

# INFORMATYCZNY SYSTEM ZARZĄDZANIA BUDYNKIEM – ZARZĄDZANIE INSTALACJAMI

## 1. ZAKRES PROJEKTOWANEGO SYSTEMU

Projektowany na potrzeby projektu Dom 2020 informatyczny system zarządzania (SIZ) prezentowanym budynkiem stanowi swoisty łącznik, umożliwiając kompleksowe zarządzanie instalacjami oraz odbiorami z poziomu jednego, intuicyjnego panelu dotykowego zainstalowanego w budynku.

W projektowaniu systemów informatycznych wyróżnia się dwa typy wymagań. Pierwszy, wymagania funkcjonalne, to zbiór funkcji jakie powinien spełniać powstały system. Funkcjonalności te, w większości określane są na podstawie analizy potrzeb użytkownika końcowego, jednakże pewna ich część wynika z zasad użytkowania systemu oraz bezpieczeństwa przechowywanych w nim danych. Drugi typ wymagań stanowią wymagania нефunkcjonalne, inaczej zwane sprzętowymi. Definiują one parametry sprzętu, na którym będzie zainstalowany system.

Wśród głównych wymagań funkcjonalnych projektowanego SIZ odnoszących się do potrzeb użytkownika końcowego – mieszkańca budynku należą:

- zarządzanie wybranymi funkcjami zainstalowanych w budynku instalacji tj. rekuperator, zbiornik na deszczówkę, sterowanie chłodzeniem ogniw fotowoltaicznych za pomocą obiegu glikolu, zbiornik CWU, rolety czy kominek
- zarządzanie odbiorami, klasyfikującymi się jako odpowiednie do zdalnego zarządzania bez poczucia dyskomfortu u mieszkańców
- optymalizacja poziomu zużycia energii elektrycznej. Proces optymalizacji zużycia energii elektrycznej rozpoczyna się od zbierania danych dotyczących krzywej zapotrzebowania na energię mieszkańców budynku. Na podstawie zebranych danych, SIZ ustala średnie poziomy zużycia w dni powszednie, świąteczne oraz z uwzględnieniem pory roku. Porównanie otrzymanych krzywych z mocą otrzymywaną z zainstalowanych w budynku OZE pozwoli na wykrycie okresów szczytowego zapotrzebowania, które wymagają dodatkowego poboru energii elektrycznej z sieci. Sterowanie częścią odbiorów pozwoli na „złagodzenie” krzywej obciążeń tak, aby zminimalizować pobór energii z sieci. Natomiast w trakcie zbierania danych, przed wyznaczeniem krzywych średniego zapotrzebowania, możliwe jest ograniczanie zużycia energii elektrycznej za pomocą sterowania odbiorami oraz informowania mieszkańców o okresach, w których cena energii jest wysoka oraz niska
- komunikacja z „inteligentnym” licznikiem zainstalowanym w budynku
- monitorowanie podstawowych parametrów tj. temperatura i wilgotność powietrza, poziom tlenku węgla, dwutlenku węgla
- wykrywanie stanów awaryjnych
- obsługa procesu ładowania pojazdu elektrycznego
- zarządzanie monitoringiem otoczenia za pomocą kamer
- łączenie się z SIZ za pomocą Internetu (i połączenia szyfrowanego SSL) umożliwiające zarządzanie budynkiem z dowolnego miejsca
- „tryb wakacyjny” obejmujący sterowanie wybranymi instalacjami oraz oświetleniem podczas wyjazdu mieszkańców. Dodatkowo możliwość łączenia się z SIZ za pomocą Internetu gwarantuje monitoring (czujniki i kamery) budynku podczas nieobecności mieszkańców.

Wśród wymagań wynikających z zasad użytkowania systemu oraz bezpieczeństwa przechowywanych w nim danych wymienić można m.in.: inicjalizację (pierwsze

uruchomienie) systemu, procedury logowania obejmujące weryfikację haseł czy obsługę kont użytkowników.

W kolejnych podrozdziałach opisane zostaną funkcje realizowane przez system w ramach wymagań funkcjonalnych. Dla logicznego uporządkowania procesów, wymagania te zebrano w zbiory: inicjalizacja systemu, obsługa kont użytkownika, zarządzanie odbiorami, zarządzanie instalacjami, obsługa pojazdu elektrycznego oraz optymalizacja zużycia energii elektrycznej.

W końcowej części rozdziału zostaną zaprezentowane wymagania нефункционалне zalecane dla projektowanego systemu.

## **2. WYMAGANIA FUNKCJONALNE**

Wymagania funkcjonalne, oprócz szczegółowego opisu, zilustrowane zostały za pomocą diagramów przypadków użycia oraz diagramów czynności wykonanych w notacji UML. Diagramy przypadków użycia [15] stosowane są do definiowania funkcjonalności analizowanego i projektowanego systemu jak również sposobów interakcji użytkownik – system. Innymi słowy, jest to graficzna prezentacja obejmująca przypadki użycia, aktorów oraz relacje występujące pomiędzy nimi. Pod pojęciem aktora należy rozumieć zestaw ról odgrywanych przez użytkowników końcowych projektowanego systemu w czasie wykonywania danego przypadku użycia. Jednakże aktorem może być nie tylko człowiek – użytkownik systemu, lecz również odbiór czy czas, np. określony dzień miesiąca. Diagram czynności [15] koncentruje się natomiast na dynamicznym aspekcie systemu, ilustrując sekwencję czynności i akcji oraz przepływy sterowania i danych realizowanych w procesach systemowych. Przepływy mogą mieć charakter sekwencyjny lub współbieżny. Diagramy czynności prezentują scenariusze przypadków użycia za pomocą sekwencji warunków – pętli, które mogą prowadzić do wykonania różnych zestawów akcji w zależności od otrzymanych danych wejściowych. Połączenie tych dwóch rodzajów diagramów umożliwi dokładne zrozumienie projektowanych procesów.

Należy równocześnie pamiętać, iż czytelność prezentowanych diagramów wymusza pominięcie części mniej istotnych funkcji, które zostały jednakże ujęte w opisie. Na przykład, większość wykonywanych czynności może być w każdej chwili anulowana przez użytkownika. Umieszczenie pytania „Czy anulowano?” po każdej akcji w diagramie czynności znacznie zmniejszyłoby jego czytelność.

Wybrane fragmenty procesów zostały dodatkowo opatrzone projektem interfejsu graficznego<sup>1</sup>.

### **2.1. ZARZĄDZANIE INSTALACJAMI**

Projektowany budynek wyposażony zostanie w szereg instalacji, spośród których większość zostanie objęta monitoringiem SIZ. Należą do nich: zbiornik na deszczówkę, hybrydowy system solarny, rolety okienne, rekuperator, instalacja centralnego ogrzewania (CO) oraz ciepłej wody użytkowej (CWU), turbina wiatrowa, instalacja podgrzewania chodnika i podjazdu oraz zainstalowane w budynku kamery i sensory.

W zależności od charakterystyki poszczególnych instalacji współpraca pomiędzy konkretnym elementem budynku a systemem informatycznym może być w pełni zautomatyzowana bądź też sprowadzać się do monitorowania określonych stanów alarmowych i sygnalizowania ich użytkownikowi za pomocą komunikatu na głównym panelu systemowym bądź powiadomienia na telefon komórkowy.

Aby współpraca ta była możliwa przyjęto założenie, że projektowane instalacje zostaną wyposażone w czujniki monitorujące zadane parametry oraz posiadające zdolność

bezprzewodowej komunikacji z systemem informatycznym. Czujniki te wysyłają, co określoną jednostkę czasu, sygnał kontrolny do systemu. W przypadku wystąpienia błędu w przesyłanym sygnale zostanie zawarty kod sytuacji nietypowej. W poniższych paragrafach zostaną opisane wybrane sytuacje alarmowe wymagające podjęcia szczególnych działań przez system bądź przez użytkownika. Mogą wystąpić jednakże inne, dodatkowe sytuacje wynikające np. z wyczerpywania baterii czujnika (jeżeli będzie w nie wyposażony), problemów z połączeniem czy innych, które zależą bezpośrednio od instalacji.

Przykładowy interfejs graficzny przedstawiający rejestr komunikatów uporządkowany według rodzajów instalacji, został przedstawiony na rysunku numer 1.



Rysunek numer 1. Interfejs graficzny – rejestr zdarzeń.

Źródło: opracowanie własne.

#### 2.1.1. Zbiornik na deszczówkę

Kooperacja pomiędzy SIZ a zbiornikiem przeznaczonym na gromadzenie wody opadowej polega na monitorowaniu przez system aktualnego poziomu zapełnienia pojemnika. Zakładając, iż przewidywany zbiornik posiadać będzie czujnik monitorujący ten parametr oraz system automatyki sterujący zaworem rury odprowadzającej / doprowadzającej wodę, przewidywane są dwa typy interakcji system – instalacja:

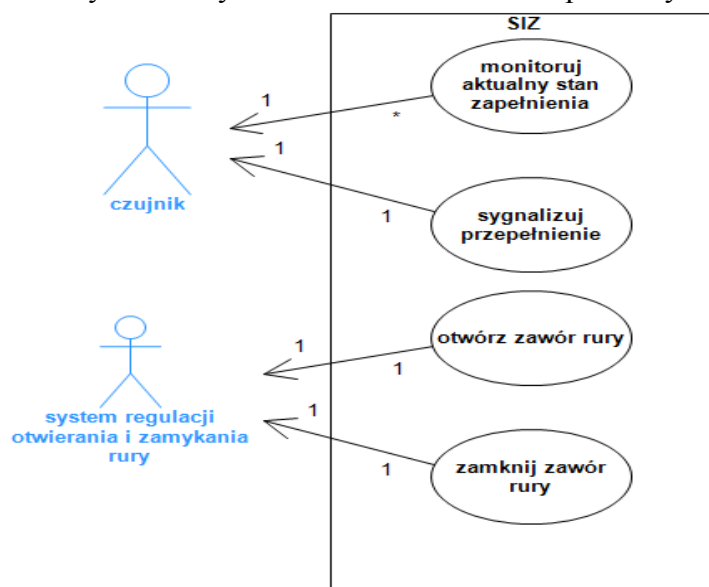
- regulacja zaworu rury odprowadzającej wodę w przypadku przepełnienia się zbiornika,

- regulacja zaworu doprowadzającego wodę z wodociągu w przypadku zbyt niskiego poziomu zapelnienia.

W pierwszym przypadku, czujnik wysyła do SIZ sygnał o za wysokim poziomie wody w zbiorniku, który w odpowiedzi przekazuje komendę „Otworzyć zawór” do systemu sterowania zaworem. Podczas opróżniania zbiornika, poziom wody jest na bieżąco monitorowany. Po osiągnięciu żądanego poziomu system wysyła komendę zamknięcia zaworu oraz zapisuje w swojej bazie danych informację o zaistniałym incydencie, informując ponadto użytkownika.

