

*dr inż. Janusz Baranowski  
Uniwersytet Zielonogórski, Centrum Komputerowe  
Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Metrologii Elektrycznej „METROL”  
mgr inż. Przemysław Baranowski  
Uniwersytet Zielonogórski, Centrum Komputerowe  
mgr inż. Krzysztof Jarosiński  
Uniwersytet Zielonogórski, Centrum Komputerowe  
mgr inż. Szymon Wagner  
Uniwersytet Zielonogórski, Centrum Komputerowe  
mgr inż. Marcin Wróblewski  
Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Metrologii Elektrycznej „METROL”*

## **INTERNETOWY SYSTEM POMIARU I WIZUALIZACJI**

*W artykule przedstawiono opis systemu monitorowania temperatury i wilgotności w węzłach sieci komputerowej. Opisany został system uruchomiony w Zielonogórskiej Miejskiej Sieci Komputerowej ZielMAN, który wykorzystuje mierniki SPR1E i charakteryzuje się tym, że dane pomiarowe dostępne są w Internecie poprzez standardową przeglądarkę stron WWW.*

### **1. WSTĘP**

Przełom XX i XXI wieku jest okresem gwałtownego rozwoju technologii telekomunikacyjnych. W życiu człowieka coraz większą rolę odgrywa informacja o otaczającym go świecie, ale również zapewnienie odpowiednich warunków funkcjonowania. Prezentowany system spełnia ważną rolę w kontroli parametrów środowiska takich jak temperatura i wilgotność, które są istotne z punktu widzenia warunków pracy ludzi w obiektach przemysłowych, mieszkalnych i biurowych, ale również pracy urządzeń, a w szczególności złożonych systemów informatycznych. Przykładem takim mogą być węzły sieci komputerowych z dużą liczbą złożonych urządzeń telekomunikacyjnych, które muszą mieć zapewnione optymalne warunki pracy, a w szczególności odpowiednią temperaturę i wilgotność, aby mogły działać niezawodnie. Funkcjonująca w Zielonej Górze Zielonogórska Miejska Sieć Komputerowa ZielMAN, która zapewnia dostęp do Internetu, między innymi, dla środowiska naukowego i badawczego Zielonej Góry tzn. dla Uniwersytetu Zielonogórskiego i Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Metrologii Elektrycznej METROL posiada kilka węzłów dostępowych sieci na terenie Uniwersytetu i OBRME, które wymagają stałej kontroli temperatury i wilgotności. Aktualnie monitorowanych jest osiem węzłów sieci ZielMAN na terenie Zielonej Góry, które znajdują się w głównych Kampusach Uniwersytetu. Technologie internetowe funkcjonujące w otaczającej nas rzeczywistości są wykorzystywane do coraz to nowych zastosowań. Jednym z takich zastosowań jest przenoszenie informacji pomiarowej. W ramach jednej sieci, jednego medium komunikacyjnego, mogą funkcjonować różnego typu usługi, np. takie jak przesyłanie danych pomiarowych w sieci Internet. W przedstawionym artykule skoncentrowano się tylko na przesyłaniu danych dotyczących temperatury i wilgotności, ale nic nie stoi na przeszkodzie, aby można było zbierać i przetwarzać inne wielkości takie jak np. parametry sieci elektrycznej, parametry przepływu mediów takich jak woda, gaz itp.

### **2. STEROWNIK SPR1E JAKO URZĄDZENIE REALIZUJĄCE POMIAR TEMPERATURY I WILGOTNOŚCI ORAZ PREZENTACJĘ WYNIKÓW POMIARÓW**

W Ośrodku Badawczo – Rozwojowym Metrologii Elektrycznej METROL w Zielonej Górze produkowana jest aparatura kontrolno-pomiarowa, a między innymi, urządzenia pomiarowo-

sterujące takie jak SPR1 i SPR1E, które mogą jednocześnie pełnić funkcję miernika i sterownika do pomiaru i regulacji temperatury i wilgotności. Sterowniki SPR1 były przez ostatnie dwa lata wykorzystywane do budowy systemu monitorowania węzłów sieci komputerowej Uniwersytetu, ale w ostatnim okresie zostały zastąpione przez sterowniki SPR1E z modułem bramy internetowej.

## **2.1. Sterownik SPR1**

Sterownik pomiarowo-regulacyjny SPR1 produkowany przez Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Metrologii Elektrycznej METROL jest przeznaczony do pomiaru temperatury i wilgotności, za pomocą sondy STW3, która wchodzi w skład dostarczonego przez producenta kompletu. Dodatkową funkcją systemu jest regulacja temperatury za pomocą chłodnicy. Sterownik jest wyposażony w interfejs komunikacyjny RS232C, za pośrednictwem którego dane pomiarowe mogą być przesyłane do innych urządzeń.

