

WOJCIECH Z. CHMIELOWSKI, KONRAD NERING*

SYSTEM TELEMTRYCZNY WYBRANYCH
WIELKOŚCI HYDROMETEOROLOGICZNYCHTELEMETRY MEASUREMENT SYSTEM
IN HYDROMETEOROLOGY APPLICATION

Streszczenie

Systemy telemtryczne w obecnych czasach stają się alternatywą dla standardowych systemów pomiarowych. Dzięki malejącym kosztom urządzeń elektronicznych stosowanie systemów telemtrycznych jest coraz bardziej powszechne. Wykorzystując telemtrię, możliwa była budowa stanowiska hydrometeorologicznego przedstawionego w niniejszym artykule. Nieduży nakład kosztów zakupu oraz niewielki koszt obsługi takiego stanowiska wraz z systemem przechowywania danych i możliwością ich prezentacji są jego mocnymi atutami.

Słowa kluczowe: telemtria, meteorologia, hydrologia, programowanie

Abstract

In these days telemetry systems are real alternative to standard measurement systems. With new technologies and diminishing costs of using those systems is more common. Utilizing telemetry we build hydrometeorological station described in this paper. The station is a part of the telemetry measurement system with databases, application for presenting data and a network of connections. Great advantage of these system is low cost of service and maintenance.

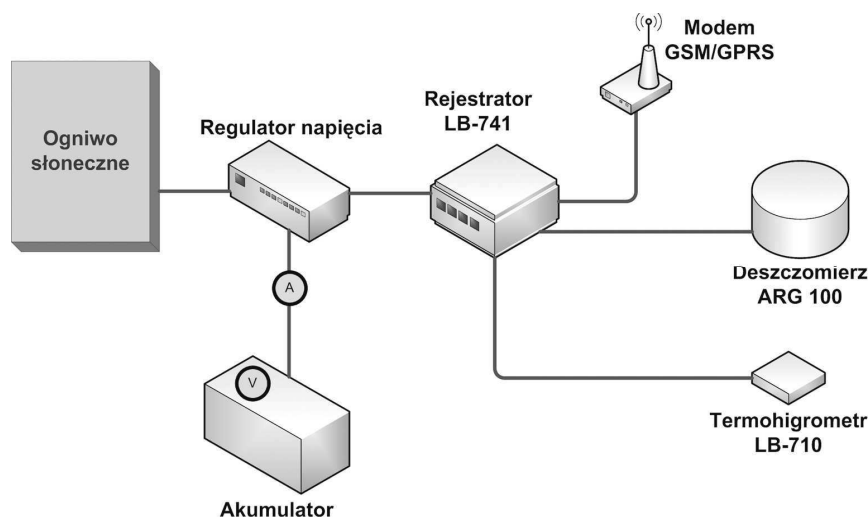
Keywords: telemetry, meteorology, hydrology, programming

* Dr hab. inż. Wojciech Z. Chmielowski, prof. PK, mgr inż. Konrad Nering, doktorant, Instytut Inżynierii i Gospodarki Wodnej, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Krakowska.

1. Wstęp

W dzisiejszych czasach jednym z najcenniejszych dóbr jest informacja. Jest ona także elementem niezbędnym przy przewidywaniu pewnych zjawisk naturalnych będących zagrożeniem dla ludności, np. zagrożenie powodziowe. W takich przypadkach niezbędne jest szybkie uzyskanie wartości pomiaru, a także ich dostępność. Obecnie meteorologiczne wielkości pomiarowe pozyskiwane przez wyznaczone do tego służby, przekazują informacje sztabom kryzysowym w przypadku pojawienia się zagrożenia powodziowego [5]. Przez automatyzację części odczytu i transmisji danych można je udostępniać szerokiej grupie użytkowników nakładem niewielkich środków.

Telemetria – zgodnie z definicją – jest dziedziną telekomunikacji, która zajmuje się technikami przesyłu wartości pomiarowych na odległość [7]. Aby było możliwe pozyskiwanie danych z obszaru wybranej zlewni, niezbędne jest wykorzystanie do tego celu właśnie urządzeń telemetrycznych. Dzięki temu można bezobsługowo przekazywać dane hydrometeorologiczne do użytkowników.