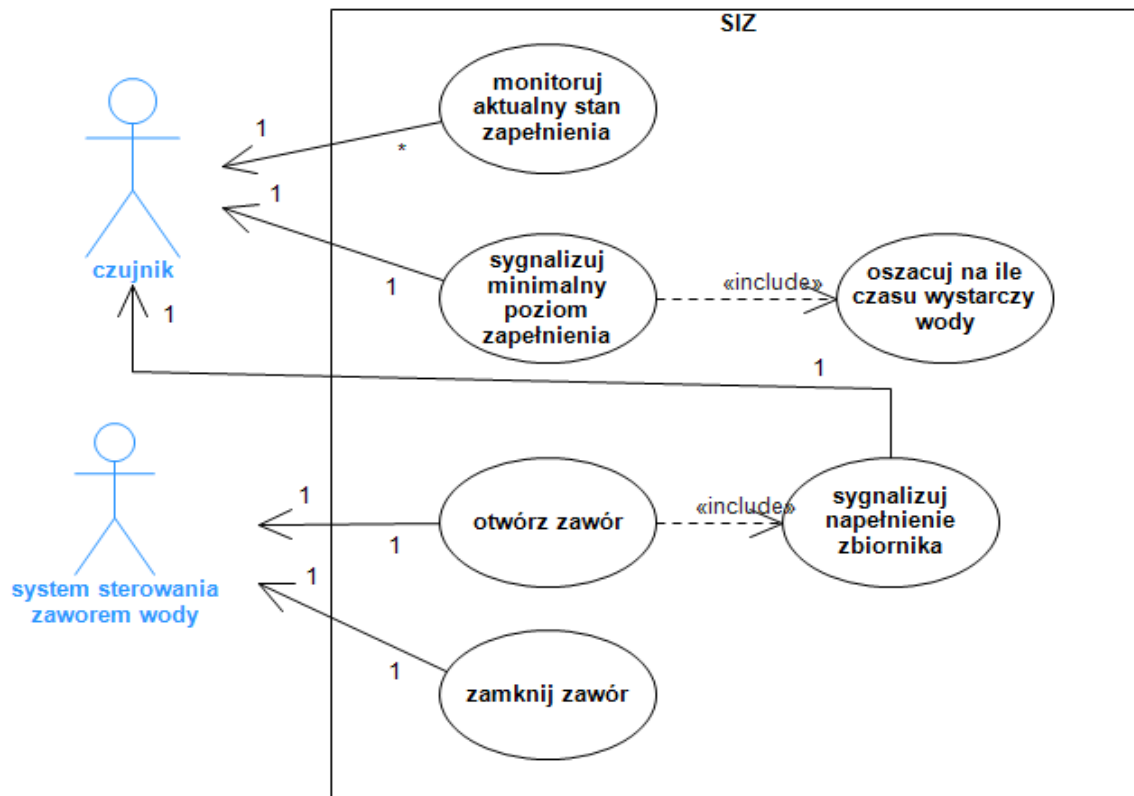
Druga sytuacja dotyczy zbyt niskiego poziomu wody. Sekwencja zdarzeń przebiega analogicznie jak w pierwszym przypadku: sygnał od czujnika, reakcja systemu, rozpoczęcie napełniania zbiornika, komenda zamknięcia zaworu po osiągnięciu odpowiedniego poziomu zapelnienia.

Procesy te zostały zilustrowane na czterech poniższych diagramach.

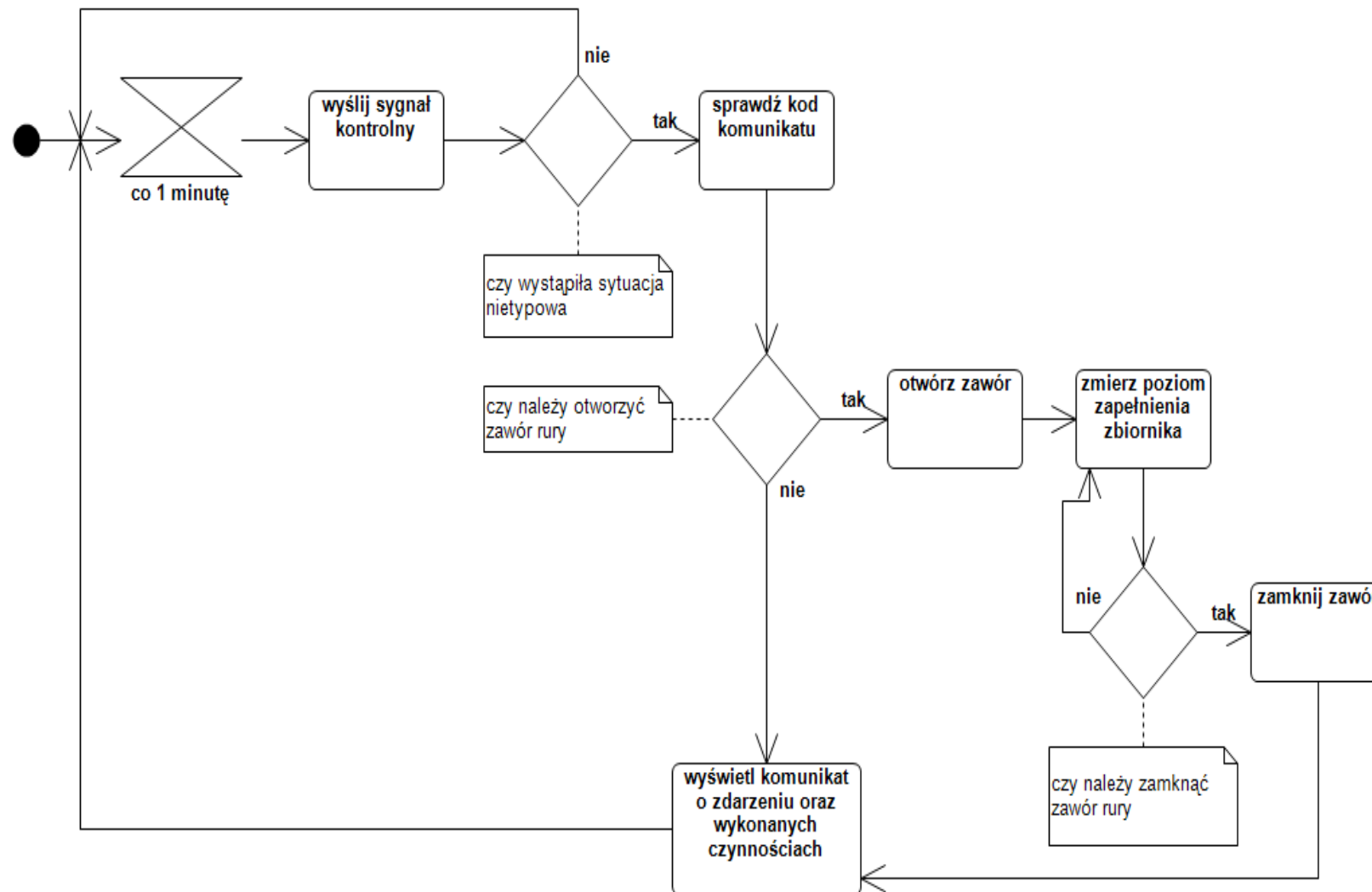


Rysunek numer 2. Diagram przypadków użycia – opróżnianie zbiornika na deszczówkę.

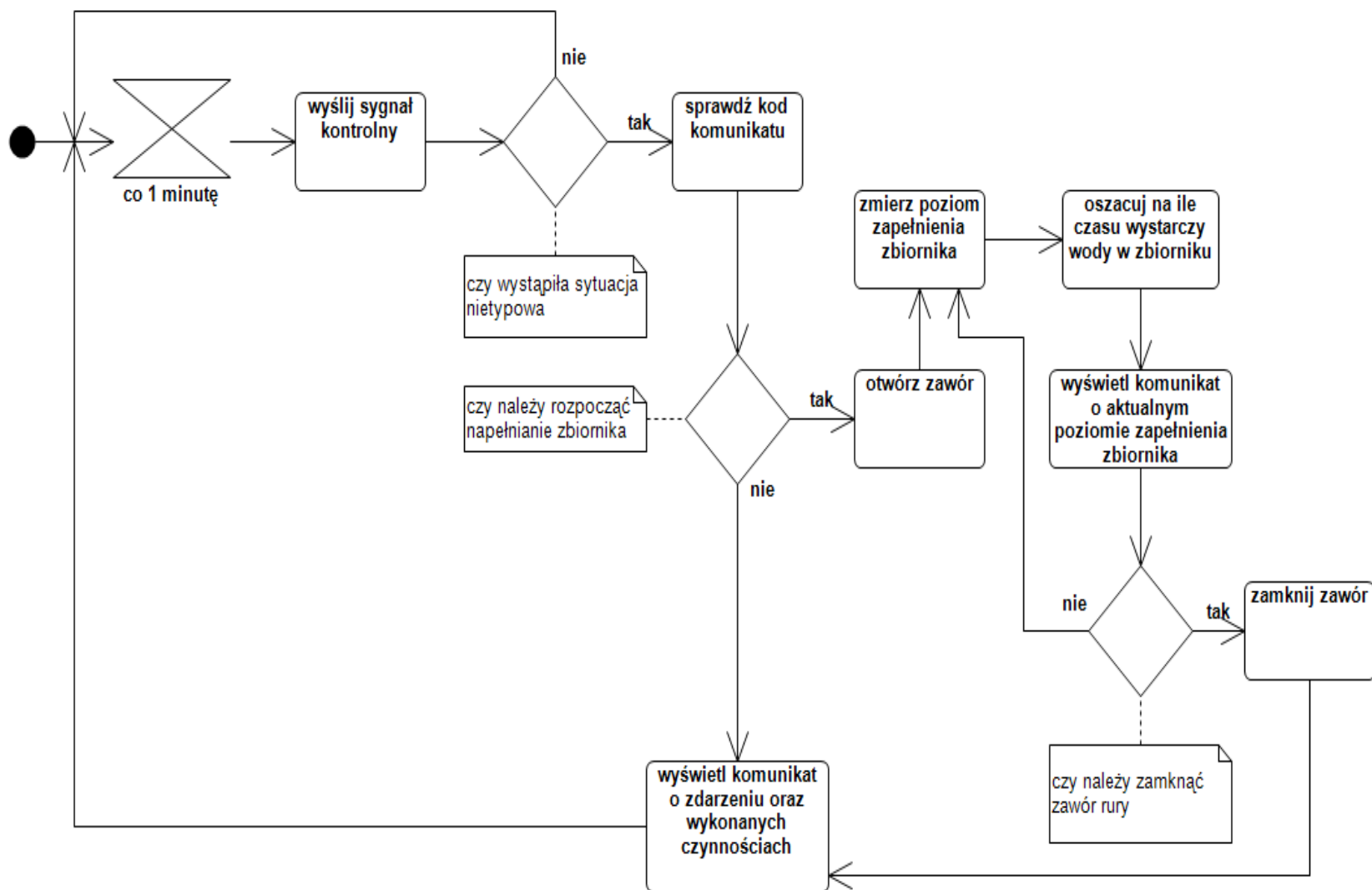
Źródło: opracowanie własne



Rysunek numer 3. Diagram przypadków użycia – napełnianie zbiornika na deszczówkę.  
 Źródło: opracowanie własne



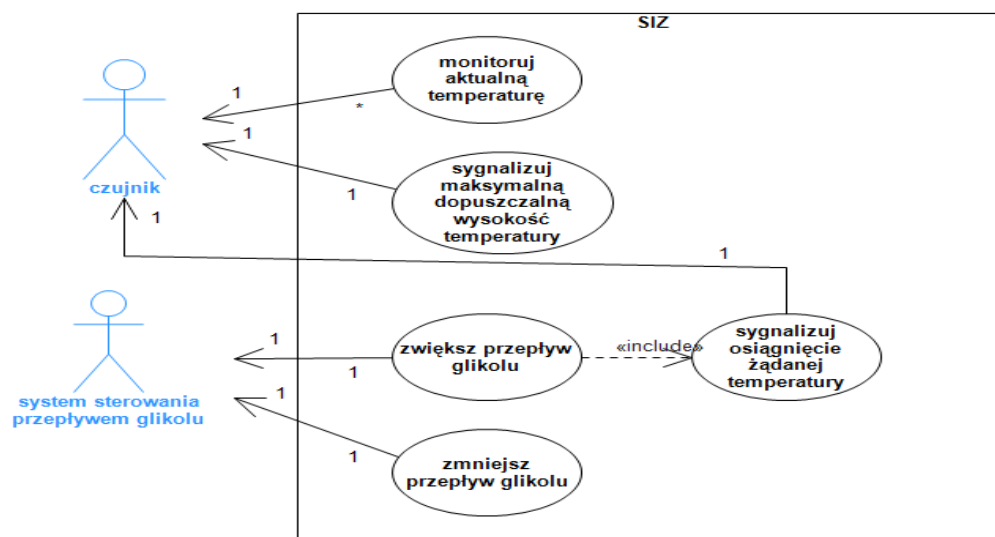
Rysunek numer 4. Diagram czynności – opróżnianie zbiornika na deszczówkę .  
Źródło: opracowanie własne.