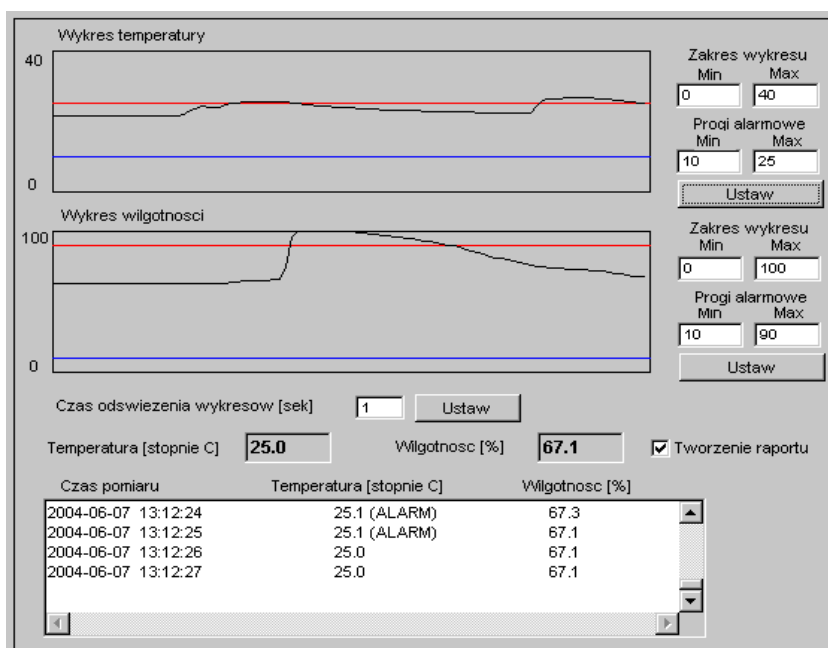
Wchodząca w skład zestawu sonda STW3 zawiera w sobie termorezystancyjny czujnik temperatury i pojemnościowy czujnik wilgotności. Umożliwia on przeprowadzenie pomiarów w zakresie temperatur od  $-30^{\circ}\text{C}$  do  $70^{\circ}\text{C}$  oraz od 0 do 90% stężenia pary wodnej w powietrzu bez kondensacji.

Sterownik SPR1 może pracować autonomicznie.

## **2.2. Sterownik SPR1E**

W wyniku prac badawczo-rozwojowych prowadzonych w Ośrodku, w 2003 roku opracowany i wdrożony został do produkcji nowy sterownik pomiarowo-regulacyjny SPR1, który oznaczony został jako sterownik SPR1E. Sterownik pomiarowo-regulacyjny SPR1E posiada wszystkie funkcje jakie posiadał jego poprzednik – sterownik SPR1. Ponadto został rozbudowany o interfejs do sieci Ethernet/Internet. Urządzenie zostało wyposażone w moduł bramy internetowej TIN1 firmy Dallas Semiconductors. Brama posiada interfejs do sieci Ethernet/Internet oraz interfejs RS232 co pozwala na stworzenie mostu pomiędzy sterownikiem i siecią Internet. Brama internetowa TIN1 jest programowalna. Przy użyciu języka Java, pozwala na wygodne i efektywne zaprogramowanie bramy do zadanego celu, oraz na bezproblemową komunikację z właściwie każdą platformą sprzętowo-programową poprzez applet czyli aplikację języka Javy uruchamianą z poziomu przeglądarki internetowej.

W celu oprogramowania bramy internetowej konieczne było stworzenie kilku typów aplikacji. Pierwsza, to autonomiczna aplikacja działająca w module TIN1, która komunikuje się z SPR1 poprzez port szeregowy, pobiera wyniki pomiarów i generuje prostą stronę WWW z wynikami. Wymagania dotyczące stacji monitorującej, komputera klienta, sprowadzają się jedynie do posiadania zainstalowanej w systemie przeglądarki stron WWW. W chwili obecnej wszystkie systemy operacyjne posiadają to oprogramowanie w standardowej konfiguracji. Nie jest więc konieczne instalowanie dodatkowego oprogramowania, co należy do zalet prezentowanego systemu. Wadą rozwiązania jest to, że pozwala na obserwowanie jedynie aktualnych odczytów, nie daje możliwości generowania wykresów czy raportów z poprzednimi odczytami. Ze względu na ograniczone możliwości funkcjonalne takiego rozwiązania utworzona została wersja oprogramowania, która do wizualizacji od strony komputera wykorzystuje applet Javy czyli aplikację uruchamianą z poziomu przeglądarki internetowej. Do działania wymagana jest obecność interpretera Java w systemie. Oprogramowanie w tej wersji składa się z aplikacji działającej w module TIN1, oraz z apletu, który również znajduje się w pamięci TIN1 i gdy użytkownik podaje w przeglądarce internetowej adres urządzenia to aplikacja działająca w module TIN1 wysyła poprzez sieć kod apletu, który uruchamia się z poziomu przeglądarki WWW komputera. Po uruchomieniu applet łączy się poprzez sieć z aplikacją działającą w module TIN1. Ta wersja oprogramowania ma zdecydowanie większe możliwości, gdyż pozwala oprócz monitorowania obecnych odczytów na ustawianie progów alarmowych oraz generowanie historii odczytów tak w postaci tekstowej jak i graficznej (wykresy). Wygląd interfejsu programu został przedstawiony na rysunku nr 1.



Rysunek 1. Interfejs graficzny programu monitorowania systemu pomiarowego SPR1

Uruchomienie aplikacji sprowadza się do wpisania adresu IP urządzenia w przeglądarce stron WWW. Jeśli w systemie jest zainstalowany interpreter języka Java to aplikacja uruchomi się w okienku przeglądarki. W przypadku braku w systemie interpretera Java należy pobrać i zainstalować odpowiednią dla danego systemu wersję interpretera (w niektórych przypadkach proces ten jest zautomatyzowany i wykonywany przez przeglądarkę internetową).

Po uruchomieniu aplikacji, zaczyna się ona komunikować poprzez sieć komputerową z aplikacją działającą w module TINI i rozpoczyna się proces zbierania danych. Odczyt temperatury i wilgotności odbywa się z częstotliwością 1 próbki na sekundę, zarówno dla temperatury jak i wilgotności. Również raport tworzony jest z taką częstotliwością.