Rys. 1. Elementy stanowiska hydrometeorologicznego¹
Fig. 1. Elements of hydrometeorological station

W niniejszym artykule zaprezentowane zostanie przenośne stanowisko hydrometeorologiczne, opracowane w ramach pracy doktorskiej mgr inż. Konrada Neringa. Celem pracy jest budowa systemu informacji hydrometeorologicznej, wspomagającego ostrzeżenie przed powodzią.

¹ Ten i pozostałe rysunki pochodzą ze zbiorów autorów.

2. Sprzęt pomiarowy

Przenośne stanowisko hydrometeorologiczne składa się z czujników, rejestratora danych oraz modemu GSM/GPRS. Aby stanowisko mogło działać bezobsługowo, zamontowano panel słoneczny, akumulator, regulator napięcia oraz sprzęt pomiarowy pozwalający na wykrycie ewentualnej usterki.

Rejestrator LB-741 firmy LAB-EL Elektronika Laboratoryjna nazwany został przez firmę jako „Stacja meteorologiczna”. Jednakże jest to jedynie konfigurowalne urządzenie elektroniczne zarządzające danymi pomiarowymi i nie zawiera elementów niezbędnych do samodzielnej pracy. Dlatego też niezbędne było opracowanie zarówno autonomicznego systemu zasilania, jak również systemu montażu urządzenia w terenie.

Modyfikacja ustawień „Stacji meteorologicznej” LB-741 odbywa się przez szeregowy port komunikacyjny zgodny ze standardem RS-232C [4]. Ponieważ stanowisko znajduje się w terenie, niezbędny był komputer przenośny wyposażony w port RS-232.

Rejestrator przekazuje zebrane dane do modemu GSM/GPRS. Maksymalnie do rejestratora można podłączyć 9 urządzeń pomiarowych. Obecnie (kwiecień 2010) w skład czujników wchodzi deszczomierz korytkowy ARG 100 firmy Environmental Measurement Ltd. oraz termohigrometr LB-710 firmy LAB-EL [4]. W przyszłości planowane jest dodanie do urządzeń pomiarowych m.in. ultradźwiękowego miernika stanu wody w rzece oraz miernika prędkości i kierunku wiatru.

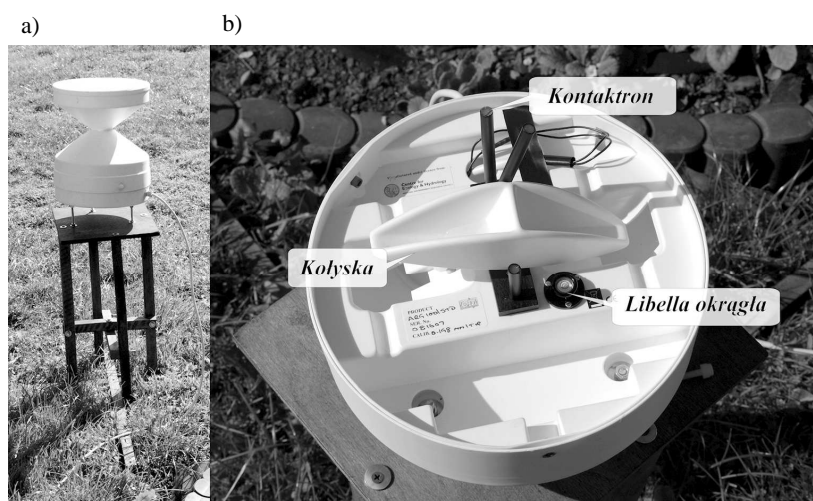
Dane z czujników przekazywane są przewodowo do rejestratora LB-741 zamontowanego w hermetycznej obudowie ochronnej. Zasilanie urządzeń zrealizowane jest za pomocą panelu słonecznego o mocy maksymalnej 50 W, który podłączony do regulatora napięcia, ładuje akumulator.