Rysunek numer 5. Diagram czynności – napełnianie zbiornika na deszczówkę .  
Źródło: opracowanie własne.

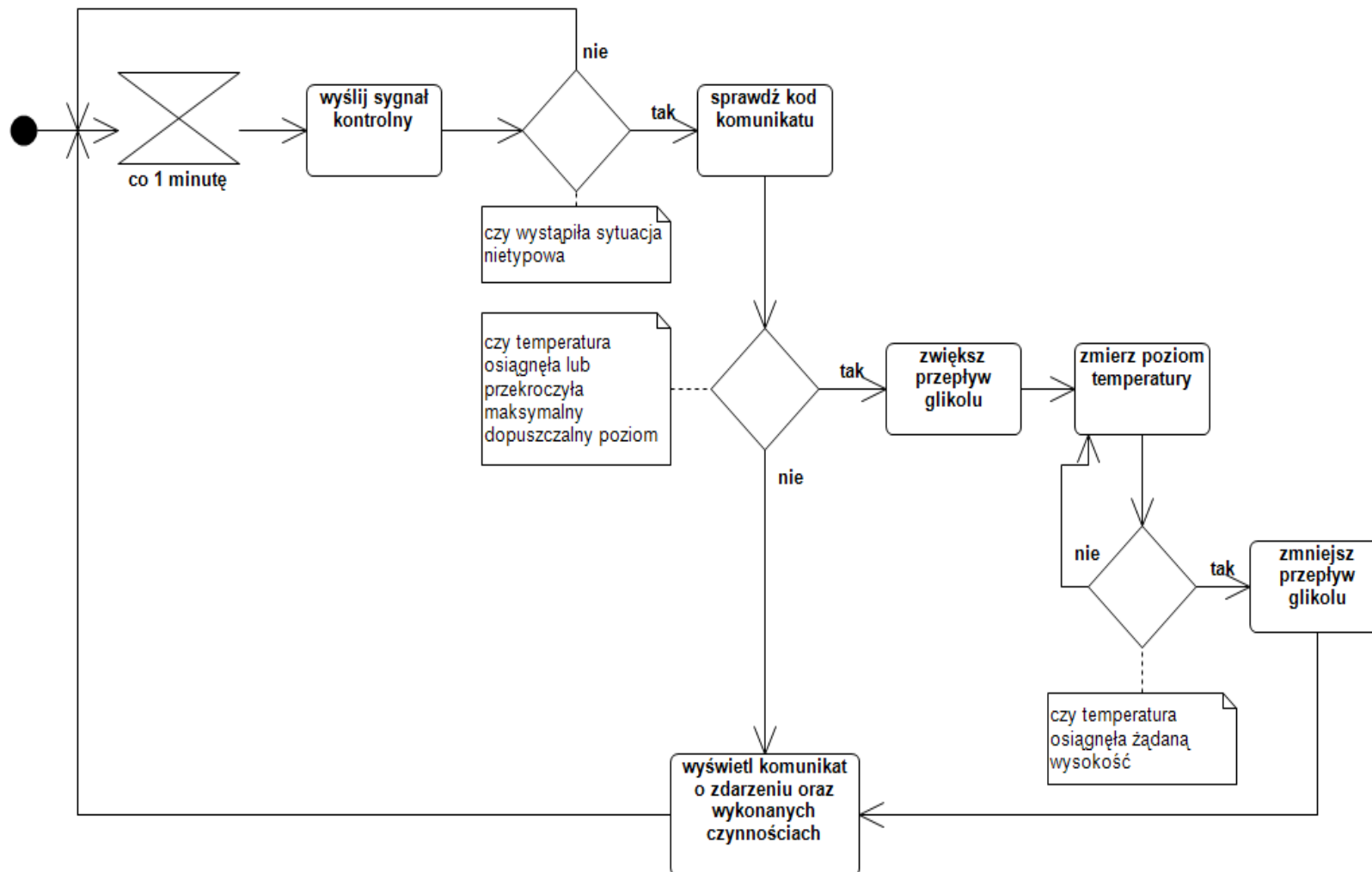
### 2.1.2. Obieg glikolu do chłodzenia ogniwa fotowoltaicznego.

Po przekroczeniu maksymalnego dopuszczalnego poziomu temperatury zwiększany jest przepływ glikolu wykorzystywany do chłodzenia ogniwa fotowoltaicznego. Po ustabilizowaniu temperatury obieg glikolu powraca do poprzedniego stanu. Opisana funkcjonalność została zaprezentowana na diagramach poniżej.



Rysunek numer 6. Diagram przypadków użycia – zwiększanie przepływu glikolu.

Źródło: opracowanie własne.

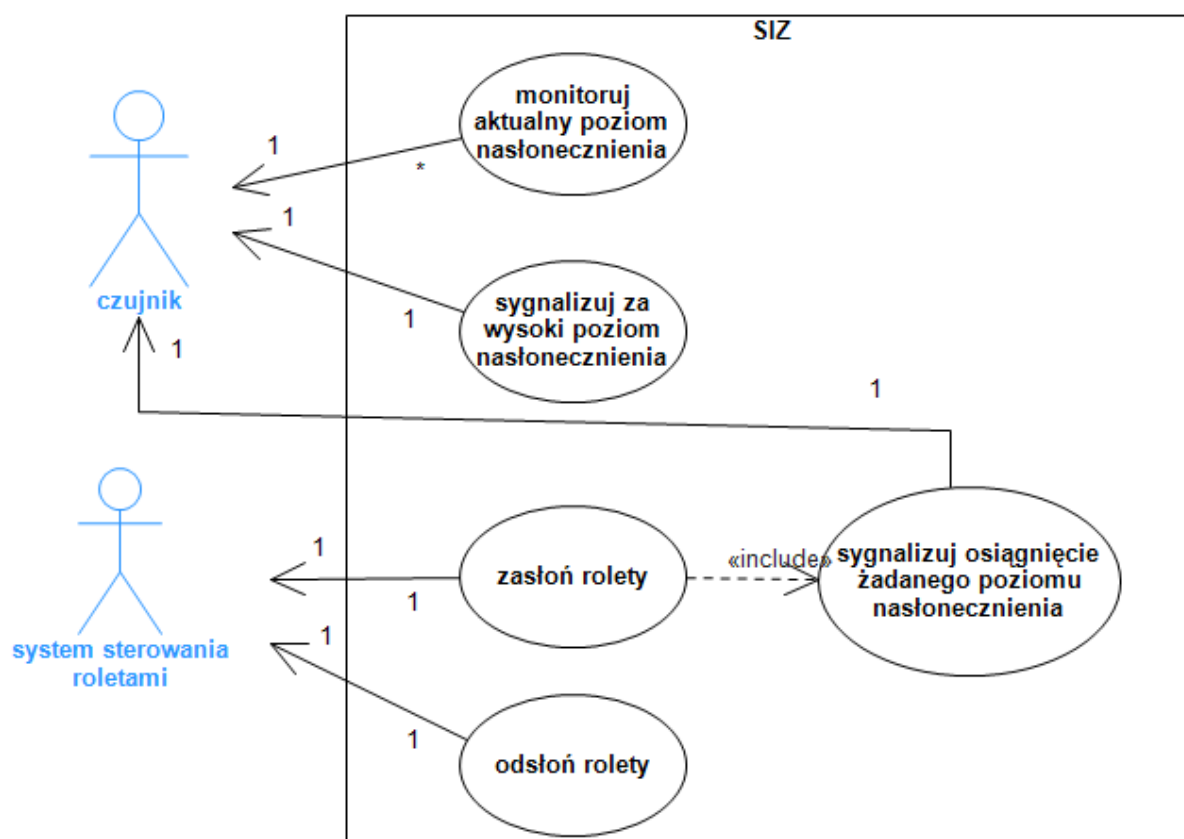


Rysunek numer 7. Diagram czynności – zwiększanie przepływu glikolu.  
Źródło: opracowanie własne.

### 2.1.3. Rolety okienne

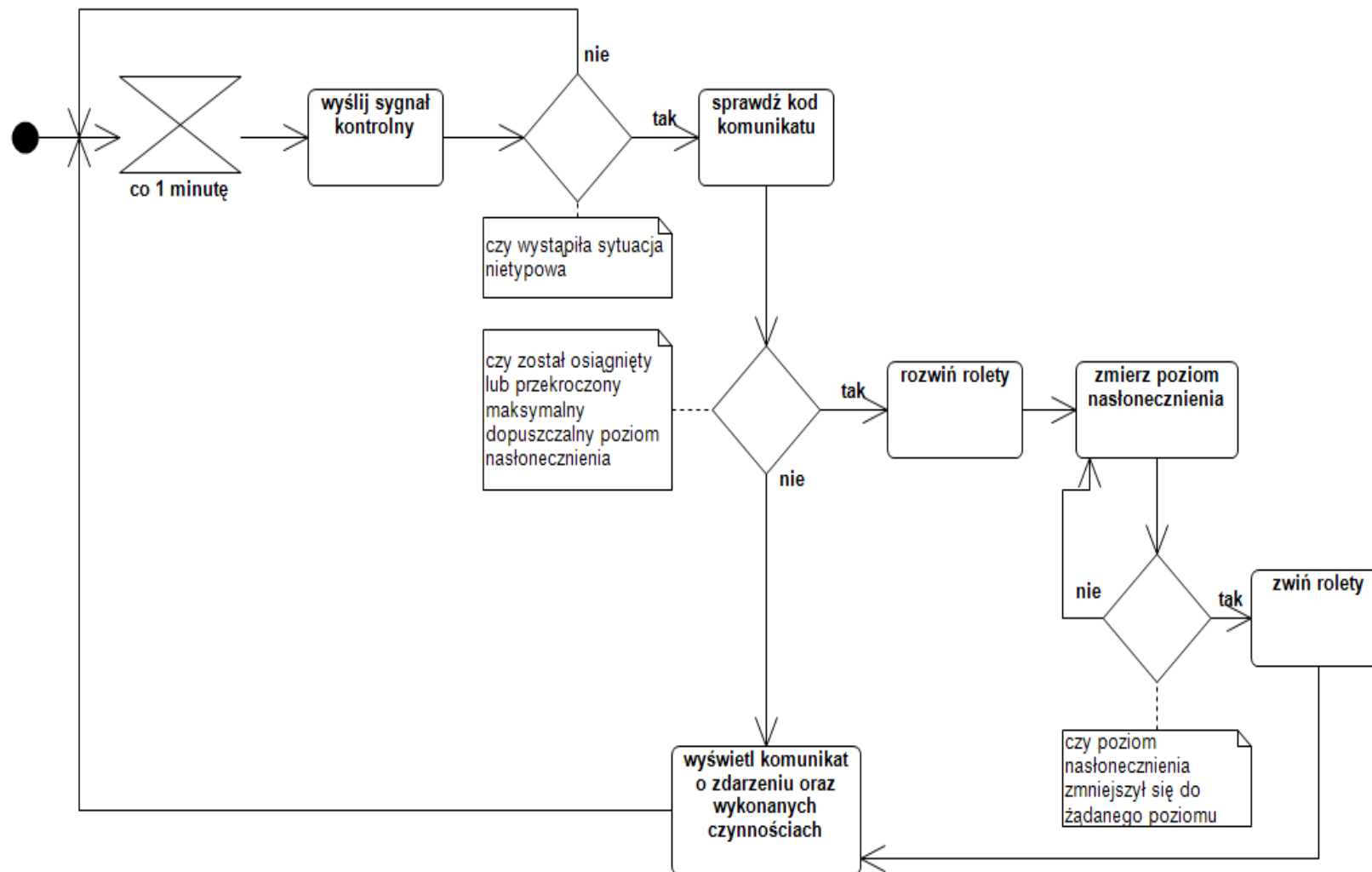
Współpraca SIZ z systemem sterowania roletami okiennymi polega na regulowaniu poziomu nasłonecznienia. Czujnik informując o zbyt wysokim poziomie nasłonecznienia w pomieszczeniu powoduje reakcję systemu w postaci przesłania komendy do automatyki zarządzającej roletami.