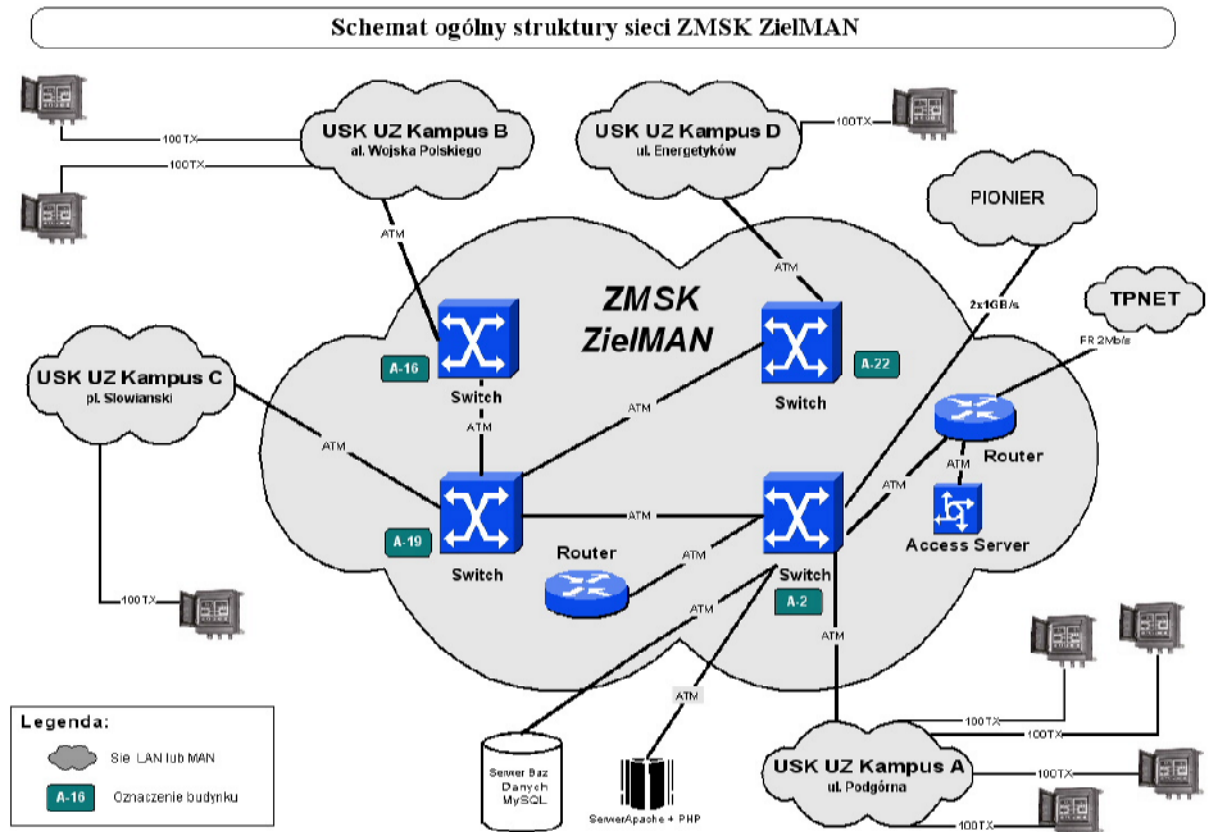
Użytkownik może wpływać na poziomy progów alarmowych, oraz na zakres wykresów w dziedzinie wartości, oddzielnie dla wykresu temperatury i wilgotności. Po wprowadzeniu wartości w polach tak zakresu czy progów zatwierdzone są one klawiszem "ustaw".

### 3. INTERNETOWY SYSTEM POMIARU I WIZUALIZACJI

#### 3.1. Założenia systemu

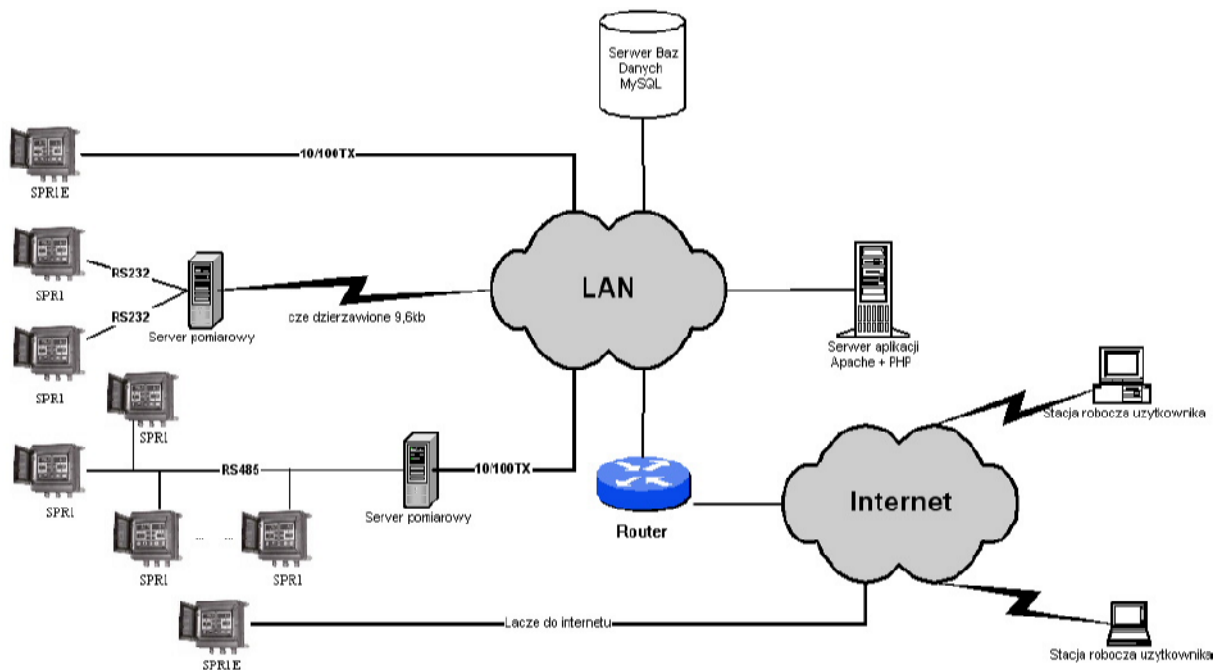
W związku z wprowadzeniem przez Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Metrologii Elektrycznej „METROL” do produkcji unowocześnionej – rozbudowanej o bramę internetową wersji sterownika pod nazwą SPR1E powstał projekt [1] modernizacji systemu monitoringu temperatury i wilgotności funkcjonującego w węzłach Zielonogórskiej Miejskiej Sieci Komputerowej „ZielMAN” i Uczelnianej Sieci Komputerowej Uniwersytetu Zielonogórskiego. Rozmieszczenie sterowników SPR1E w węzłach ZMSK ZielMAN przedstawiono na rysunku nr 2.