Na rys. 1 przedstawiono schemat połączeń w stanowisku hydrometeorologicznym. Pomiar w termohigrometrze wykonywany jest z 1-sekundowym krokiem czasowym. Wielkości mierzone to wilgotność względna [%] oraz temperatura powietrza [°C]. Dane te odczytywane są przez rejestrator LB-741 i zapisywane w jego pamięci tymczasowej. Następnie co 30 sekund (czas ten może być modyfikowany przez użytkownika) obliczana jest średnia temperatura oraz wilgotność z danych z okresu ostatnich 30 sekund zapisanych w pamięci tymczasowej. Wartości te przekazywane są do modemu GSM/GPRS, gdzie tworzony jest datagram (porcja danych) przewidzianych do wysłania. Jest on uzupełniany o wysokość opadów za okres 30 s.

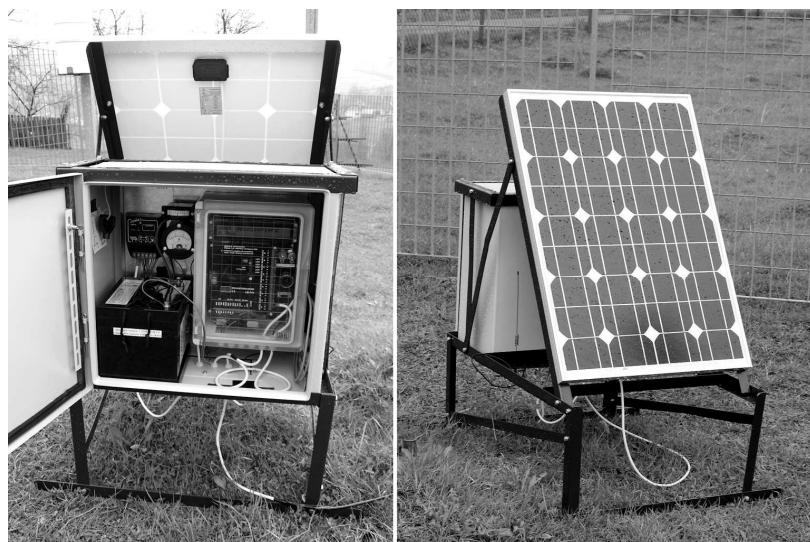
Deszczomierz ARG100 (rys. 2a) działa na zasadzie napełniania zbiorniczka pomiarowego (kołyski, rys. 2b) o ściśle określonej pojemności. Gdy woda opadowa z powierzchni zbierającej napełni zbiorniczek, ten pod wpływem ciężaru wody, przechylając się, wywołuje zwarcie kontaktronu, co jest odczytywane przez rejestrator jako impuls. Posiadany deszczomierz jest skalibrowany tak, że jedno przechylenie zbiorniczka (jeden impuls) odpowiada opadowi o wysokości 0,198 mm (l/m^2). Impulsy odczytywane są przez rejestrator, a wartości opadu za ostatnie 30 sekund, odpowiadające liczbie impulsów, przesyłane zostają do modemu GSM/GPRS. Dane wraz z temperaturą, wilgotnością oraz identyfikatorem stacji nadawane są do sieci Internet za pośrednictwem sieci GSM.

Termohigrometr LB-710 jest urządzeniem elektronicznym do pomiaru wielkości nieelektrycznych. Posiada dwa czujniki: termometr rezystancyjny typu PT-1000 oraz wilgotnościomierz pojemnościowy. Czujniki znajdują się w spiekanej osłonie ochronnej, przez co ich stała czasowa wynosi ok. 20 sekund. Pomiar temperatury jest realizowany przez zmia-

nę oporności rezystora wykonanego z platyny o znanym współczynniku temperaturowym rezystancji. Pomiar wilgotności realizowany metodą absorpcyjną odbywa się na zasadzie zmiany pojemności kondensatora. Wraz ze zmianą wilgotności względnej powietrza zmieniają się właściwości dielektryczne powietrza znajdującego się pomiędzy okładkami kondensatora. W konsekwencji zmienia się jego pojemność, a dzięki znanym zależnościom pojemności od stałej dielektrycznej ośrodka, możliwe jest wyznaczenie wilgotności względnej [3].