Diagramy numer 8 i 9 ilustrują powyższą funkcjonalność.



Rysunek numer 8. Diagram przypadków użycia – sterowanie roletami.

Źródło: opracowanie własne



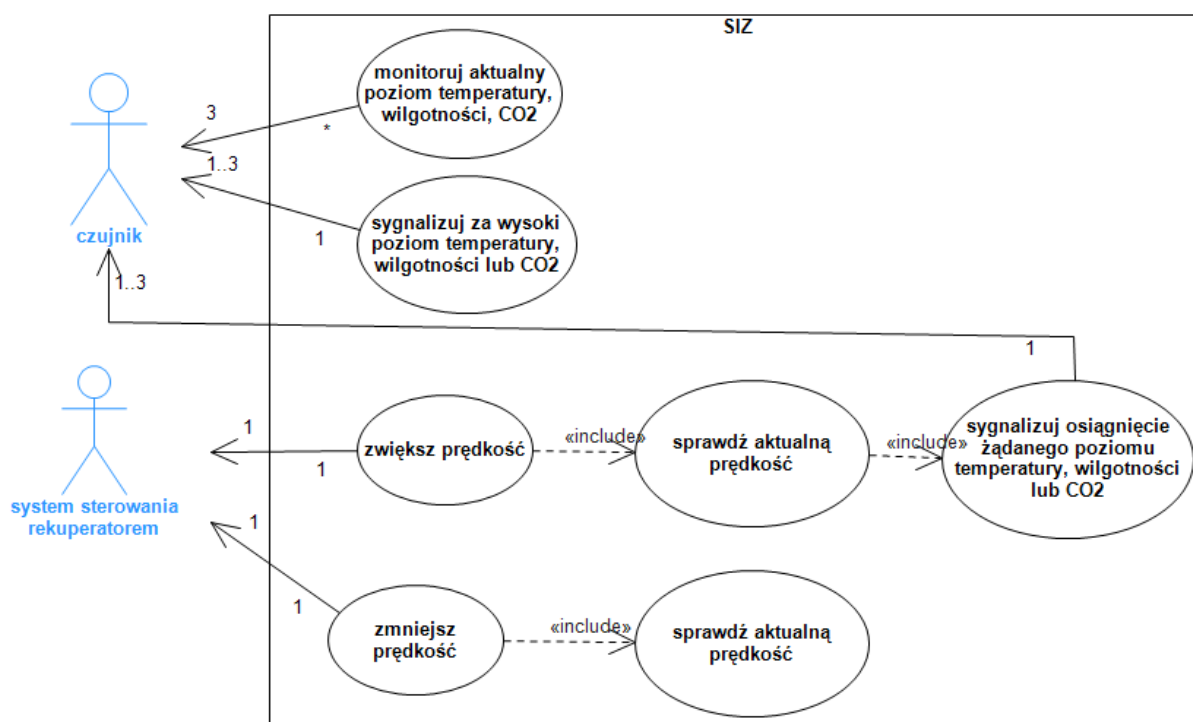
Rysunek numer 9. Diagram czynności – sterowanie roletami.  
Źródło: opracowanie własne.

#### 2.1.4. Rekuperator

Sterowanie instalacją wentylacyjną obejmuje regulację wydajności rekuperatora. W pomieszczeniach tzw. „mokrych”, czyli łazience oraz kuchni monitorowany jest poziom dwutlenku węgla, natomiast w salonie oraz sypialniach wysokość temperatury. Po przekroczeniu dozwolonego poziomu któregoś z tych parametrów zwiększana jest wydajność rekuperatora w celu przewietrzenia pomieszczenia. Po zakończeniu procesu, prędkość rekuperatora jest przywracana do ustalonej wartości.

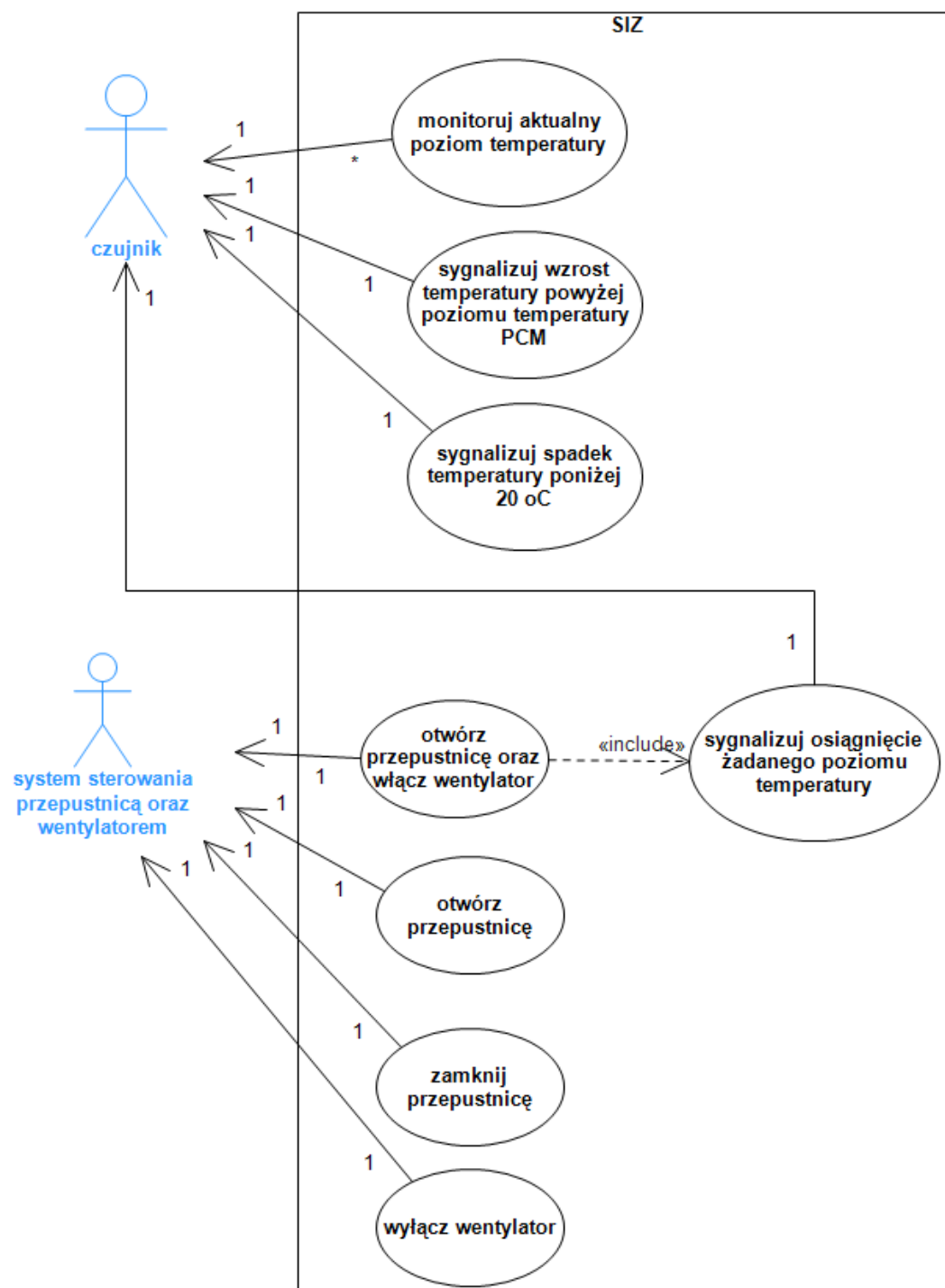
Druga sytuacja monitorowana przez system dotyczy sterowania przepustnicą oraz wentylatorem tłoczącym powietrze do zbiornika z PCM w zależności od temperatury w pomieszczeniach i na zewnątrz.

Procesy zostały zilustrowane na rysunkach poniżej.

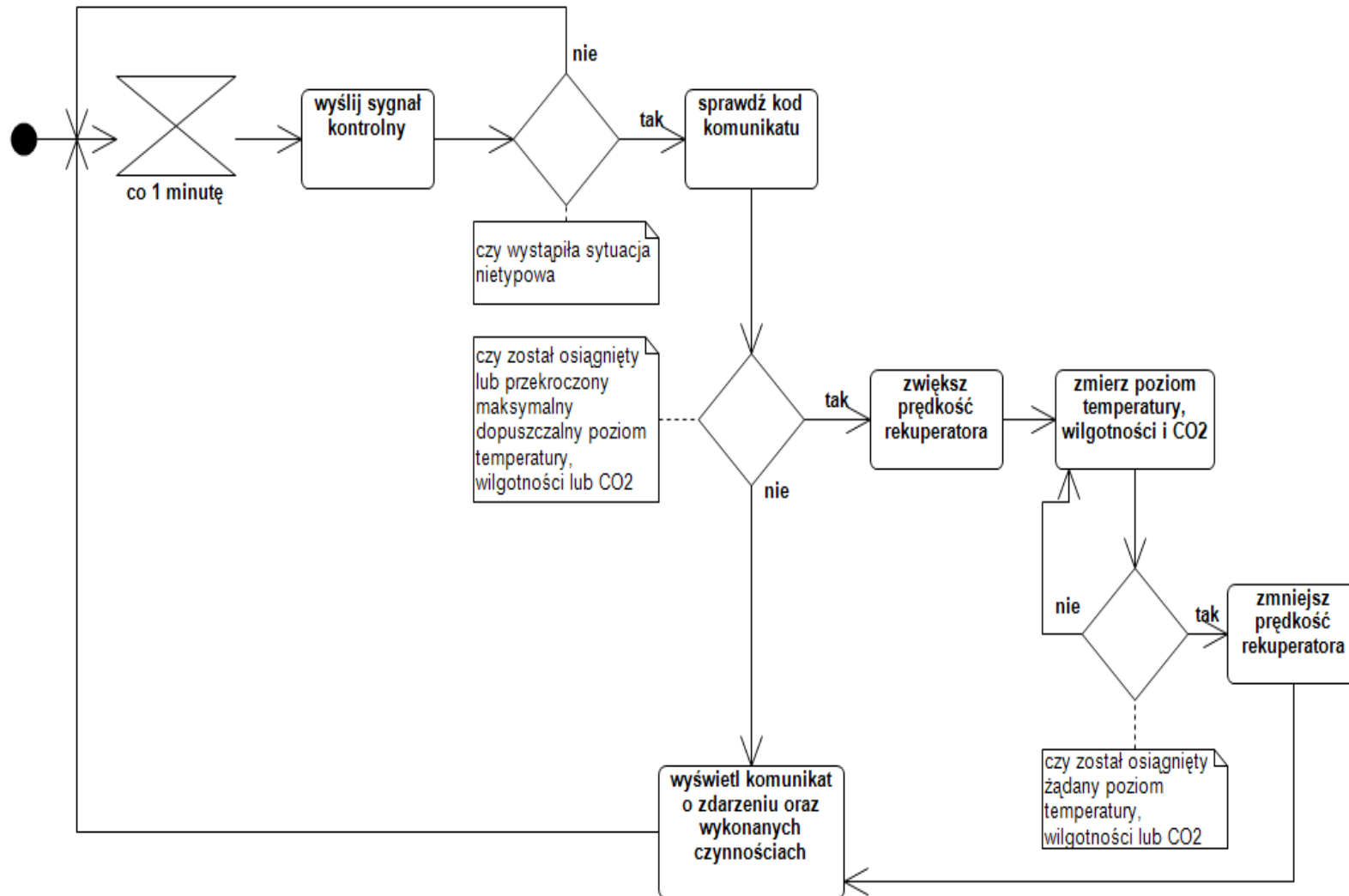


Rysunek numer 10. Diagram przypadków użycia – sterowanie wydajnością rekuperatora.

