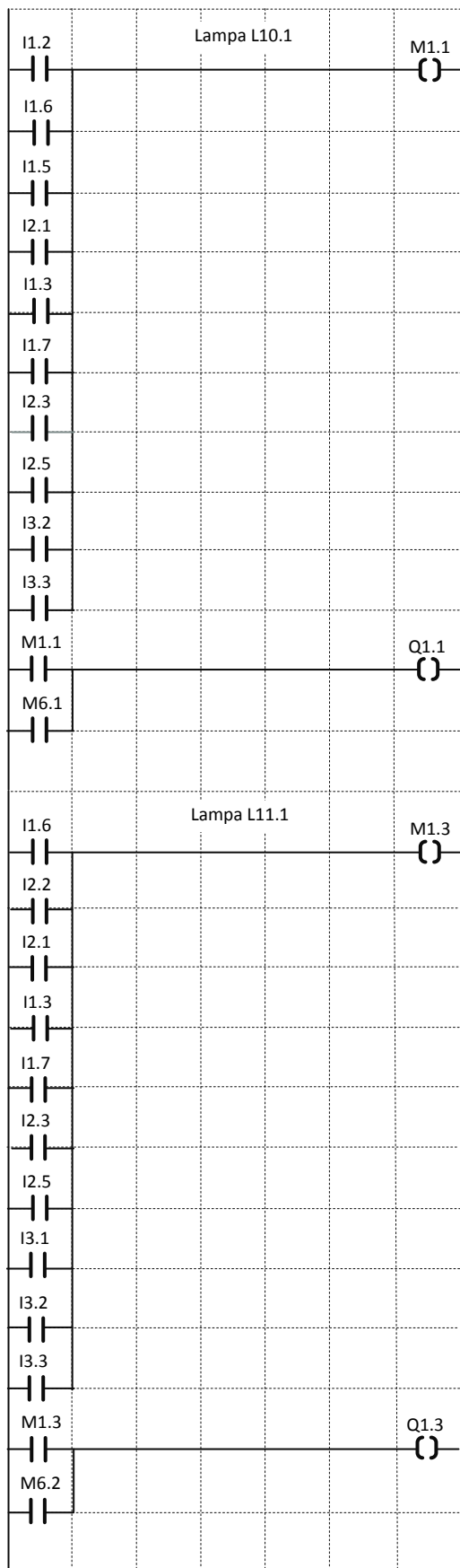


Część 2 cd – Wzbudzenie lamp

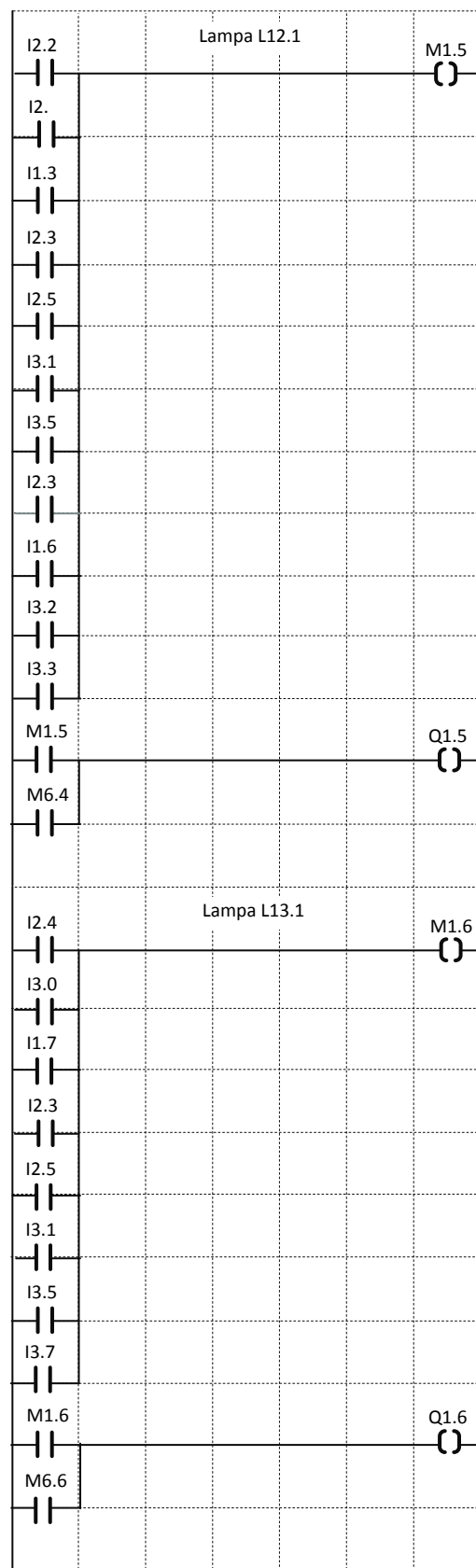




Część 2 cd – Wzbudzenie lamp

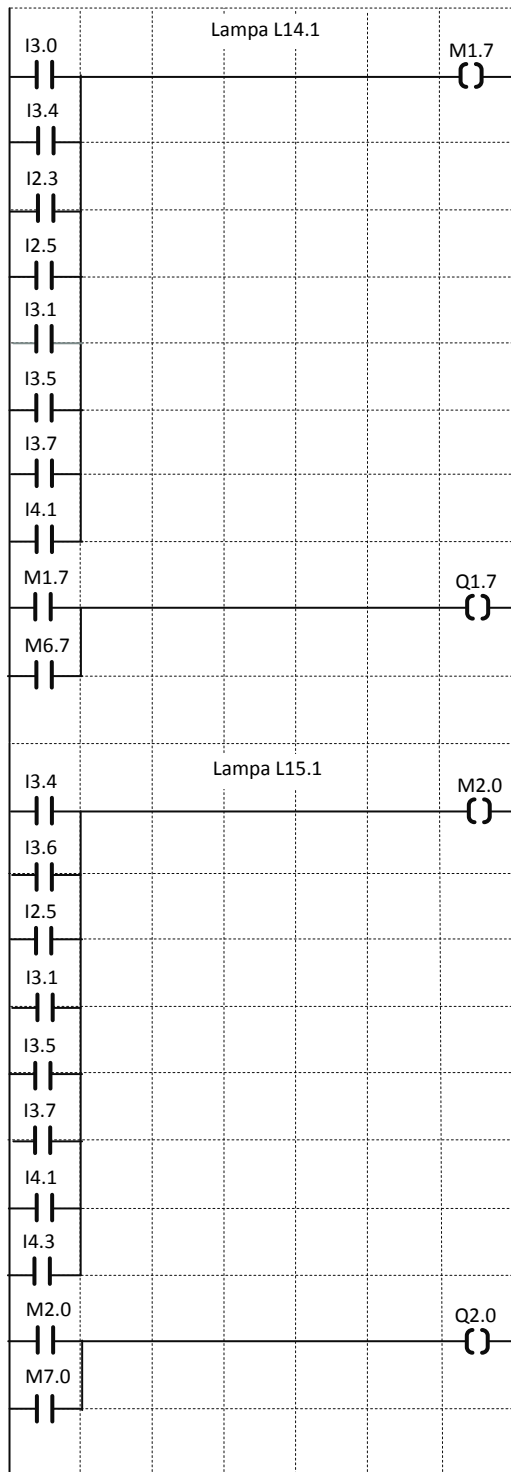


Część 2 cd – Wzbudzenie lamp

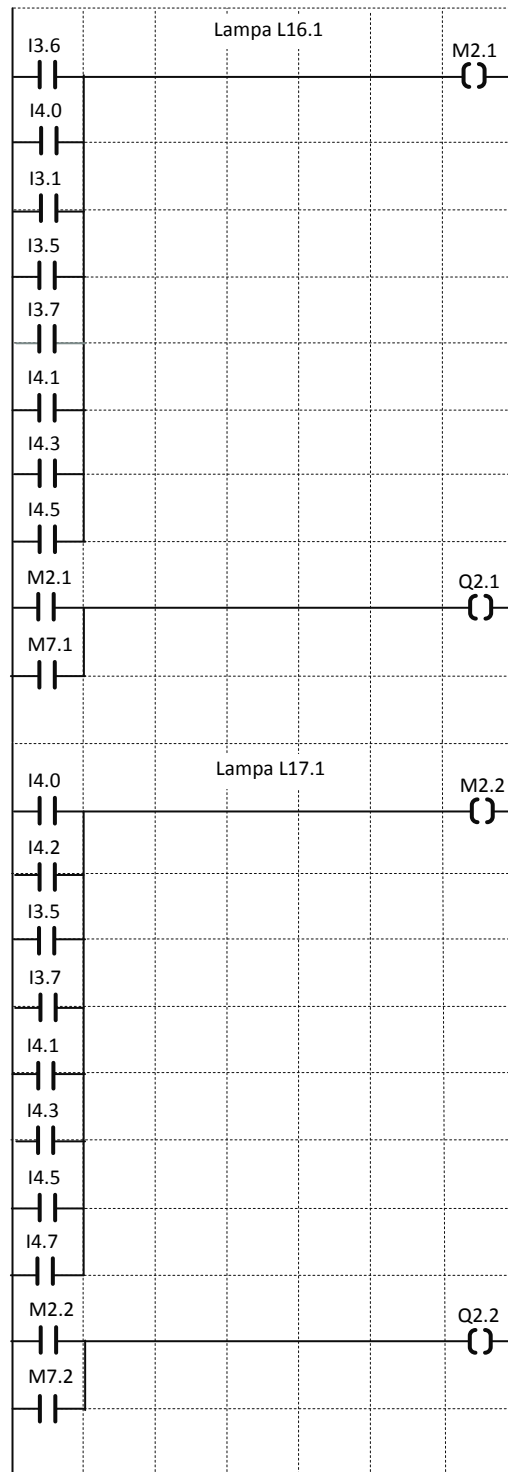