Rys. 2. Deszczomierz ARG-100: a) widok ogólny, b) budowa wewnętrzna
Fig. 2. ARG-100 Rain gauge: a) overview, b) rain gauge internal view



Rys. 3. Posterunek hydrometeorologiczny autorstwa mgr inż. Konrada Neringa
Fig. 3. Hydrometeorological station made by Konrad Nering

Do zasilania całego stanowiska przewidziany został układ, którego głównym źródłem zasilania jest panel składający się z ogniw fotowoltaicznych. Akumulator pełni rolę bufora i zasila stanowisko w nocy. Ponieważ napięcie ogniwa słonecznego zmienia się wraz ze zmianą nasłonecznienia, niezbędny jest regulator napięcia, który utrzymuje stałe napięcie na zaciskach akumulatora oraz reguluje prąd ładowania akumulatora, tak aby nie uległ uszkodzeniu. Dodatkowo na stanowisku znajdują się amperomierz i woltomierz, niezbędne do kontroli stanu zasilania stacji w razie ewentualnej awarii.

Na rysunku 3 pokazano kompletne stanowisko hydrometeorologiczne. Obecnie (kwiecień 2010) znajduje się na terenie posterunku meteorologicznego IV rzędu w miejscowości Krzeczów w gminie Lubień na terenie powiatu myślenickiego w województwie małopolskim. Lokalizacja stanowiska była możliwa dzięki uprzejmości Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, oddział w Krakowie.

3. Transmisja danych

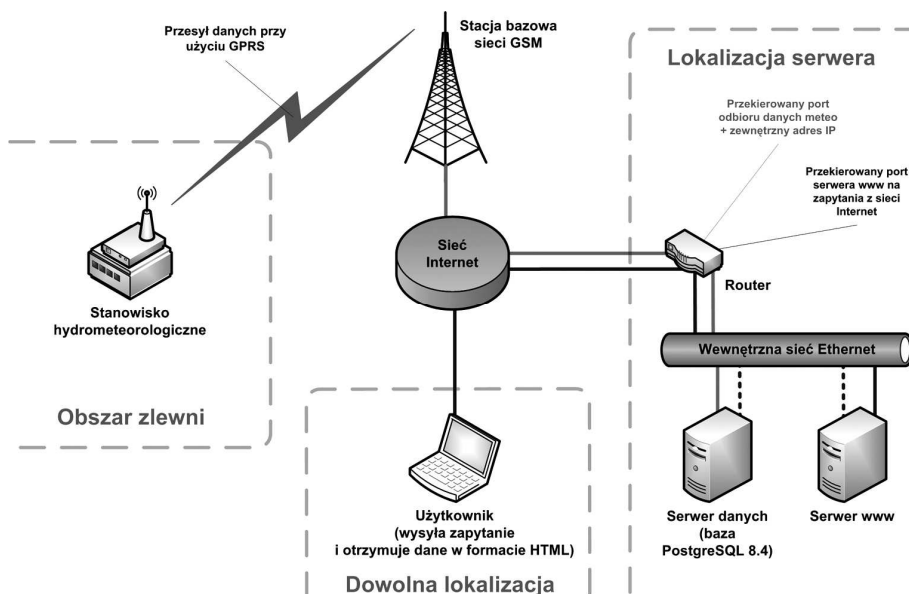
Datagram tworzony w modemie GSM/GPRS, przesyłany jest do sieci Internet z wykorzystaniem pakietowej transmisji danych GPRS (ang. *General Packet Radio Service*) w ramach sieci komórkowej GSM. Przesył danych odbywa się w formie transferu zmiennego (tzw. *burst*) następującego co 30 sekund. Analizując przesył ze względu na warstwowy model sieciowy OSI (ang. *Open System Interconnection*), transmisja GPRS odbywa się w warstwie 2 (łącza danych) oraz w warstwie 3 (sieciowej) [6]. Warstwa 1 (fizyczna) to połączenie radiowe między modemem GSM/GPRS a stacją bazową sieci GSM. Pakiety tworzone przez modem zlokalizowane są w warstwie 4 modelu OSI. Są to datagramy (zwane także pakietami) protokołu UDP (ang. *User Datagram Protocol*). Datagramy te zawierają oprócz wartości pomiarowych także adres IP (ang. *Internet Protocol*) routera będącego bramą sieci, w której znajduje się serwer danych oraz port, na który ten datagram ma zostać przekazany (rys. 4).