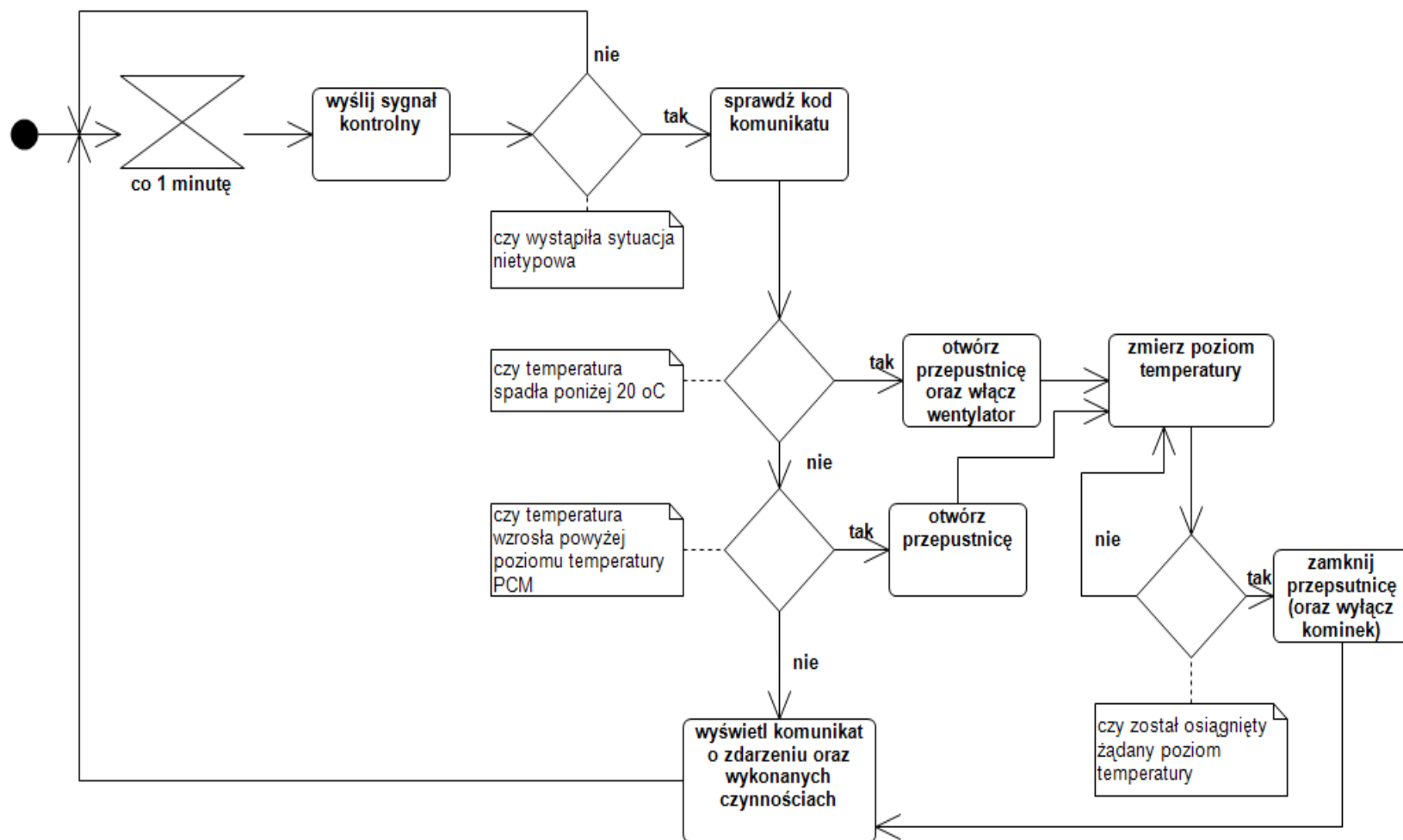
Źródło: opracowanie własne



Rysunek numer 11. Diagram przypadków użycia – sterowanie przepustnicą oraz wentylatorem tłoczącym powietrze do zbiornika z PCM.  
Źródło: opracowanie własne



Rysunek numer 12. Diagram czynności – sterowanie wydajnością rekuperatora.  
Źródło: opracowanie własne.



Rysunek numer 13. Diagram czynności – sterowanie przepustnicą oraz wentylatorem tłoczącym powietrze do zbiornika z PCM.  
Źródło: opracowanie własne.

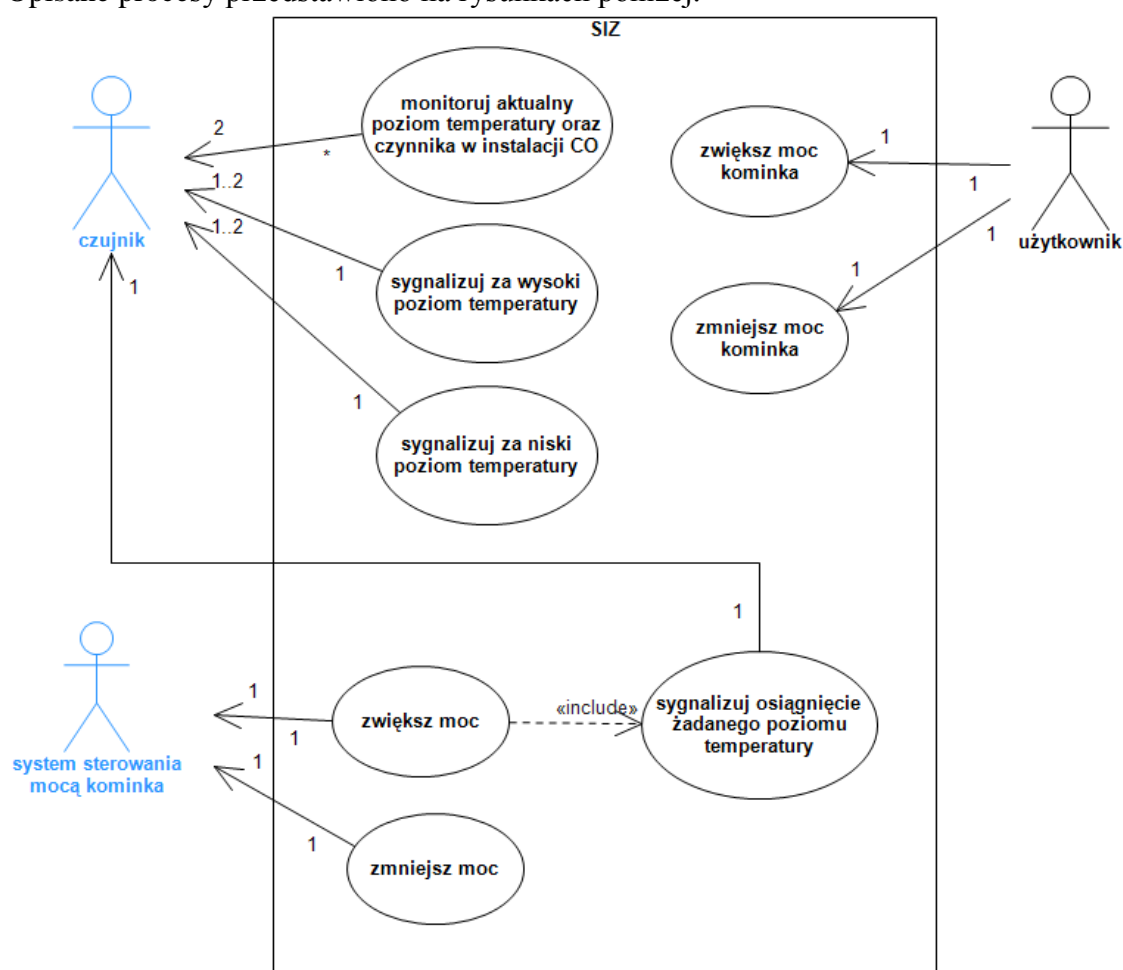
### 2.1.5. Instalacja CO

W skład instalacji centralnego ogrzewania wchodzi kominek opalany peletem. W ogrzewanych pomieszczeniach planowane jest zainstalowanie czujników mierzących poziom temperatury powietrza. Jeżeli wystąpi sygnał informujący o za wysokim bądź za niskim poziomie temperatury, SIZ wysyła komendę zwiększenia mocy kominka do jego układu sterowania. Sygnał ten może mieć dwojakie źródło:

- możliwe jest zdefiniowanie w systemie żadanego poziomu temperatury utrzymywanej w pomieszczeniu,
- użytkownik może w dowolnym momencie wydać polecenie regulacji poziomu temperatury do poziomu zdefiniowanego według własnej potrzeby.