Część 2 cd – Wzbudzenie lamp

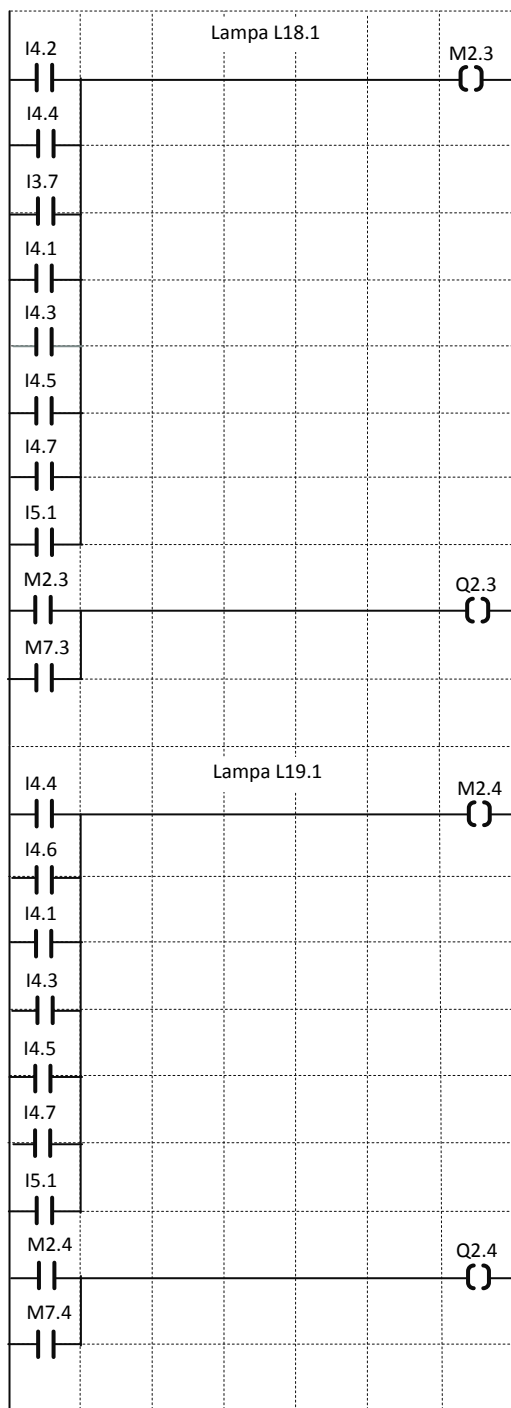


Część 2 cd – Wzbudzenie lamp

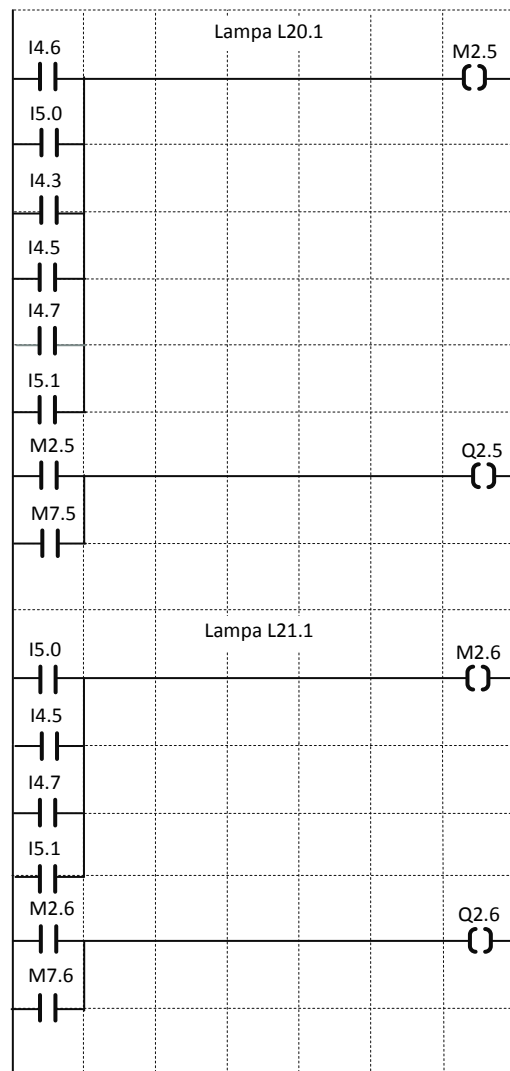




Część 2 cd – Wzbudzenie lamp

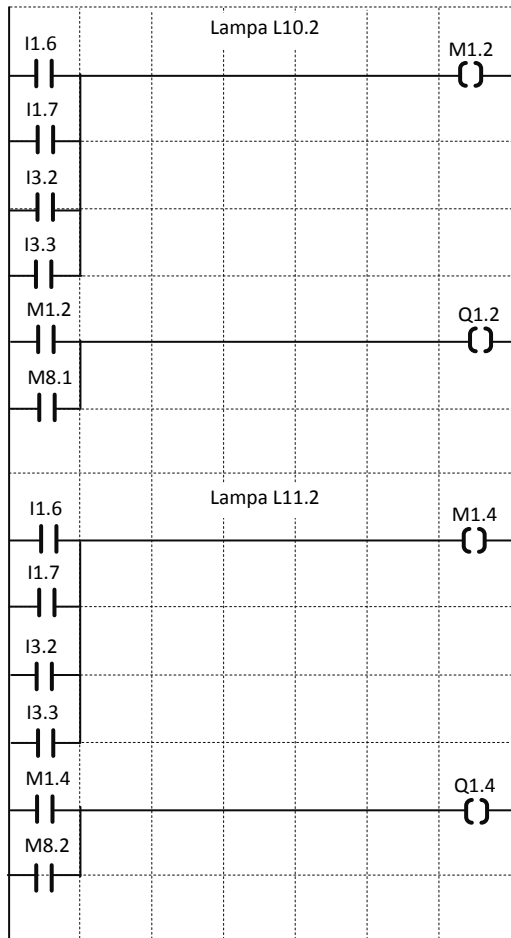


Część 2 cd – Wzbudzenie lamp