Model OSI jest modelem ideowym, obrazującym drogę datagramu od urządzenia nadawczego do odbiorczego [1]. W modemie GSM/GPRS do danych „surowych” (np. temperatura, wilgotność) jest dodawany nagłówek protokołu UDP zawierający między innymi adres IP, do którego ma zostać dostarczony w sieci Internet (tzw. enkapsulacja). Tak stworzony datagram przekazywany jest do warstwy 3, następnie 2 modelu OSI, czyli tworzone są pakiety GPRS przeznaczone do nadania. Pakiety zawierające już tylko dane w postaci binarnej nadawane są zmodulowanymi sygnałami do stacji bazowej (warstwa 1), gdzie następuje zdekodowanie sygnału radiowego oraz przekazanie datagramu do sieci Internet.

Po „odnalezieniu” przez datagram adresu IP odbiorcy, router przekazuje dane na wskazany serwer w sieci wewnętrznej Ethernet. W ustawieniach routera zapisany jest ten sam port, co w odbieranym datagramie UDP. Dzięki temu router „wie”, na który serwer w sieci ma zostać przesłany datagram.

Na serwerze zainstalowane jest autorskie oprogramowanie stanowiące bufor przychodzących datagramów UDP. Dane z datagramu analizowane są pod względem spójności oraz bezpieczeństwa, tzn. czy datagram został rzeczywiście nadany przez modem GSM/GPRS zainstalowany na stanowisku meteorologicznym. Odczytane z datagramu dane zapisywane są następnie do bazy danych i tam archiwizowane. Droga datagramu ze stanowiska hydrometeorologicznego zaznaczona została na rysunku 4 kolorem szarym.

Budowany system ma możliwość prezentacji odbieranych danych pomiarowych, nie tylko lokalnie na serwerze, ale także z dowolnego miejsca przez sieć Internet. Transmisja danych, które użytkownik chciałby przeglądać, odbywa się z wykorzystaniem serwera www (ang. *World Wide Web*). Dane prezentowane są w przeglądarce internetowej użytkownika.



Rys. 4. Transmisja danych do serwera zbiorczego oraz do użytkownika
Fig. 4. Data transmission from station to data server and from server to a user

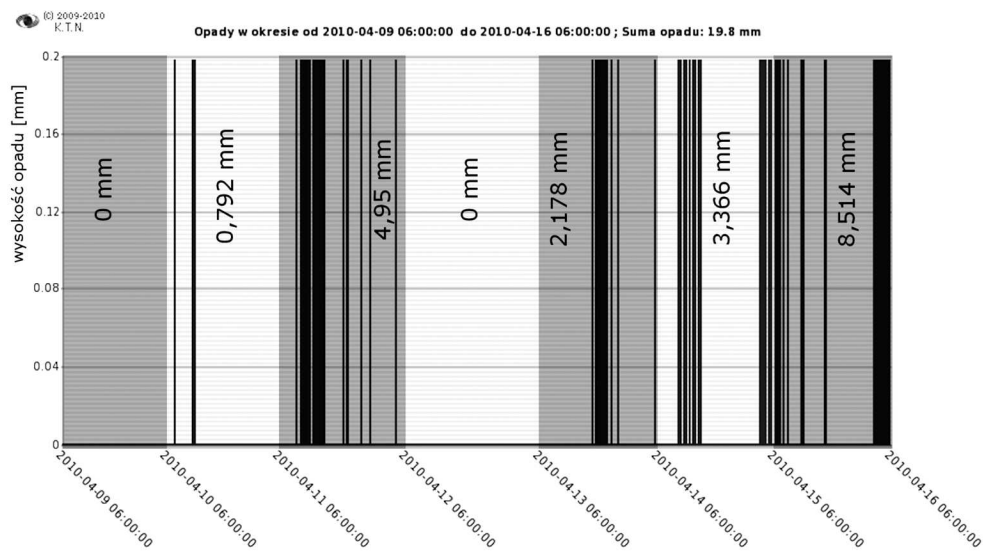
Aby możliwe było wyświetlanie jakichkolwiek danych na komputerze użytkownika, najpierw musi on wysłać zapytanie o przesłanie danych do serwera www (rys. 4). Serwer przyjmujący połączenie od użytkownika, przygotowuje zestaw danych, o które „prosi” użytkownik, pobierając je z serwera danych. Następnie zestaw danych już w formie graficznej przesyłany jest do przeglądarki internetowej użytkownika. Tor transmisji danych do użytkownika zaznaczono na rysunku 4 kolorem czarnym. Transmisja danych bezpośrednio z serwera danych do użytkownika, nie jest realizowana ze względu na bezpieczeństwo danych.