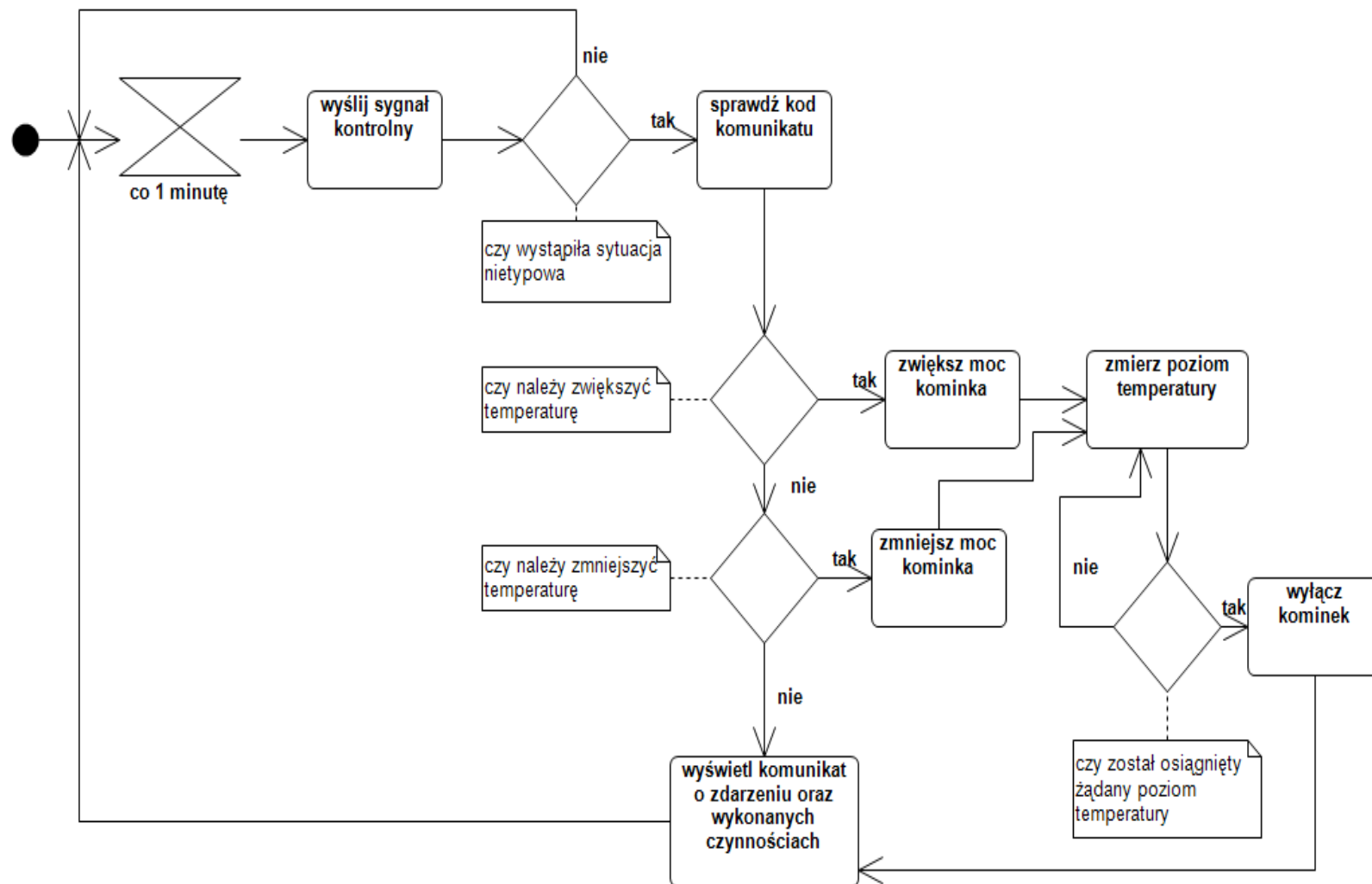
Druga funkcjonalność dotyczy zbiornika peletu zasilającego kominek. Zakładając zainstalowanie w nim czujnika monitorującego poziom zapełnienia, planowane jest aby system wysłał powiadomienie w postaci wiadomości SMS o konieczności jego napełnienia.

Opisane procesy przedstawiono na rysunkach poniżej.

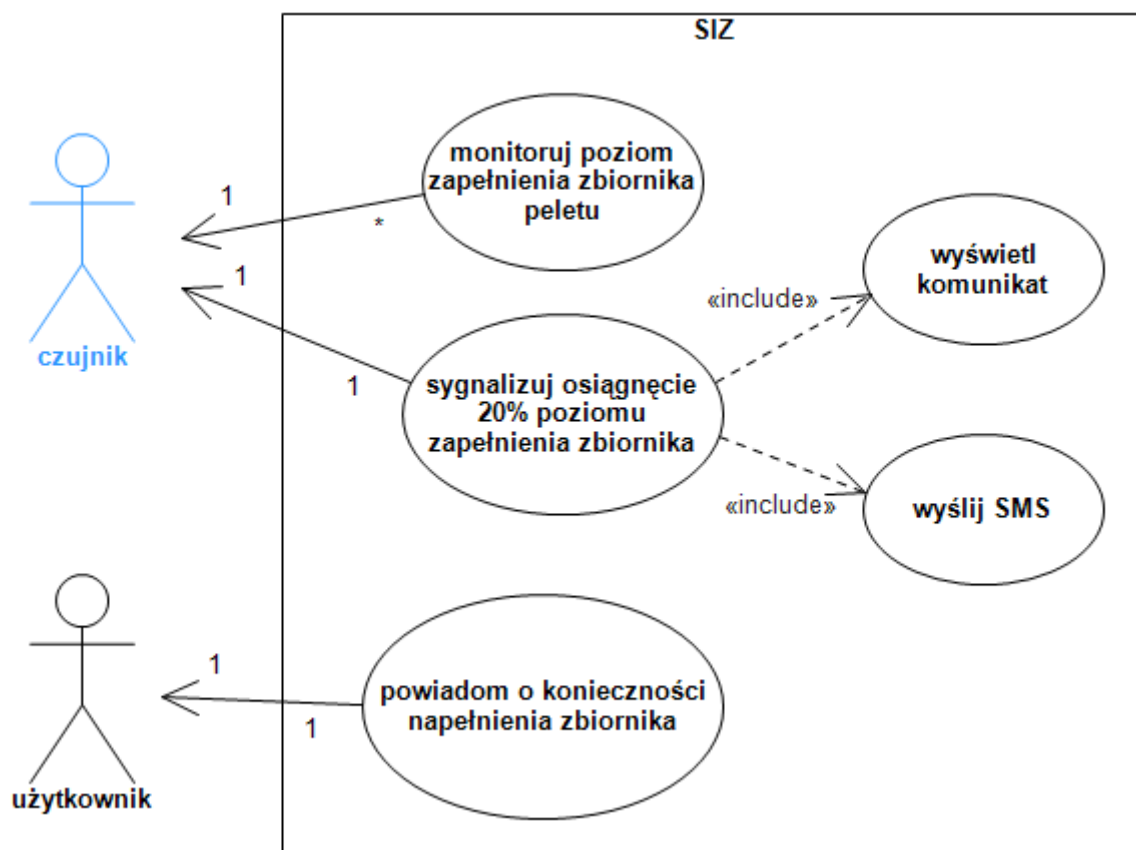


Rysunek numer 14. Diagram przypadków użycia – regulowanie temperatury pomieszczenia.

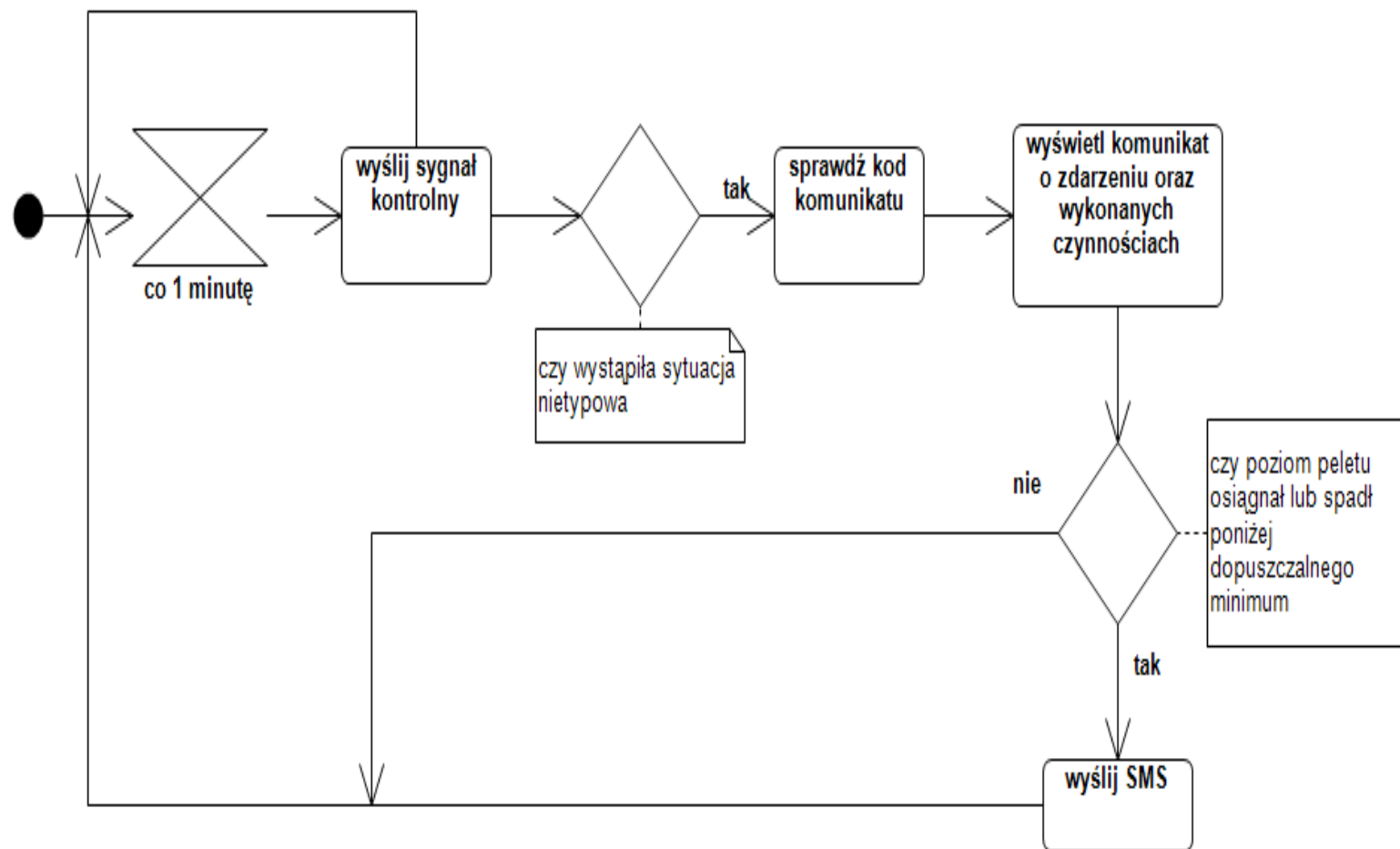
Źródło: opracowanie własne



Rysunek numer 15. Diagram czynności – regulowanie temperatury pomieszczenia.  
Źródło: opracowanie własne.