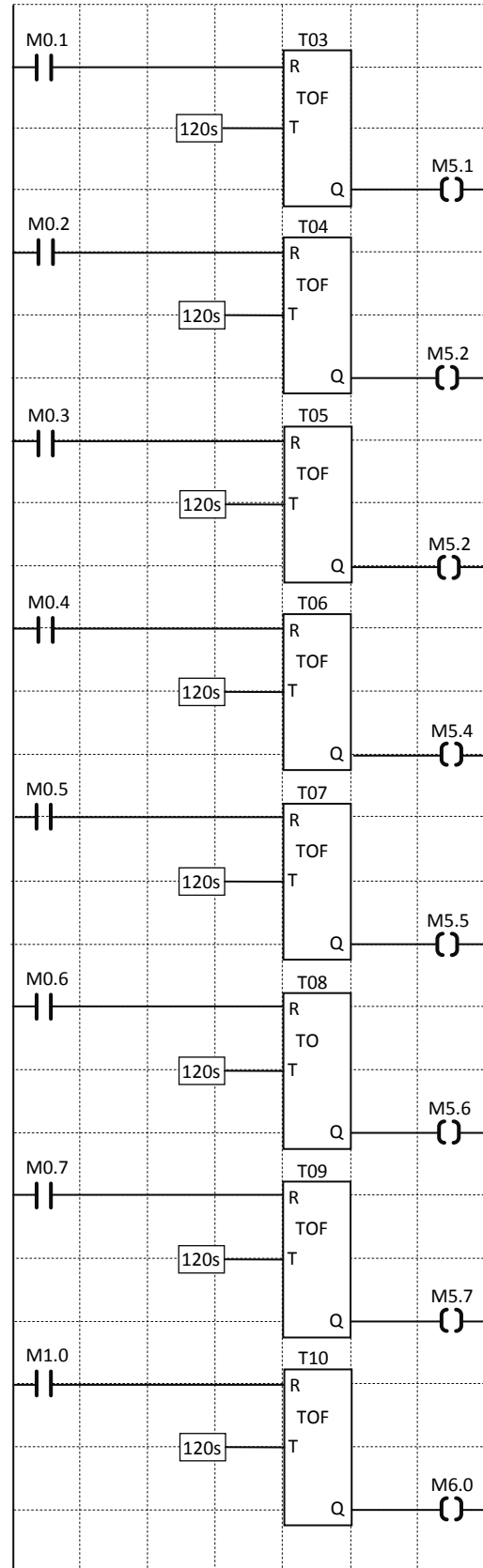




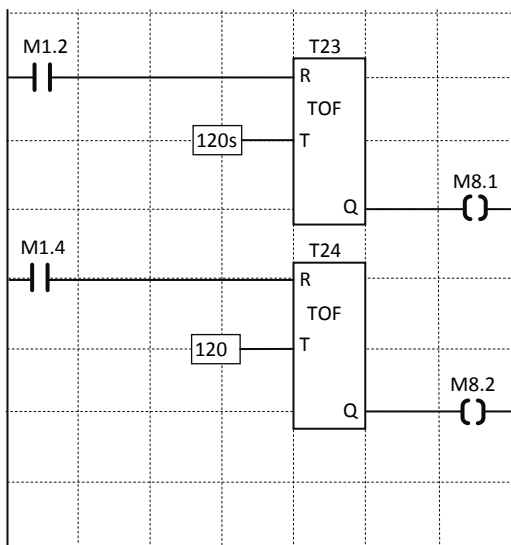
Część 2 cd – Wzbudzenie lamp



Część 3 cd – Opóźnienie wyłączenia lamp

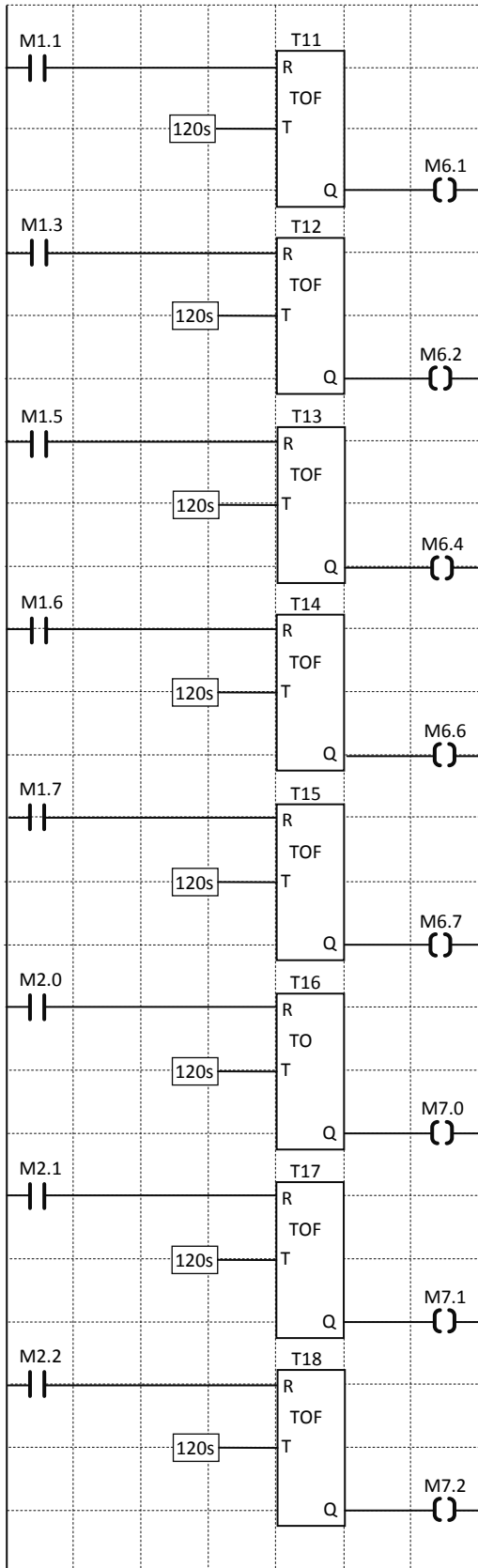


Część 3 – Opóźnienie wyłączenia lamp

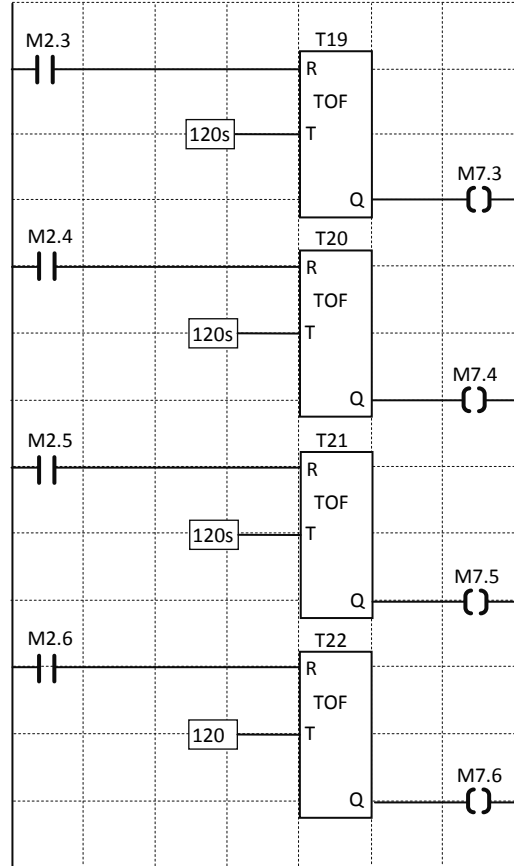