4. Przechowywanie i prezentacja danych

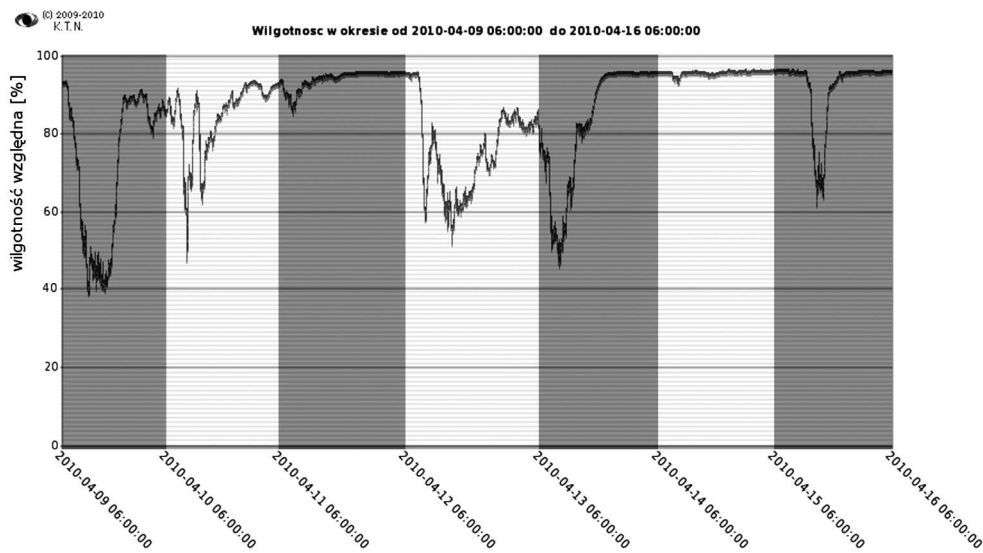
Dane odbierane ze stanowiska, zapisywane są przez autorskie oprogramowanie do bazy danych, stworzonej w środowisku PostgreSQL wersji 8.4. Raz w tygodniu wykonuje się kopię bezpieczeństwa zapisanych danych.

Dzięki stworzeniu autorskiego oprogramowania serwera www możliwa jest graficzna prezentacja danych pomiarowych z dowolnego okresu. Dane są dostępne od razu po ich odebraniu przez serwer danych. Opóźnienie nie jest większe niż 10 sekund.