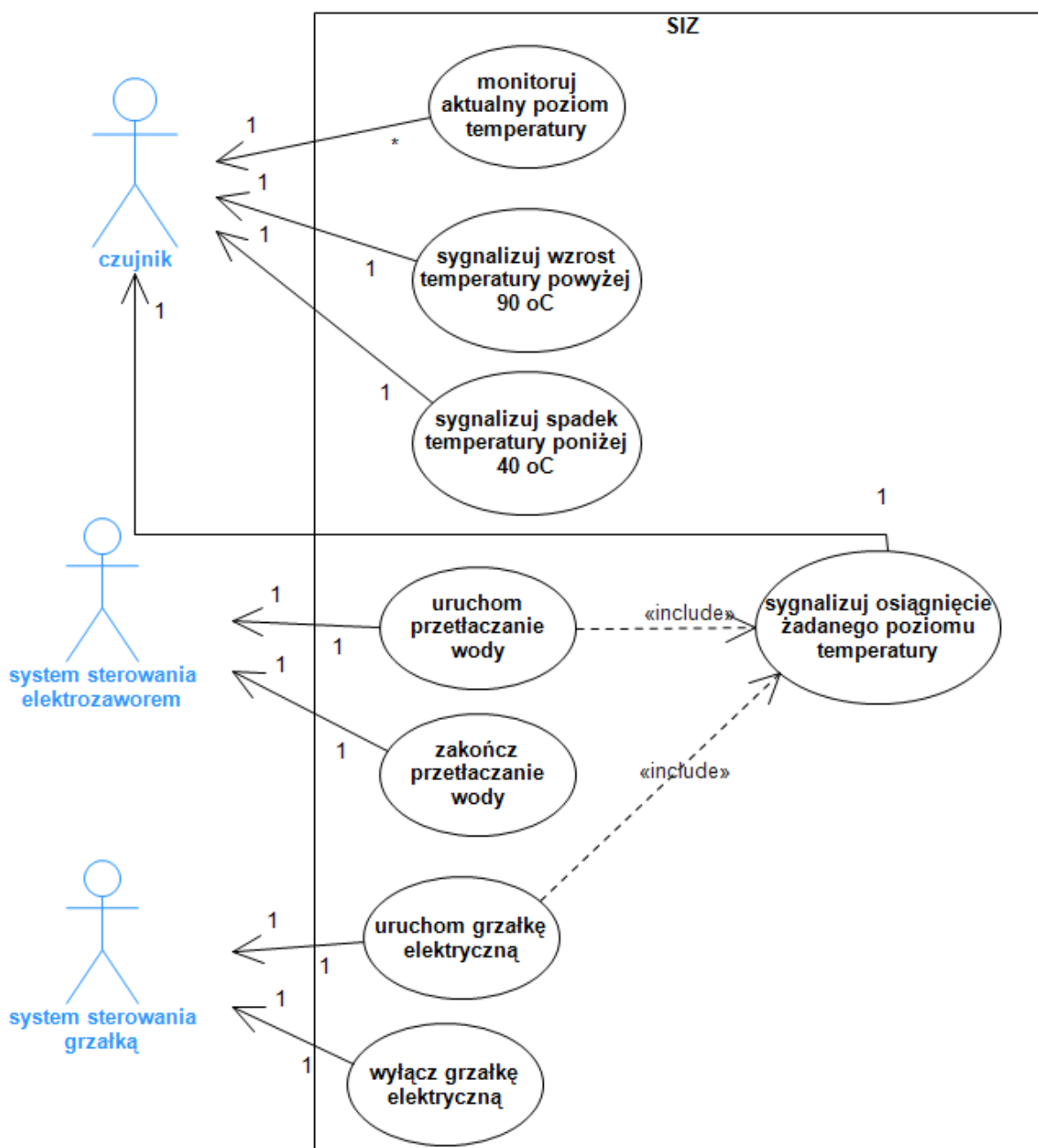
Rysunek numer 16. Diagram przypadków użycia – wysyłanie powiadomienia o zbyt niskim poziomie zapelnienia zbiornika z peletem.  
Źródło: opracowanie własne



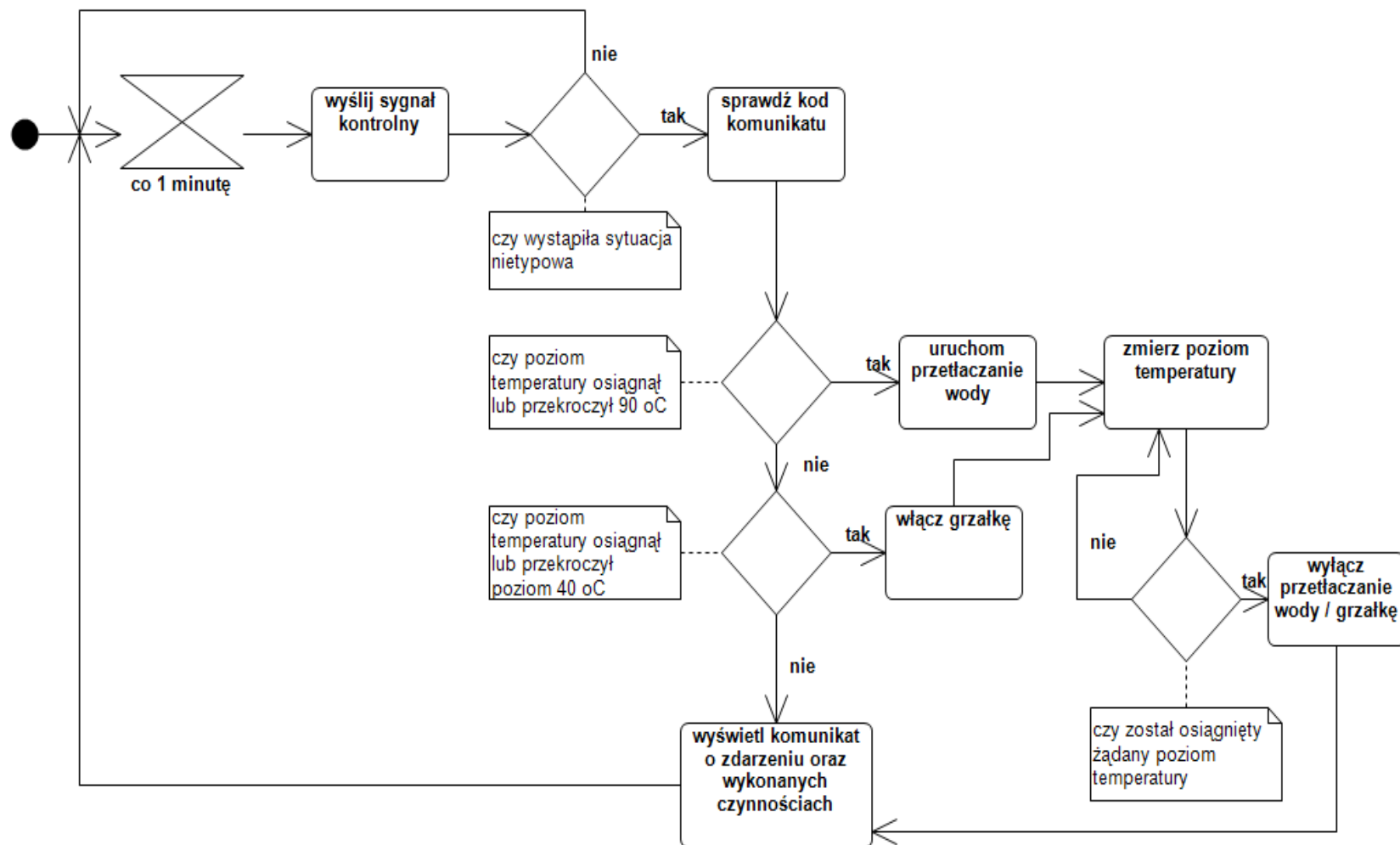
Rysunek numer 17. Diagram czynności – wysyłanie powiadomienia o zbyt niskim poziomie zapelnienia zbiornika z peletem.  
Źródło: opracowanie własne.

### 2.1.6. Instalacja CWU

W instalacji centralnej wody użytkowej mierzony jest poziom temperatury wody. Jeżeli osiągnie on zbyt niski poziom załączana jest grzałka elektryczna. W sytuacji odwrotnej gdy temperatura jest za wysoka, uruchamiane jest przetłaczanie wody mające na celu jej ochłodzenie. Po osiągnięciu żadanego poziomu temperatury grzałka jest wyłączana lub przetłaczanie wody wstrzymywane. Przebieg procesów zilustrowano poniżej.



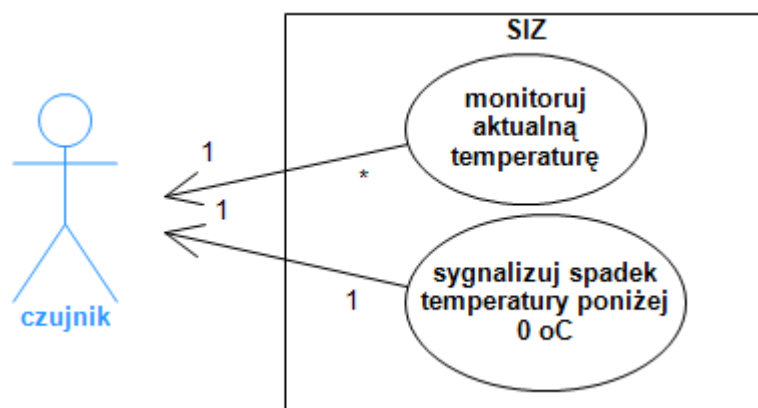
Rysunek numer 18. Diagram przypadków użycia – sterowanie instalacją CWU  
Źródło: opracowanie własne



Rysunek numer 19. Diagram czynności – sterowanie instalacją CWU .  
Źródło: opracowanie własne.

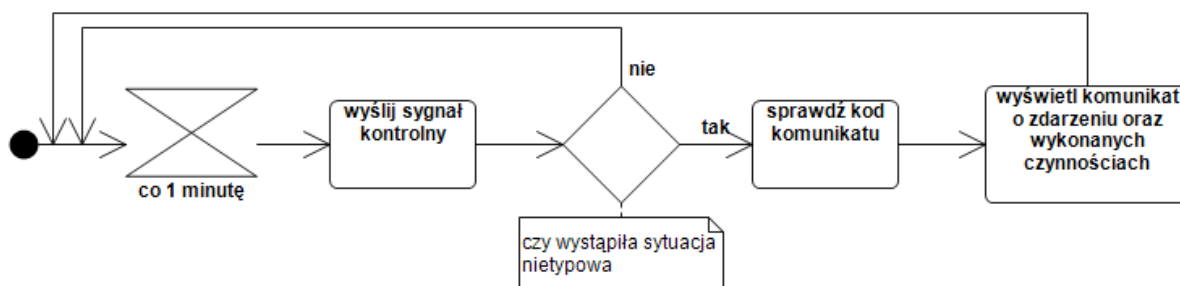
### 2.1.7. Instalacja podgrzewania powierzchni chodnika i podjazdu

Wsparcie ze strony SIZ w przypadku tej instalacji ograniczone jest do wyświetlenia użytkownikowi powiadomienia o możliwym oblodzeniu chodnika przed budynkiem lub podjazdu. Proces został zilustrowany na dwóch poniższych diagramach.



Rysunek numer 20. Diagram przypadków użycia – informowanie o możliwym oblodzeniu chodnika przed budynkiem lub podjazdu.

Źródło: opracowanie własne



Rysunek numer 21. Diagram czynności – informowanie o możliwym oblodzeniu chodnika przed budynkiem lub podjazdu.