Wdrożony System Monitorowania Mikroklimatu SMM pobiera, wizualizuje i archiwizuje pomiary udostępnione przez znajdujące się w różnych lokalizacjach sterowniki SPR1E lub sterowniki SPR1 z serwerami pomiarowymi. System współpracuje również z innymi urządzeniami (np. brama internetowa NB10) i systemami pomiarowymi udostępniającymi dane za pomocą protokołu HTTP.



Rysunek 2. Schemat ogólny struktury sieci ZMSK ZielMAN z lokalizacją sterowników SPR1E

Schemat ideowy systemu SMM przedstawiono na rysunku nr 3.



Rysunek 3. Schemat ideowy działania Systemu Monitorowania Mikroklimatu

System ten w stosunku do systemu opisanego w artykule [7] na VI Sympozjum daje możliwość wykorzystania do monitorowania węzłów tak sterowników SPR1 jaki i SPR1E.

Centralnym elementem SMM jest baza danych MySQL, która przechowuje dane dotyczące:

- bieżących i archiwalnych pomiarów,
- użytkowników i ich uprawnień,
- urządzeń pracujących w systemie,
- parametrów alarmowych pomiarów.

System Monitorowania Mikroklimatu jest podzielony na dwie części: część odpowiedzialną za pobieranie pomiarów z odpowiednich mierników, przetwarzanie ich i umieszczanie w bazie danych oraz wysyłanie alarmów w przypadku przekroczenia stanów alarmowych; część wizualizującą pomiary przechowywane w bazie danych oraz umożliwiającą zarządzanie urządzeniami i użytkownikami włączonymi do systemu. Obie aplikacje korzystają z tej samej bazy danych.

### **3.2. Aplikacja odczytu i przetwarzania pomiarów**

Ta część Systemu Monitorowania Mikroklimatu składa się z dwóch modułów. Moduł pierwszy to właściwa aplikacja, która pobiera dane pomiarowe z urządzeń, przetwarza je i zapisuje w bazie danych. Drugi moduł to aplikacja pomocnicza, która przepisuje archiwalne pomiary do innej tabeli i usuwa je. Obie części zostały napisane w języku Perl.

Część odpowiadająca za pobieranie i przetwarzanie pomiarów jest wykonywana cyklicznie. Aplikacja w pierwszej kolejności pobiera listę aktywnych urządzeń z bazy danych. Pobierane są przede wszystkim dane potrzebne do dalszej identyfikacji urządzenia w systemie i w sieci takie jak: numer urządzenia, adres IP, nazwa pliku. Następnie dla każdego urządzenia pobierane są wartości stanów alarmowych dla poszczególnych pomiarów. Kolejnym krokiem jest pobranie informacji o ostatnim pomiarze jaki znajduje się w bazie danych dla danego urządzenia. W tym momencie aplikacja łączy się z urządzeniami przy pomocy protokołu HTTP i pobiera odpowiednie pliki z pomiarami. Kiedy plik jest już pobrany z urządzenia program zaczyna jego przetwarzanie. Przetwarzane są kolejno wszystkie wiersze zawierające pomiary. W pierwszej kolejności sprawdzany jest format wiersza. Jeżeli odpowiada on założeniom – każdy wiersz powinien zawierać trzy wartości oddzielane tabulatorami: data i czas, pomiar temperatur i pomiar wilgotności – program porównuje datę pomiaru z datą ostatniego pomiaru znajdującego się w bazie dla danego urządzenia. W przypadku gdy data pomiaru jest późniejsza pomiary zostają dodane do bazy danych. W przypadku gdy w bazie istnieją stany alarmowe przypisane do danego urządzenia i pomiaru wówczas po dodaniu do bazy pomiar zostaje dodatkowo porównany z wartościami stanów alarmowych. Jeżeli wartość któregoś ze stanów alarmowych została przekroczona program zapamiętuje ten fakt. Po pobraniu i przetworzeniu plików z wszystkich urządzeń program przystępuje do przygotowywania wiadomości o przekroczonych wartościach stanów alarmowych. Program pobiera z bazy danych informacje na temat użytkowników, do których są przyporządkowane urządzenia, z których pomiary przekroczyły wartości stanów alarmowych. Następnie dla każdego użytkownika formatowana jest wiadomość zawierająca wszystkie alarmy z wszystkich urządzeń. Po przygotowaniu wszystkich wiadomości program rozsyła je do adresatów. W tym momencie program kończy działanie.