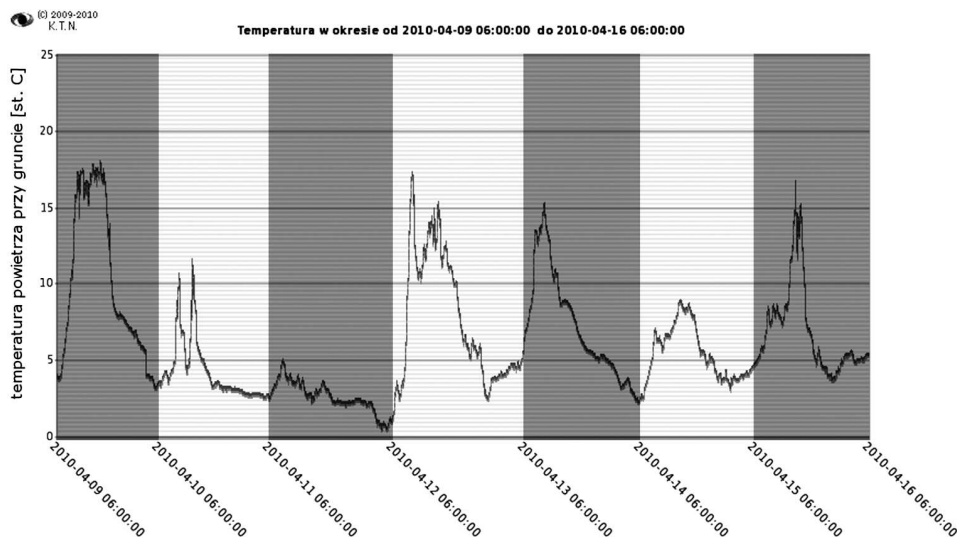
Na rysunkach 5–7 przedstawione są odpowiednio dane dotyczące opadów, temperatury i wilgotności za okres od godziny 06 UTC w dniu 10.04.2010 do godziny 06 UTC w dniu 17.04.2010 dla wskazanej lokalizacji stanowiska (miejscowość Krzeczów).



Rys. 5. Suma opadu w ciągu jednego tygodnia
Fig. 5. Total amount of Rainfall during a week period



Rys. 6. Zmiana wilgotności w czasie tygodniowego pomiaru (pomiar co 30 sekund)
Fig. 6. Humidity during a week period (30 seconds resolution)



Rys. 7. Temperatura powietrza mierzona 20 cm ponad powierzchnią terenu
Fig. 7. Surface air temperature on 20 cm height

5. Wnioski

Dzięki zastosowaniu telemetrii możliwe było opracowanie opisanego w niniejszym artykule systemu pomiarowego. Zaletą zaproponowanego rozwiązania jest bezobsługowe działanie oraz prostota konstrukcji. Wykorzystując istniejącą infrastrukturę sieci GSM, nie ma potrzeby tworzenia dedykowanego łącza transmisyjnego, co wiąże się z dodatkowymi kosztami. Całkowity koszt utrzymania takiego systemu obejmuje jedynie opłatę za transmisję GPRS oraz energię elektryczną pobieraną przez serwery. Uwzględniając powyższe, całkowity koszt obsługi systemu nie przekracza 20 zł miesięcznie. Dodatkowo system jest skalowalny – do systemu może być dołączona w każdej chwili dowolna liczba stanowisk hydrometeorologicznych, wyposażonych w maksymalnie 9 czujników każda.

Proponowany system ma na celu nie tylko odczyt wartości pomiarowych. Zostanie zastosowany dodatkowo model hydrologiczny transformujący opad na odpływ. Jego zadaniem będzie przeliczanie, w zależności od intensywności opadu, odpływu, jaki może nastąpić w najbliższym czasie. Będzie to system wspomagania ostrzegania przed powodzią, działający na bieżąco, w zależności od aktualnych warunków meteorologicznych. Spodziewane wyprzedzenie czasowe uzyskania informacji o odpływie w stosunku do wystąpienia zjawiska, jest na poziomie 3 godzin.

Artykuł przygotowany w ramach badań własnych na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Krakowskiej, nr Ś-1/419/BW/2009.

Literatura

- [1] Krysiak K., *Sieci komputerowe*, Wyd. Helion, Gliwice 2005.
- [2] Perkins D. A., King W. D., Shaw D. E., *An automatic raingauge network for a cloud seeding experiment*, Journal of Applied Meteorology, American Meteorological Society, Boston USA 1982, 228.
- [3] Róźdźyński K., *Podstawy telemetrycznego miernictwa meteorologicznego*, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa 2004.
- [4] Materiały informacyjne firmy LAB-EL.
- [5] Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (www.imgw.pl).
- [6] ITpedia (www.itpedia.pl).