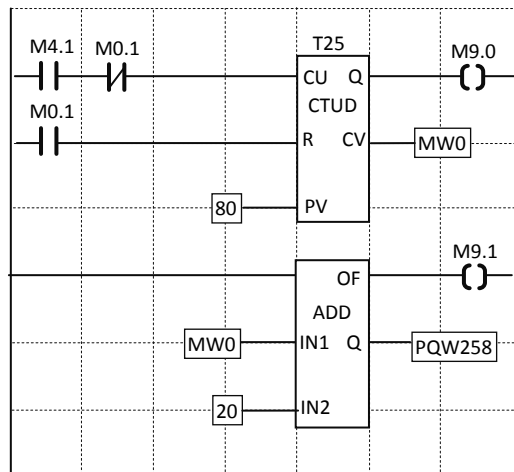
Część 3cd – Opóźnienie wyłączenia lamp



Część 3cd – Opóźnienie wyłączenia lamp

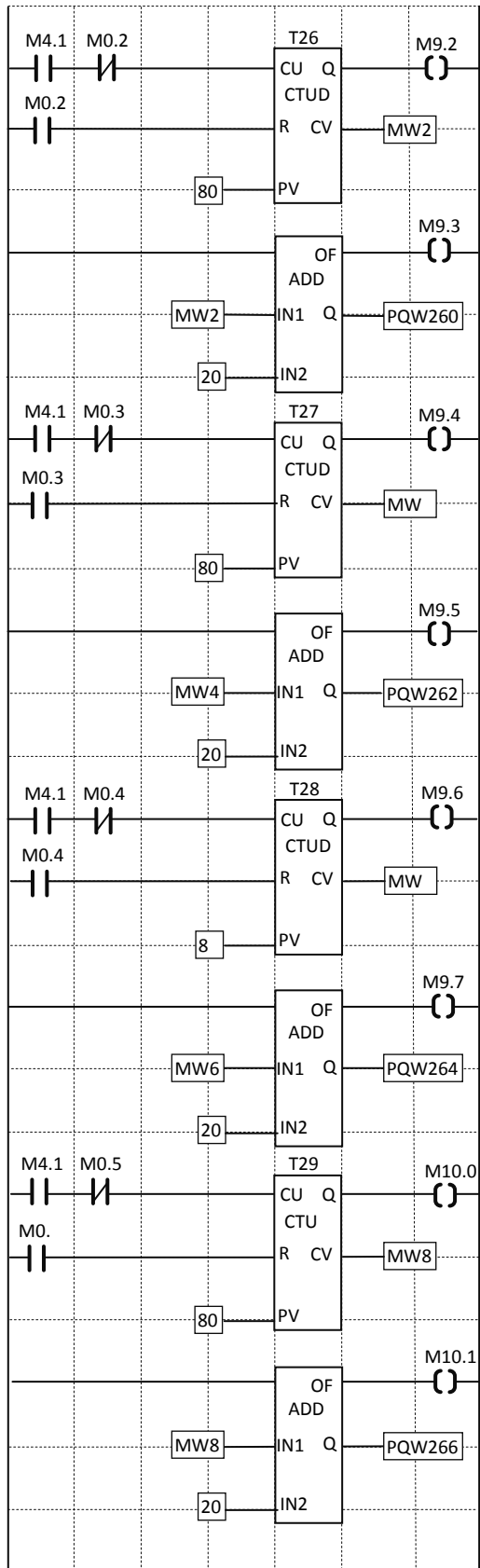


Część 4 – Łagodne gaszenie lamp

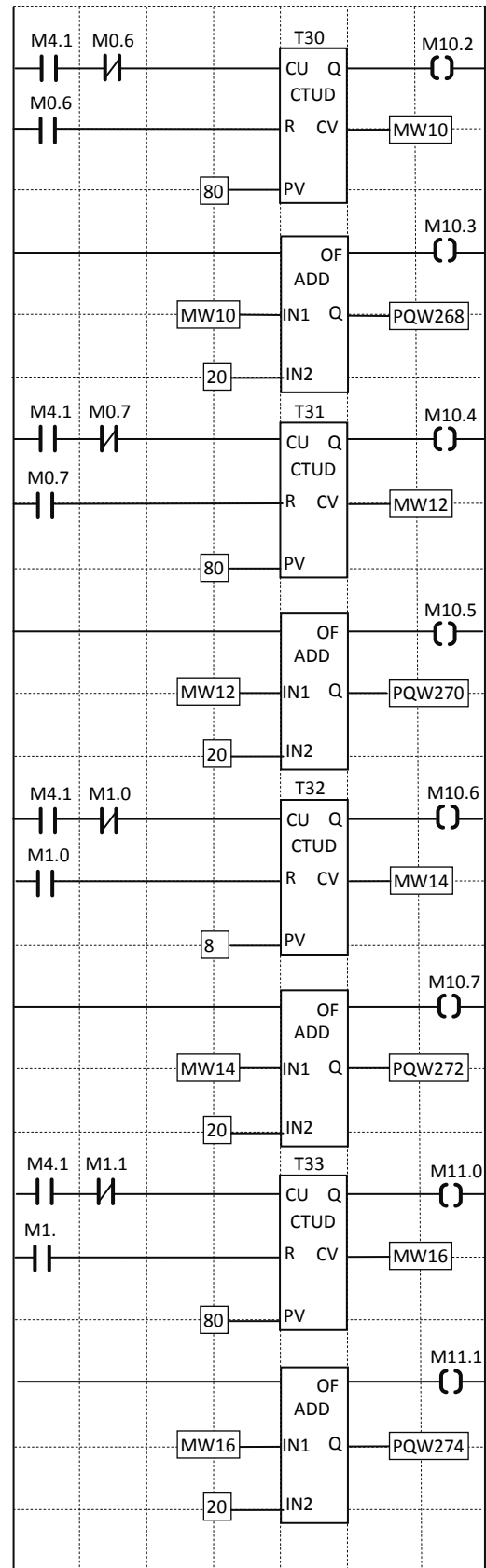