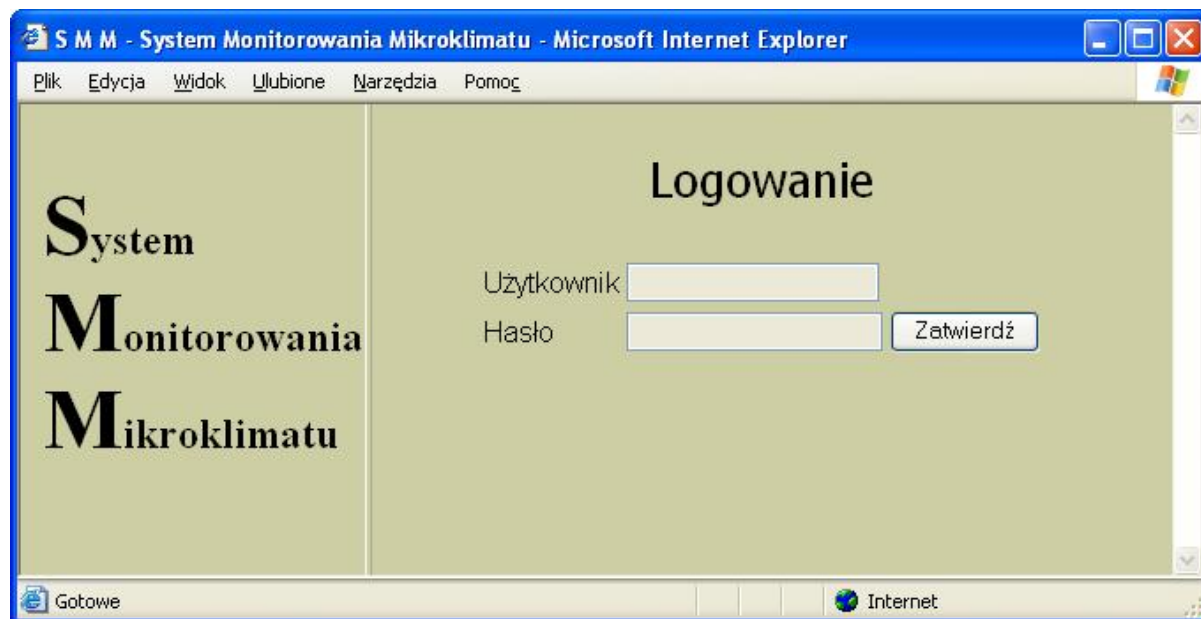
Drugi program – archiwizujący pomiary – również może być wykonywany cyklicznie. Założono, że archiwizacja pomiarów – przenoszenie pomiarów archiwalnych do innej tabeli i usuwanie ich – będzie wykonywana automatycznie, raz w ciągu doby we wczesnych godzinach rannych. Archiwizowanie danych ma na celu utrzymywanie w tabelach operacyjnych jak najmniejszej ilości pomiarów. Zapewni to, stosunkowo krótki czas operacji przeszukiwania bazy danych co ma duże znaczenie przy generowaniu wykresów czy sprawdzaniu ostatnich pomiarów podczas operacji przetwarzania pobranych pomiarów. Założono, że system wizualizacji będzie generował wykresy temperatury i wilgotności maksymalnie 60 ostatnich pomiarów co godzinę. W związku z tym program archiwizujący

sprawdza jaki jest ostatni pomiar spełniający powyższy warunek dla każdego urządzenia, następnie przenosi wszystkie pomiary z datą wcześniejszą do tabeli z pomiarami archiwalnymi i po przeniesieniu wszystkich usuwa je z tabeli produkcyjnej.

### 3.3. Struktura aplikacji zarządzania i wizualizacji

Do wykonania tej części systemu jako platformy programowej użyto języków HTML i PHP. Aplikacja zarządzania i wizualizacji została umieszczona na serwerze HTTP (Apache) i jest dostępna jako serwis WWW.

Po wpisaniu odpowiedniego adresu w przeglądarce internetowej pojawia się okno logowania do aplikacji, które przedstawiono na rysunku nr 4.



Rysunek 4. Okno „Logowanie” – System Monitorowania Mikroklimatu

W celu otrzymania nazwy użytkownika i hasła należy zgłosić się do administratora aplikacji. Po wpisaniu nazwy użytkownika i hasła system autoryzuje użytkownika, i w zależności od przyznanego mu uprawnień, wyświetla odpowiednie menu. Od tej pory w lewej części ekranu przez cały czas będzie wyświetlana nazwa zarejestrowanego użytkownika i dostępne dla niego menu.