Źródło: opracowanie własne

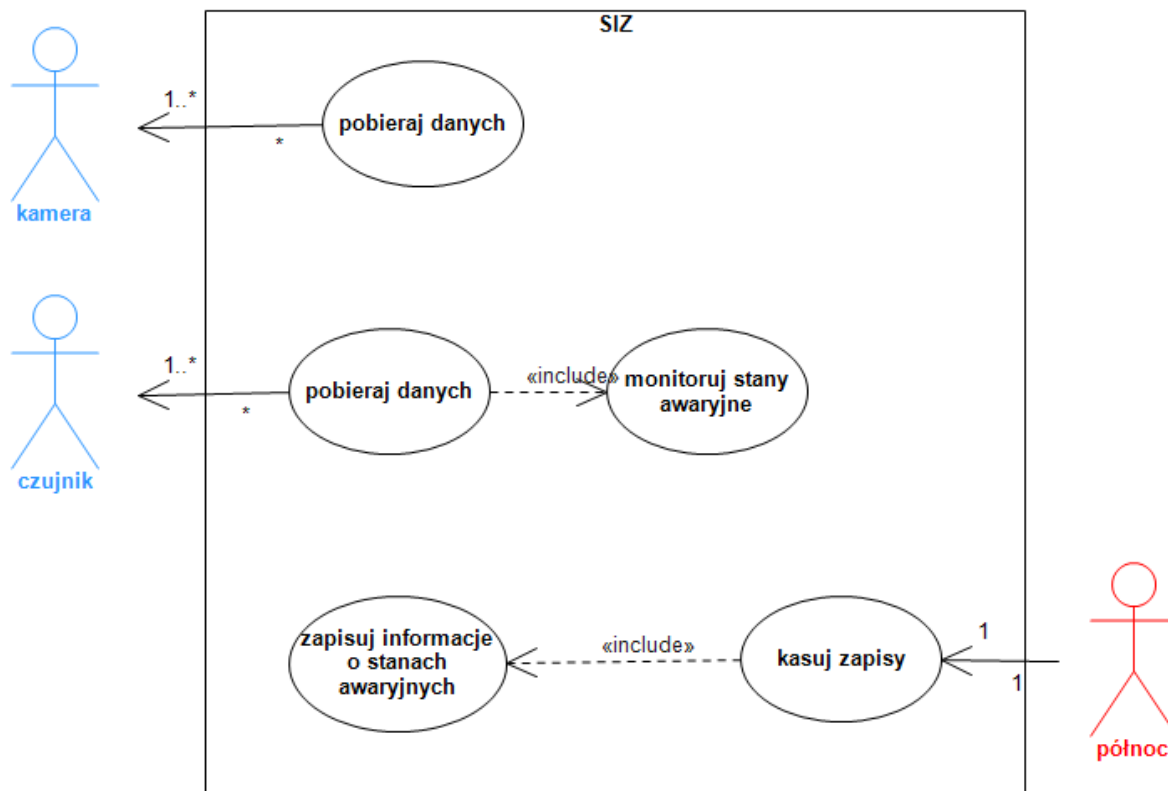
### 2.1.8. Turbina wiatrowa

Sterowanie pracą turbiny wiatrowej zainstalowanej w budynku stanowić będzie instalację autonomiczną i nie będzie podlegało systemowi informatycznemu. Przewidywane jest jednakże wsparcie systemowe w zakresie zarządzania wytworzoną energią. Możliwe będą dwa tryby wykorzystywania wyprodukowanej energii: zużywanie jej na własne potrzeby, bądź oddawanie do sieci. W przypadku powstawania nadwyżek energii będzie ona odprowadzana do sieci elektroenergetycznej, co może być wykonywane przez system informatyczny w sposób zautomatyzowany. Zaimplementowana będzie jednakże dodatkowo możliwość ręcznego zdefiniowania przez użytkownika sposobu wykorzystania tej energii.

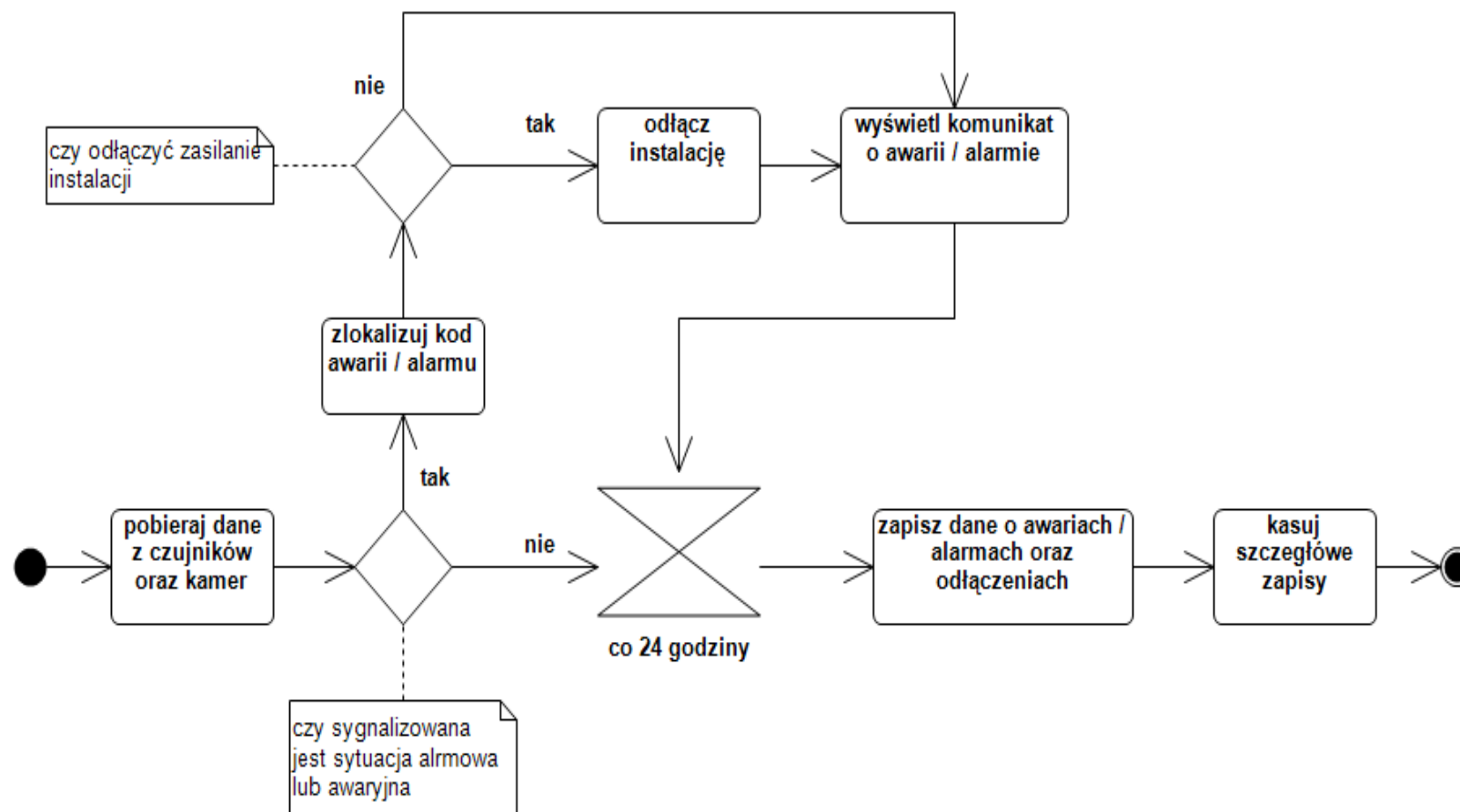
### 2.1.9. Czujniki monitorujące podstawowe parametry w budynku oraz kamery

Przewidywane jest zainstalowanie w budynku szeregu czujników, sprawdzających m.in. od temperaturę powietrza, wilgotność czy poziom tlenu węgla. Możliwe jest ponadto zainstalowanie kamer zwiększających bezpieczeństwo mieszkańców.

Dane pochodzące z tych urządzeń będą okresowo przesyłane do systemu, którego zadaniem będzie ich archiwizacja oraz wykrywanie ewentualnych stanów odbiegających od normy (w przypadku czujników). Aby zapobiec nadmiernemu gromadzeniu danych, będą one przechowywane jedynie przez dobę po czym zostaną skasowane przy zachowaniu jedynie informacji o stanach nietypowych. Możliwe jest również trwale zarchiwizowanie wybranych fragmentów nagrań z kamer na żądanie użytkownika. Opisana funkcjonalność została zaprezentowana na rysunkach poniżej (Rysunki numer 22 i 23) oraz za pomocą interfejsu graficznego na Rysunku numer 24.



Rysunek numer 22. Diagram przypadków użycia – zarządzanie danymi pochodzącymi z czujników monitorujących podstawowe parametry w budynku oraz kamery.  
Źródło: opracowanie własne



Rysunek numer 23. Diagram czynności – zarządzanie danymi pochodzącymi z czujników monitorujących podstawowe parametry w budynku oraz kamery.  
Źródło: opracowanie własne.



Rysunek numer 24. Interfejs graficzny – zarządzanie danymi pochodzącymi z kamer.  
Źródło: opracowanie własne.

## LITERATURA

1. Lugaric L., Krajcar S., Simic Z., "Smart City - Platform for Emergent Phenomena Power System Testbed Simulator", IEEE PES Conference on Innovative Smart Grid Technologies Europe, October 11-13, 2010, 2048017
2. Raport Komisji Europejskiej, „ICT for a Low Carbon Economy. Smart Buildings.”, Bruksela, lipiec 2009
3. Rekomendacje Komisji Wspólnot Europejskich „Commission Recommendation of 9.10.2009 on mobilising Information and Communications Technologies to facilitate the transition to an energy-efficient, low-carbon economy”, Bruksela, październik, 2009
4. Raport Komisji Europejskiej „Impacts of Information and Communication Technologies of Energy Efficiency”, Bruksela, wrzesień 2008
5. "Demand Response as a resource for the adequacy and operational reliability of the power systems. Explanatory Note". ETSO, 2007.
6. "Demand Side Response in the National Electricity Market. Case Studies." Energy Users Association of Australia.
7. "Benefits of Demand Response in Electricity Markets and Recommendations for Achieving Them." US Departament of Energy
8. Nieuwenhout F., "Flexible electricity grids", Report of Work Package 1, EOS-LT project FLEXIBEL.
9. "Enhancement of Demand Response. FINAL STATUS REPORT", Nordel Demand Response Group, 2006
10. Goldberg M., "Measure Twice, Cut Once", IEEE Power & energy magazine, May/june 2010
11. Brooks A., Lu E., Reicher D., Spirakis Ch., Weihs B., "Demand Dispatch", IEEE Power & energy magazine, May/june 2010
12. Opracowanie modelu stosowania mechanizmów DSR na rynku energii w Polsce, wykonane na zlecenie PSE Operator S.A., Konstancin-Jeziorna 2009
13. Lui T.J., Stirling W., Marcy H.O., "Get smart", IEEE Power & energy magazine, May/june 2010
14. "SMART 2020: Enabling the low carbon economy in the information age.", The Climate Group, 2008
15. Wrycza St., Marcinkowski B., Wyrzykowski K., „Język UML 2.0 w modelowaniu systemów informatycznych”, wydawnictwo Helion, 2005
16. Jabłońska M.R., "Rola informatyki w budownictwie energooszczędnym", publikacja powstała w ramach projektu "Bioenergia dla Regionu - Zintegrowany Program Rozwoju Doktorantów", www.bioenergiadlaregionu.eu, Łódź 2011
17. Jabłońska M.R., Zieliński J.S. "Electric vehicles' influence on smart grids", "Aktualne problemy w elektroenergetyce 2011", tom II, Jurata 08-10.06.2011
18. Jabłońska M.R., "Aktualne trendy w badaniach nad reakcją strony popytowej oraz możliwości ich implementacji w warunkach krajowych", Rynek Energii 3(94)/2011, wydawnictwo KAPRINT, Lublin 2011
19. Jabłońska M.R., Adrian Ł., Janicki M., Klimek A., Pawlak J., Tkacz E., Znajdek K., "Dom 2020 - projekt niezależnego energetycznie, inteligentnego domu energooszczędnego", współautorzy: „Dolnośląski Dom Energooszczędny", Wrocław 2011
20. Turker H., Bacha S., Chatroux D.: Impact of Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEVs) on the French Electric Grid. SG 2048068

21. Aggeler D., Canales F., Zelaya H., Coccia A., Butcher N., Apeldoorn O.: Ultra-Fast DC-Charge Infrastructures for EV-Mobility and Future Smart Grids SG 2006809
22. ICT for Breakthrough Industry Transformation. ICT for a Low Carbon Economy Smart Electricity Distribution Networks. European Commission Information Society and Media, July 2009, 36-39.

---

<sup>i</sup> Opracowanie interfejsów: Marta R. Jabłońska, Jakub Kusztełak