Część 4cd – Łagodne gaszenie lamp

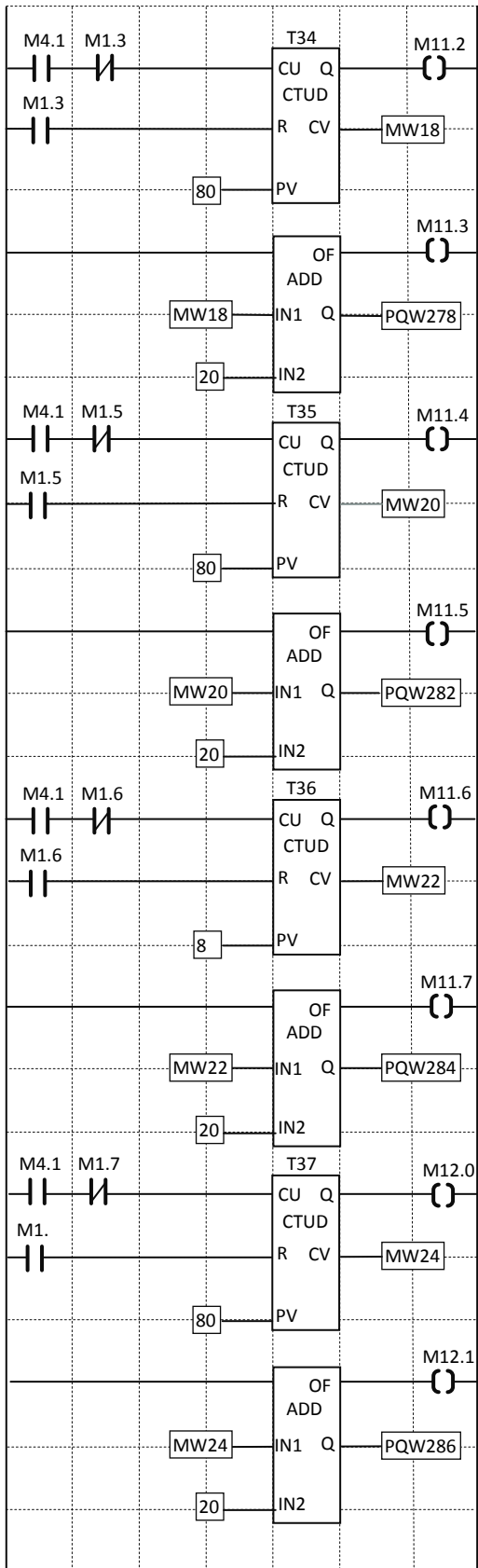


Część 4cd – Łagodne gaszenie lamp

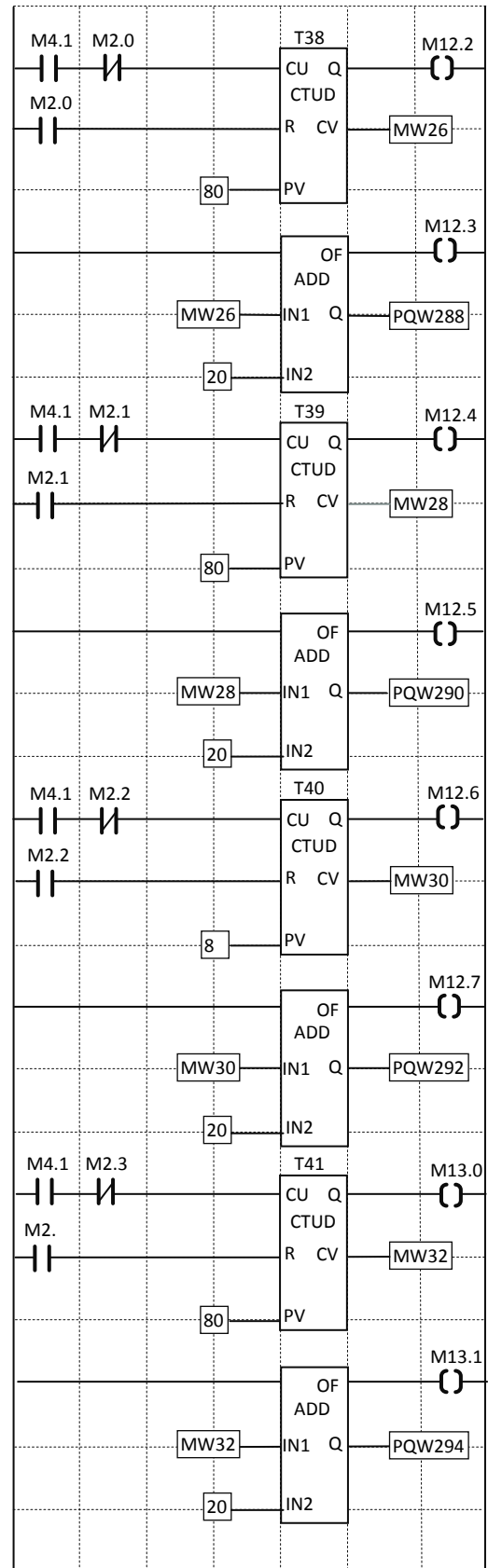




Część 4cd – Łagodne gaszenie lamp

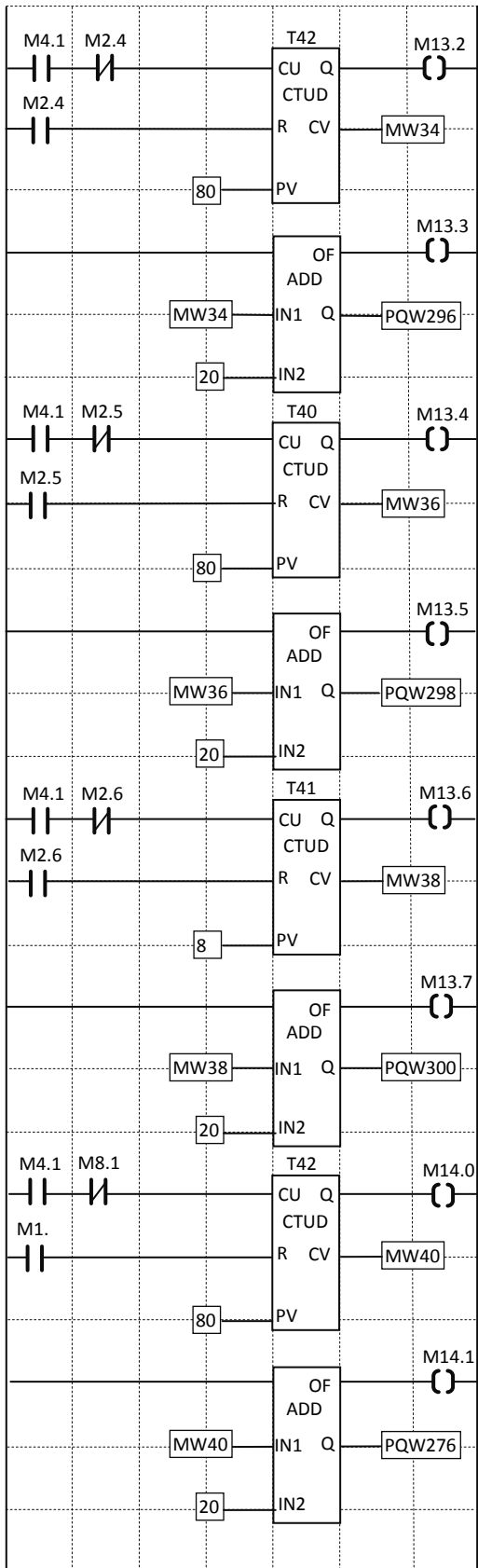


Część 4cd – Łagodne gaszenie lamp

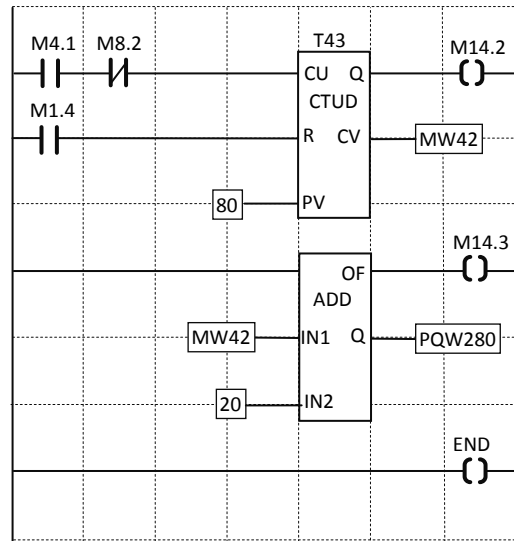




Część 4cd – Łagodne gaszenie lamp



Część 4cd – Łagodne gaszenie lamp





WP3 - DELIVERABLE D.T3.1.4

Koncepcja inteligentnego oświetlenia na terenie
Gminy i Miasta Lwówek Śląski- ulica Nowy Świat