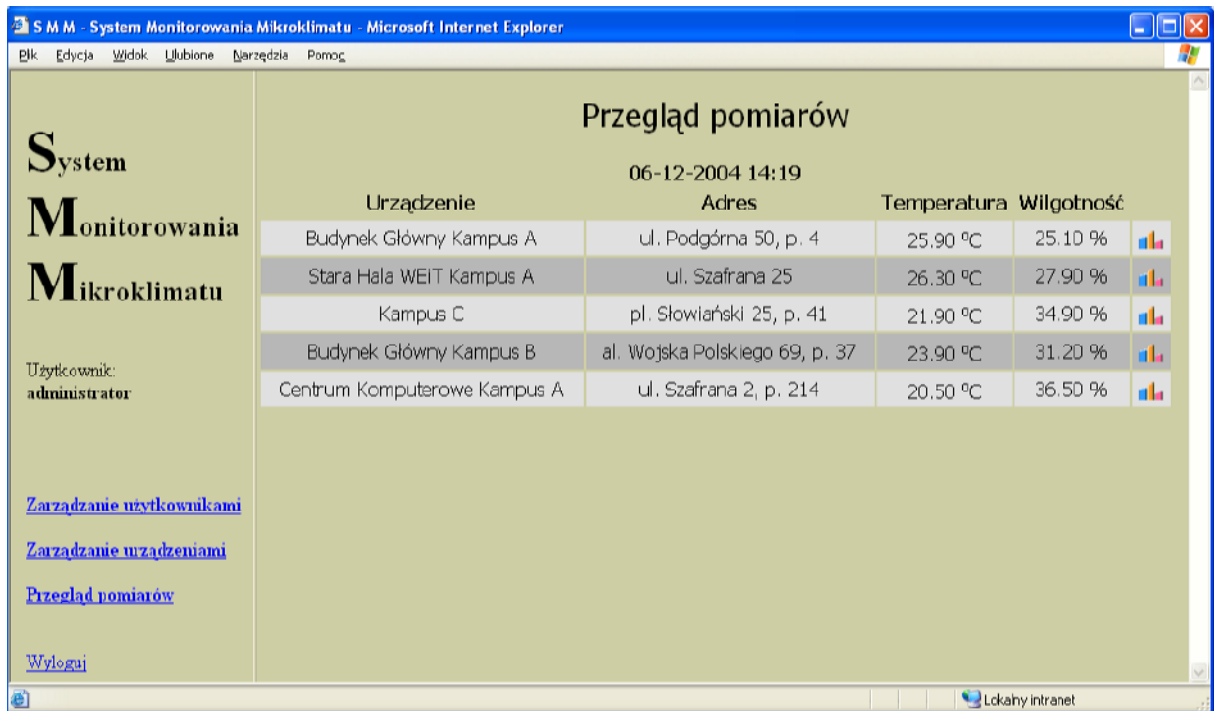
Użytkownik bez praw administracyjnych ma możliwość przeglądania wykresów temperatury i wilgotności dla urządzeń, które zostały mu przydzielone przez administratora. Opcja „przegląd pomiarów” wyświetla listę urządzeń wraz z adresami i ostatnimi pomiarami temperatury i wilgotności. Przykład ekranu z wynikami pomiarów przedstawiono na rysunku nr 5.

Aby zobaczyć szczegółowe wykresy temperatury i wilgotności należy kliknąć lewym przyciskiem myszki w ikonę wykresu po prawej stronie ekranu. Po wybraniu określonego miernika na ekranie pojawią się trzy wykresy temperatury danego urządzenia obrazujące:

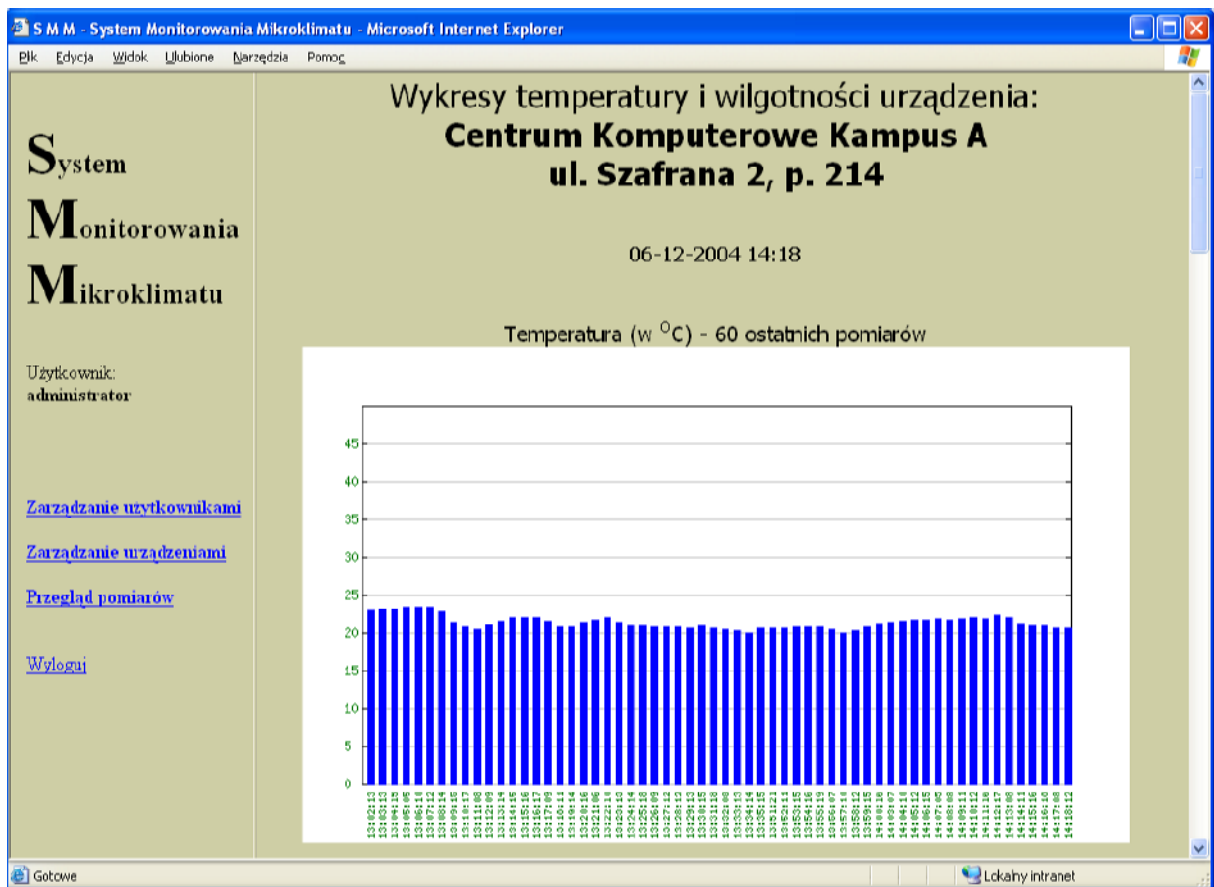
- ostatnich 60 pomiarów,
- ostatnich 60 pomiarów zrealizowanych co 10 minut,
- ostatnich 60 pomiarów zrealizowanych co 1 godzinę;

oraz analogicznie trzy wykresy wilgotności.

Przykładowy wykres przedstawiono na rysunku nr 6.



Rysunek 5. Okno „Przegląd pomiarów” – System Monitorowania Mikroklimatu



Rysunek 6. Okno „Wykresy temperatury i wilgotności” – System Monitorowania Mikroklimatu



Wykresy są generowane na podstawie pomiarów przechowywanych w bazie danych. Skrypt PHP generuje obrazy w formacie PNG przy użyciu biblioteki „GD”.

Poza przeglądaniem wykresów użytkownik ma możliwość zmiany swojego hasła. Jest to zalecane szczególnie przy pierwszym logowaniu, ze względu na to, że administrator ręcznie ustawia hasło nowemu użytkownikowi.

Ostatnią opcją w menu jest „wylogowanie”. Użytkownik kończy tym samym sesję w przeglądarce.

Użytkownik, który zaloguje się do systemu z prawami administratora ma możliwość zarządzania urządzeniami i użytkownikami. Dostęp do tych funkcji realizują dwie dodatkowe opcje w menu.

Po wybraniu opcji „zarządzanie urządzeniami” na ekranie pojawia się lista urządzeń wprowadzonych do systemu. Przykładową listę urządzeń przedstawiono na rysunku nr 7.



Rysunek 7. Okno „Zarządzanie urządzeniami” – System Monitorowania Mikroklimatu

Korzystając z powyższego formularza można wyświetlać szczegółowe dane poszczególnych urządzeń, modyfikować je lub usuwać. Każdemu urządzeniu można też przypisać stany alarmowe temperatury i wilgotności. Po przekroczeniu stanów alarmowych system będzie informował wybranych użytkowników o zaistniałej sytuacji.

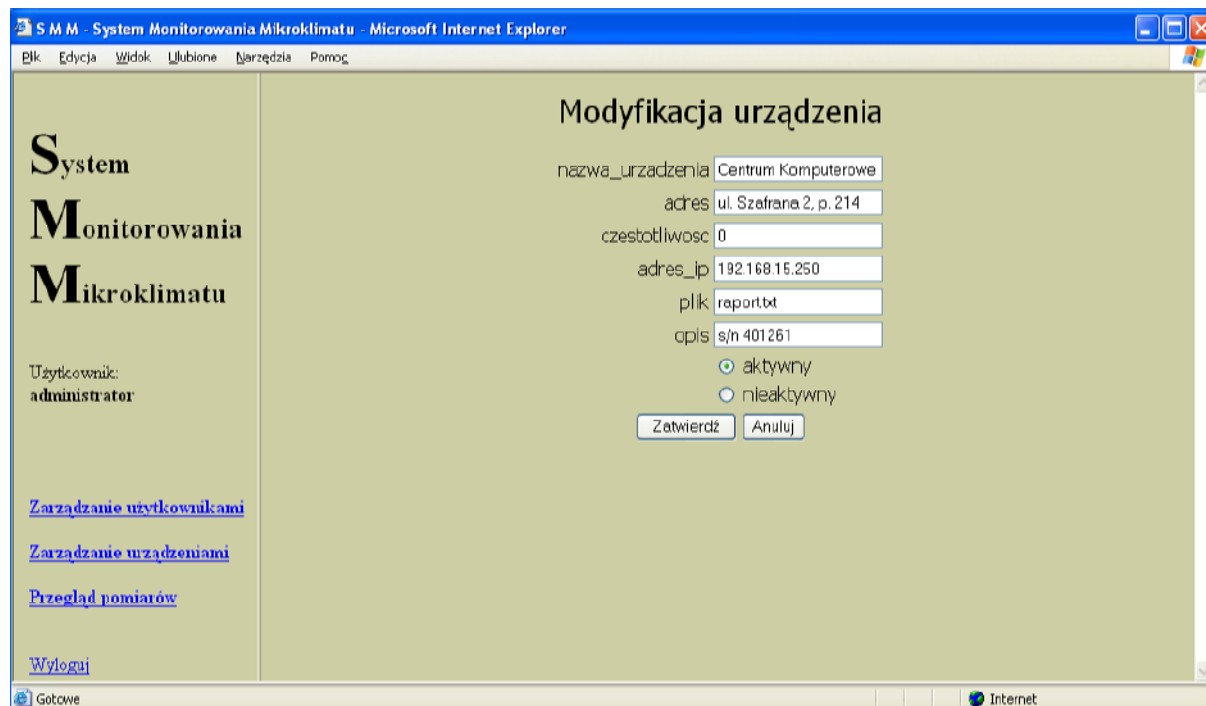
Zarówno modyfikacja jak i dodawanie urządzeń odbywa się na tym samym formularzu. Formularz wprowadzania i modyfikacji danych dotyczących urządzenia przedstawiono na rysunku nr 8.

Dla każdego urządzenia należy określić nazwę, która będzie identyfikowała je w systemie, adres, który dodatkowo pozwoli określić położenie urządzenia, adres IP i nazwa pliku – pozwolą na komunikację z urządzeniem i pobranie odpowiedniego pliku z pomiarami z serwera HTTP. Pole opis daje możliwość podania dodatkowych informacji dotyczących tego urządzenia. Dla urządzenia można określić ponadto częstotliwość pobierania próbek przez system. Ze względu na przyjęty sposób komunikacji i pobierania pomiarów przez system z urządzenia parametr ten nie jest obecnie wykorzystywany. Częstotliwość pomiarów może być wykorzystywana przez inne urządzenia i systemy, które będą współdziałały z systemem. Dla każdego urządzenia należy ponadto określić status (aktywny/nieaktywny). System obsługuje tylko urządzenia aktywne. Oznacza to, że system nie będzie pobierał



pomiarów z urządzeń nieaktywnych, a więc nie będzie wysyłał komunikatów o przekroczeniu stanów alarmowych pomiarów, nie ma też możliwości oglądania wykresów z tych urządzeń.

W podobny sposób zrealizowane zostało w systemie zarządzanie użytkownikami. Każdemu użytkownikowi nie posiadającemu praw administratora należy przypisać urządzenia, które będzie mógł monitorować w systemie. Użytkownik będzie również informowany przez system o przekroczeniach stanów alarmowych na tych urządzeniach.



Rysunek 8. Okno „Modyfikacja urządzenia” – System Monitorowania Mikroklimatu

### 3.4. Możliwości rozwoju systemu

Podstawową funkcją realizowaną przez *System Monitorowania Mikroklimatu* (SMM) jest pomiar i wizualizacja temperatury i wilgotności. W związku z tym system został zoptymalizowany właśnie pod tym kątem. Mimo to system został tak zaprojektowany by przy niewielkich zmianach kilku funkcji aplikacji oraz małej modyfikacji struktury jednej z tabel bazy danych możliwe było przechowywanie w systemie oraz wizualizacja dowolnych wielkości fizycznych. Zakres mierzonych wielkości praktycznie będzie ograniczony tylko urządzeniem, które bezpośrednio, poprzez serwer pomiarowy lub przy pomocy bramy internetowej NB10, będzie potrafiło przedstawić w czytelnej dla systemu formie wyniki pomiarów.

Drugim kierunkiem rozwoju może być rozbudowa systemu SMM o możliwość sterowania. Sterownik pomiarowo-regulacyjny SPR1 posiada wyjścia sterujące. Można je z powodzeniem wykorzystać z poziomu projektowanego systemu np.: do włączenia dodatkowego ogrzewania gdy temperatura spadnie poniżej poziomu alarmowego czy otwierania i zamykania okien. System mógłby pełnić w tym momencie rolę sterownika klimatyzacji: otwierać i zamykać drzwi, przysłaniać rolety itp.

## 4. WNIOSKI

Prezentowany system jest od wielu już lat wykorzystywany i modernizowany. Można śmiało przyjąć, że zastosowany model spełnia określone zadania. Internetowy System Pomiaru i Wizualizacji może być wykorzystany jako element systemu sterowania

inteligentnym budynkiem lub może posłużyć jako baza do powstania takiego systemu. Wykorzystywany od kilku lat model jest elastyczny, świadczy o tym fakt, że w chwili obecnej wymieniane są poszczególne elementy systemu np. rozbudowywane są podsystemy pomiarowe o bramy internetowe, co nie wymusza zmiany idei systemu, a jedynie dostosowanie jego interfejsów do nowych funkcji.

Wydaje się, że interesującym kierunkiem rozwoju systemu byłaby miniaturyzacja samego sterownika SPR1E co zwiększyłoby obszar zastosowań systemu, a w szczególności w miejscach gdzie brakuje miejsca na zainstalowanie urządzeń monitorujących.

## LITERATURA

- [1] Szymon Wagner: Internetowy system pomiaru i wizualizacji; Praca magisterska, Uniwersytet Zielonogórski, 2004.
- [2] Marcin Kruchlik: Internetowy system monitorowania wielkości fizycznych i zdarzeń w węzłach sieci komputerowej Uniwersytetu Zielonogórskiego; Praca magisterska, Uniwersytet Zielonogórski, 2003.
- [3] Krzysztof Jarosiński: Wykorzystanie intranetów do wizualizacji obiektów i procesów technologicznych; Praca magisterska, Politechnika Zielonogórska, 2000-2001.
- [4] Emil Michta: Integracja sieci komputerowych z sieciami przemysłowymi; Materiały konferencyjne Seminarium ZielMAN'1999, Zielona Góra, 1999.
- [5] Karol Krysiak: Sieci komputerowe. Kompendium; Helion, Gliwice, 2003.
- [6] Chuck Musciano, Bill Kennedy: HTML podręcznik użytkownika; Oficyna Wydawnicza READ ME, Łódź, 1999.
- [7] Janusz Baranowski, Krzysztof Jarosiński, Przemysław Baranowski: Monitorowanie i gromadzenie danych pomiarowych w węzłach Zielonogórskiej Miejskiej Sieci Komputerowej ZIELMAN z wykorzystaniem sterownika pomiarowo-regulacyjnego SPR1, Materiały VI Sympozjum „POMIARY I STEROWANIE W PROCESACH PRZEMYSŁOWYCH. PRZETWÓRSTWO ROLNO-SPOŻYWCZE”, Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Metrologii Elektrycznej METROL, Zielona Góra, 2002r.