ZAŁĄCZNIK 3

Analiza opłacalności inwestycji

		kolejne lata									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Splata kredytu											
1)	nakłady inwestycyjne	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2)	oprocentowanie (stale)	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%
3)	kapitał	65 250,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
4)	płatność ogółem	0,00 zł	6 109,54 zł	5 967,19 zł	5 824,83 zł	5 682,48 zł	5 540,13 zł	5 397,78 zł	5 255,43 zł	5 113,08 zł	4 970,72 zł
5)	odsetki	0,00 zł	2 847,04 zł	2 704,69 zł	2 562,33 zł	2 419,98 zł	2 277,63 zł	2 135,28 zł	1 992,93 zł	1 850,58 zł	1 708,22 zł
6)	rata kapitałowa	0,00 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł
7)	saldo zaległości	65 250,00 zł	61 987,50 zł	58 725,00 zł	55 462,50 zł	52 200,00 zł	48 937,50 zł	45 675,00 zł	42 412,50 zł	39 150,00 zł	35 887,50 zł
Rachunek zysków i strat											
1)	koszt eksploatacji dla obecnej instalacji	6 180,53 zł	6 180,53 zł	6 180,53 zł	6 180,53 zł	6 180,53 zł	6 180,53 zł	6 180,53 zł	6 180,53 zł	6 180,53 zł	6 180,53 zł
2)	koszt eksploatacji instalacji po modernizacji	2 281,93 zł	2 281,93 zł	2 281,93 zł	2 281,93 zł	2 281,93 zł	2 281,93 zł	2 281,93 zł	2 281,93 zł	2 281,93 zł	2 281,93 zł
3)	zysk strata inwestycji	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł
4)	amoryzacja	1 862,22 zł	1 862,22 zł	1 862,22 zł	1 862,22 zł	1 862,22 zł	1 862,22 zł	1 862,22 zł	1 862,22 zł	1 862,22 zł	1 862,22 zł
5)	koszty finansowe - odsetki	0,00 zł	2 847,04 zł	2 704,69 zł	2 562,33 zł	2 419,98 zł	2 277,63 zł	2 135,28 zł	1 992,93 zł	1 850,58 zł	1 708,22 zł
6)	zysk strata brutto	2 036,38 zł	-810,66 zł	-668,31 zł	-525,96 zł	-383,60 zł	-241,25 zł	-98,90 zł	43,45 zł	185,80 zł	328,15 zł
7)	zysk strata z lat ubiegłych	0,00 zł	2 036,38 zł	1 225,72 zł	557,41 zł	31,45 zł	-352,15 zł	-593,40 zł	-692,31 zł	-648,85 zł	-463,05 zł
Rachunek przepływów pieniężnych (cash flow)											
1)	środki własne	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
2)	kredyty lub pożyczki	65 250,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
3)	przychody z działalności inwestycji	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł
4)	wartość rezydualna majątku	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
5)	całkowity roczny wpływ gotówki	69 148,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł
6)	nakłady inwestycyjne	65 250,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
7)	koszt działalności	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
8)	odsetki	0,00 zł	2 847,04 zł	2 704,69 zł	2 562,33 zł	2 419,98 zł	2 277,63 zł	2 135,28 zł	1 992,93 zł	1 850,58 zł	1 708,22 zł
9)	rata kapitałowa	0,00 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł
10)	podatek dochodowy	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
11)	całkowity roczny wypływ gotówki	65 250,00 zł	6 109,54 zł	5 967,19 zł	5 824,83 zł	5 682,48 zł	5 540,13 zł	5 397,78 zł	5 255,43 zł	5 113,08 zł	4 970,72 zł
12)	roczny przepływ środków pieniężnych	3 898,60 zł	-2 210,94 zł	-2 068,59 zł	-1 926,23 zł	-1 783,88 zł	-1 641,53 zł	-1 499,18 zł	-1 356,83 zł	-1 214,48 zł	-1 072,12 zł
13)	stan środków pieniężnych na koniec okresu	3 898,60 zł	1 687,66 zł	-380,93 zł	-2 307,16 zł	-4 091,04 zł	-5 732,57 zł	-7 231,75 zł	-8 588,58 zł	-9 803,05 zł	-10 875,18 zł
14)	Nadwyżka rocznych przepływów środków pieniężnych	3 898,60 zł	-2 210,94 zł	-2 068,59 zł	-1 926,23 zł	-1 783,88 zł	-1 641,53 zł	-1 499,18 zł	-1 356,83 zł	-1 214,48 zł	-1 072,12 zł
15)	stopa dyskontowa	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%
16)	wartość czynnika dyskontowego dla stopy procentowej	0,9315	0,8677	0,8082	0,7529	0,7013	0,6533	0,6085	0,5668	0,5280	0,4918
17)	Zdyskontowana nadwyżka rocznych przepływów środków	3 631,52 zł	-1 918,39 zł	-1 671,92 zł	-1 450,21 zł	-1 251,03 zł	-1 072,33 zł	-912,25 zł	-769,07 zł	-641,22 zł	-527,29 zł
18)	zaktualizowana wartość nakładów inwestycyjnych	60 780,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł

		kolejne lata									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Splata kredytu											
1)	nakłady inwestycyjne	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2)	oprocentowanie (stale)	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%
3)	kapitał	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
4)	płatność ogółem	4 828,37 zł	4 686,02 zł	4 543,67 zł	4 401,32 zł	4 258,96 zł	4 116,61 zł	3 974,26 zł	3 831,91 zł	3 689,56 zł	3 547,20 zł
5)	odsetki	1 565,87 zł	1 423,52 zł	1 281,17 zł	1 138,82 zł	996,46 zł	854,11 zł	711,76 zł	569,41 zł	427,06 zł	284,70 zł
6)	rata kapitałowa	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł
7)	saldo zaległości	32 625,00 zł	29 362,50 zł	26 100,00 zł	22 837,50 zł	19 575,00 zł	16 312,50 zł	13 050,00 zł	9 787,50 zł	6 525,00 zł	3 262,50 zł
Rachunek zysków i strat											
1)	koszt eksploatacji dla obecnej instalacji	6 180,53 zł	6 180,53 zł	6 180,53 zł	6 180,53 zł	6 180,53 zł	6 180,53 zł	6 180,53 zł	6 180,53 zł	6 180,53 zł	6 180,53 zł
2)	koszt eksploatacji instalacji po modernizacji	2 281,93 zł	2 281,93 zł	2 281,93 zł	2 281,93 zł	2 281,93 zł	2 281,93 zł	2 281,93 zł	2 281,93 zł	2 281,93 zł	2 281,93 zł
3)	zysk strata inwestycji	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł
4)	amoryzacja	1 862,22 zł	1 862,22 zł	1 862,22 zł	1 862,22 zł	1 862,22 zł	1 862,22 zł	1 862,22 zł	1 862,22 zł	1 862,22 zł	1 862,22 zł
5)	koszty finansowe - odsetki	1 565,87 zł	1 423,52 zł	1 281,17 zł	1 138,82 zł	996,46 zł	854,11 zł	711,76 zł	569,41 zł	427,06 zł	284,70 zł
6)	zysk strata brutto	470,51 zł	612,86 zł	755,21 zł	897,56 zł	1 039,91 zł	1 182,27 zł	1 324,62 zł	1 466,97 zł	1 609,32 zł	1 751,67 zł
7)	zysk strata z lat ubiegłych	-134,90 zł	335,61 zł	948,47 zł	1 703,68 zł	2 601,24 zł	3 641,16 zł	4 823,42 zł	6 148,04 zł	7 615,01 zł	9 224,33 zł
Rachunek przepływów pieniężnych (cash flow)											
1)	środki własne	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
2)	kredyty lub pożyczki	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
3)	przychody z działalności inwestycji	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł
4)	wartość rezydualna majątku	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
5)	całkowity roczny wpływ gotówki	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł
6)	nakłady inwestycyjne	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
7)	koszt działalności	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
8)	odsetki	1 565,87 zł	1 423,52 zł	1 281,17 zł	1 138,82 zł	996,46 zł	854,11 zł	711,76 zł	569,41 zł	427,06 zł	284,70 zł
9)	rata kapitałowa	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł	3 262,50 zł
10)	podatek dochodowy	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
11)	całkowity roczny wypływ gotówki	4 828,37 zł	4 686,02 zł	4 543,67 zł	4 401,32 zł	4 258,96 zł	4 116,61 zł	3 974,26 zł	3 831,91 zł	3 689,56 zł	3 547,20 zł
12)	roczny przepływ środków pieniężnych	-929,77 zł	-787,42 zł	-645,07 zł	-502,72 zł	-360,36 zł	-218,01 zł	-75,66 zł	66,69 zł	209,04 zł	351,40 zł
13)	stan środków pieniężnych na koniec okresu	-11 804,95 zł	-12 592,37 zł	-13 237,43 zł	-13 740,15 zł	-14 100,51 zł	-14 318,53 zł	-14 394,18 zł	-14 327,49 zł	-14 118,45 zł	-13 767,05 zł
14)	Nadwyżka rocznych przepływów środków pieniężnych	-929,77 zł	-787,42 zł	-645,07 zł	-502,72 zł	-360,36 zł	-218,01 zł	-75,66 zł	66,69 zł	209,04 zł	351,40 zł
15)	stopa dyskontowa	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%
16)	wartość czynnika dyskontowego dla stopy procentowej	0,4581	0,4267	0,3975	0,3703	0,3449	0,3213	0,2993	0,2788	0,2597	0,2419
17)	Zdyskontowana nadwyżka rocznych przepływów środków	-425,95 zł	-336,02 zł	-256,42 zł	-186,14 zł	-124,29 zł	-70,04 zł	-22,64 zł	18,59 zł	54,28 zł	85,00 zł
18)	zaktualizowana wartość nakładów inwestycyjnych	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł

		kolejne lata		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Splata kredytu													
1)	nakłady inwestycyjne	100%		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2)	oprocentowanie (stałe)			4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%
3)	kapitał			0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
4)	płatność ogółem			3 404,85 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł
5)	odsetki			142,35 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
6)	rata kapitałowa			3 262,50 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
7)	saldo zaległości			0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
Rachunek zysków i strat													
1)	koszt eksploatacji dla obecnej instalacji			6 180,53 zł	6 180,53 zł	6 180,53 zł	6 180,53 zł	6 180,53 zł	6 180,53 zł	6 180,53 zł	6 180,53 zł	6 180,53 zł	6 180,53 zł
2)	koszt eksploatacji instalacji po modernizacji			2 281,93 zł	2 281,93 zł	2 281,93 zł	2 281,93 zł	2 281,93 zł	2 281,93 zł	2 281,93 zł	2 281,93 zł	2 281,93 zł	2 281,93 zł
3)	zysk strata inwestycji			3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł
4)	amoryzacja			1 862,22 zł	1 862,22 zł	1 862,22 zł	1 862,22 zł	1 862,22 zł	1 862,22 zł	1 862,22 zł	1 862,22 zł	1 862,22 zł	1 862,22 zł
5)	koszty finansowe - odsetki			142,35 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
6)	zysk strata brutto			1 894,03 zł	2 036,38 zł	2 036,38 zł	2 036,38 zł	2 036,38 zł	2 036,38 zł	2 036,38 zł	2 036,38 zł	2 036,38 zł	2 036,38 zł
7)	zysk strata z lat ubiegłych			10 976,01 zł	12 870,03 zł	14 906,41 zł	16 942,79 zł	18 979,17 zł	21 015,55 zł	23 051,93 zł	25 088,30 zł	27 124,68 zł	29 161,06 zł
Rachunek przepływów pieniężnych (cash flow)													
1)	środki własne			0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
2)	kredyty lub pożyczki			0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
3)	przychody z działalności inwestycji			3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł
4)	wartość rezydualna majątku			0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
5)	całkowity roczny wpływ gotówki			3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł
6)	nakłady inwestycyjne			0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
7)	koszt działalności			0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
8)	odsetki			142,35 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
9)	rata kapitałowa			3 262,50 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
10)	podatek dochodowy			0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
11)	całkowity roczny wypływ gotówki			3 404,85 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
12)	roczny przepływ środków pieniężnych			493,75 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł
13)	stan środków pieniężnych na koniec okresu			-13 273,30 zł	-9 374,70 zł	-5 476,10 zł	-1 577,50 zł	2 321,10 zł	6 219,70 zł	10 118,30 zł	14 016,90 zł	17 915,50 zł	21 814,10 zł
14)	Nadwyżka rocznych przepływów środków pieniężnych			493,75 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł
15)	stopa dyskontowa			7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%
16)	wartość czynnika dyskontowego dla stopy procentowej			0,2253	0,2099	0,1955	0,1821	0,1696	0,1580	0,1472	0,1371	0,1277	0,1190
17)	Zdyskontowana nadwyżka rocznych przepływów środków			111,25 zł	818,22 zł	762,17 zł	709,96 zł	661,32 zł	616,02 zł	573,82 zł	534,51 zł	497,89 zł	463,78 zł
18)	zaktualizowana wartość nakładów inwestycyjnych			0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł

		kolejne lata		31	32	33	34	35	36
Splata kredytu									
1)	nakłady inwestycyjne	100%		0%	0%	0%	0%	0%	0%
2)	oprocentowanie (stałe)			4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%
3)	kapitał			0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
4)	płatność ogółem			0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
5)	odsetki			0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
6)	rata kapitałowa			0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
7)	saldo zaległości			0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
Rachunek zysków i strat									
1)	koszt eksploatacji dla obecnej instalacji			6 180,53 zł	6 180,53 zł	6 180,53 zł	6 180,53 zł	6 180,53 zł	6 180,53 zł
2)	koszt eksploatacji instalacji po modernizacji			2 281,93 zł	2 281,93 zł	2 281,93 zł	2 281,93 zł	2 281,93 zł	2 281,93 zł
3)	zysk strata inwestycji			3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł
4)	amoryzacja			1 862,22 zł	1 862,22 zł	1 862,22 zł	1 862,22 zł	1 862,22 zł	0,00 zł
5)	koszty finansowe - odsetki			0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
6)	zysk strata brutto			2 036,38 zł	2 036,38 zł	2 036,38 zł	2 036,38 zł	2 036,38 zł	3 898,60 zł
7)	zysk strata z lat ubiegłych			31 197,44 zł	33 233,82 zł	35 270,19 zł	37 306,57 zł	39 342,95 zł	41 379,33 zł
Rachunek przepływów pieniężnych (cash flow)									
1)	środki własne			0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
2)	kredyty lub pożyczki			0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
3)	przychody z działalności inwestycji			3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł
4)	wartość rezydualna majątku			0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
5)	całkowity roczny wpływ gotówki			3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł
6)	nakłady inwestycyjne			0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
7)	koszt działalności			0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
8)	odsetki			0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
9)	rata kapitałowa			0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
10)	podatek dochodowy			0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
11)	całkowity roczny wypływ gotówki			0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
12)	roczny przepływ środków pieniężnych			3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł
13)	stan środków pieniężnych na koniec okresu			25 712,70 zł	29 611,30 zł	33 509,90 zł	37 408,50 zł	41 307,10 zł	45 205,70 zł
14)	Nadwyżka rocznych przepływów środków pieniężnych			3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł	3 898,60 zł
15)	stopa dyskontowa			7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%
16)	wartość czynnika dyskontowego dla stopy procentowej			0,1108	0,1032	0,0961	0,0896	0,0834	0,0777
17)	Zdyskontowana nadwyżka rocznych przepływów środków			432,01 zł	402,42 zł	374,85 zł	349,17 zł	325,25 zł	302,97 zł
18)	zaktualizowana wartość nakładów inwestycyjnych			0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł