

PAPER DETAILS

TITLE: Application of Wind Monitoring System Based on Programmable Logic Controller

AUTHORS: Hayati MAMUR,Enes BEKTAS,Adem ÇIÇEK,Fatih KORKMAZ,Ismail

TOPALOGLU,Murat ARI

PAGES: 76-85

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/362585>



Programlanabilir Lojik Denetleyici Tabanlı Rüzgâr İzleme Sistemi Uygulaması

Application of Wind Monitoring System Based on Programmable Logic Controller

Hayati MAMUR*¹, Enes BEKTAŞ¹, Adem ÇİÇEK¹, Fatih KORKMAZ¹, İsmail TOPALOĞLU¹, Murat ARI¹

¹Çankırı Karatekin Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 18100 ÇANKIRI

Başvuru/Received: 29/04/2016

Kabul/Accepted: 12/02/2017

Son Versiyon/Final Version: 15/06/2017

Öz

Bir bölgedeki veya mahallî bir yerdeki rüzgâr potansiyelinin belirlenmesi, rüzgârın uzun süreli ölçülmesi ve ölçüm değerlerinin kayıt altına alınarak analiz edilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Büyük rüzgâr türbinlerinin kurulacağı bölgelerde maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle rüzgâr analizlerinin gerçekleştirilmesi elzemdir. Küçük rüzgâr türbinlerinde ise kurulum maliyetleri düşük olduğu için bu analizlere pek ihtiyaç duyulmaz. Bu makalede, Uluslararası Elektroteknik Komisyonunun hazırlamış olduğu IEC 61400–12–1 standardı çerçevesinde, yeni üretilen bir küçük rüzgâr türbininin güç performans ve enerji verimliliği analizleri yapılırken giriş gücünün de ölçümünde kullanılabilecek kabiliyette, Çankırı Karatekin Üniversitesi Uluyazı Kampüsü rüzgâr analiz sisteminin tasarımı ve yazılımı gerçekleştirilmiştir. Programlanabilir lojik denetleyici ile yapılan bu sistem ile küçük rüzgâr türbinlerinin giriş enerjisi olan atmosferdeki rüzgâr hızı, yönü, havanın nemi, atmosfer basıncı ve sıcaklık değişkenlerin ölçülmesine ve kayıt altına alınmasına başlanılmıştır.

Anahtar Kelimeler

"Yenilenebilir enerji, rüzgâr enerjisi, rüzgar analiz sistemi, küçük rüzgar türbini"

Abstract

Determination of wind potential in a place or in a local area is performed by analyzing of long term wind data recorded and accumulated. In areas where constructions of large wind turbines, the realizing of the wind analyses is essential because of the high costs of them. In small wind turbines, it is not necessary the analyses due to the low costs of them. In this paper, design and implementation of a wind analysis system for determining wind potential of Cankiri Karatekin University Uluyazi Campus have been carried out within the framework IEC 61400–12–1 standardized by International Electrotechnical Commission, the system is also going to be used for an energy analysis system having a capability fulfilling the power performance and the energy efficiency analysis of small wind turbines manufactured by the small wind turbine manufacturers. By means of the carried-out system, the wind speed, direction, air pressure and temperature at Uluyazi Campus have been registered and monitored.

Key Words

"Renewable energy, wind energy, wind analysis system, small wind turbine"

1. GİRİŞ

Fosil yakıtların negatif etkileri ve bir gün tükenecek olması ülkeleri alternatif enerji kaynaklarının kullanımına ve potansiyellerinin belirlenmesine doğru zorlamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan rüzgâr enerjisi Dünya için kısa ve uzun vadede en önemli alternatif enerji kaynaklarından biridir. Rüzgâr enerjisini, kullanılabilir enerji kaynaklarından olan elektrik enerjisine çevirmenin yolu rüzgâr türbinleri kullanmaktır.

Rüzgâr türbinleri genelde iki sınıfa ayrılır: (1) Büyük rüzgâr türbinleri (Large Wind Turbines – LWT) ve (2) Küçük rüzgâr türbinleri (Small Wind Turbines – SWT). Belirlenen bir bölgeye LWT rüzgâr türbinlerinin kurulması için belirlenen bölgenin rüzgâr analizlerinin gerçekleştirilmesi gerekir. Elde edilen veriler ışığı altında ekonomik değerlendirmeler yapılarak o bölgeye LWT kurulup-kurulamayacağına karar verilir. Çünkü LWT’lerin kurulum maliyetleri yüksektir.

Çankırı ili merkezi için belirlenen ortalama rüzgâr hızı yaklaşık 4 m/s’dir. Bu rüzgâr hızı Şabanözü, Orta ve Çerkeş kenar ilçelerinde yaklaşık 7 m/s’ye kadar çıkmaktadır. Rüzgâr hızının belirli bir değerin üzerindeki bölgeler, LWT’ler için yatırım yapılabilir olarak kabul edilebilmektedir.

Rüzgâr hızında ve yönünde, doğası gereği hızlı değişimler meydana gelmektedir. Bu amaçla rüzgâr veri toplama sistemlerinden elde edilen bulgulara bağlı olarak, geliştirilen istatistiksel programlarla elde edilebilecek rüzgâr enerjisi tahminleri yapılmaktadır. Bu tahminlerin yapılması için gerekli olan bilgiler ve dersler lisans ve yüksek lisans seviyesindeki öğrencilere verilmektedir. Ayrıca alternatif sürdürülebilir enerji kaynaklarının lisans ve lisansüstü öğrencilerine anlatılması eğitim programlarına konulan yeni derslerle gerçekleştirilmektedir.

Sürdürülebilir enerji kaynaklardan olan rüzgâr enerjisinin tahminlerinin yapılması için bu enerjinin ölçümü önem kazanmaktadır. Çünkü rüzgâr, rüzgâr enerji çevrim sisteminin giriş enerjisini oluşturmaktadır. Rüzgâr enerjisi de bulunan yerel bölgeye göre değişiklikler göstermektedir.

Bu bağlamda, Çankırı’ya hâkim bir yerde kurulmuş olan Çankırı Karatekin Üniversitesi Uluyazı Kampüsü rüzgar potansiyelinin belirlenmesi için, IEC 61400–12–1 standardını referans alan SWT giriş enerjisinin ölçümünde de kullanılabilecek bir formda rüzgâr enerjisi analiz direği kurulmuş ve Uluyazı Kampüsünün rüzgar potansiyeli programlanabilir lojik denetleyicili (PLC) bir yönetici kontrol ve veri edinim sistemi (SCADA) ile ölçülmeye ve kaydedilmeye başlanılmıştır. Bu gerçekleştirilen çalışmanın sunumu şu şekilde yapılmıştır: Çalışmanın ikinci bölümünde kullanılan materyal ve metotlar verilmiştir. Üçüncü bölümünde ise analiz ve bulgular sunulmuştur. Son olarak da, dördüncü bölümünde sonuçlar ve önerilere yer verilmiştir.

2. MATERAL VE YÖNTEM

Yapılan çalışmada, yöntem olarak SWT güç performans analizinin giriş enerjisini oluşturan rüzgâr enerjisinin ölçümü için kullanılabilecek meteoroloji direği IEC 61400–12–1 standardı ölçütleri referans alınarak gerçekleştirilmiştir. İzlenen yol genel hatları ile aşağıdaki gibidir:

1. Rüzgâr enerjisinin giriş değişkenlerinin ölçülmesi için Bölüm 2.1’de verilen analiz eşitliklerine bağlı olarak algılayıcı ve transmitterler tespit edilmiştir.
2. Laboratuvar ortamında rüzgâr enerjisi giriş değerlerinin ölçülmesi için PLC tabanlı SCADA donanımı kurulmuş ve yazılımları yazılmıştır. Yazılımların çalışması model üzerinde denenmiş ve görülen aksaklıklar giderilmiştir.
3. PLC tabanlı SCADA sistemi Çankırı Karatekin Üniversitesinin yeni yerleşim yeri olan ve sürekli olarak rüzgâr alan 880 m rakımlı Uluyazı Kampüsünde 5 m’lik bir meteoroloji analiz kulesi ile Mühendislik Fakültesi binasının üzerine kurulmuştur.

2.1. Rüzgâr Enerjisi ve SWT’lerden Elde Edilebilecek Güç İçin Eşitlikler

Rüzgâr türbinlerinin giriş değişkeni rüzgârın kinetik enerjisidir. SWT’lerin enerjisini sağlayan ve atmosferde sürekli hareket halinde bulunan rüzgâr belirli bir kütleye ve kinetik enerjiye sahiptir. Bu nedenle rüzgâr enerjisi analizlerinin yapılması için türbinlerle birlikte değerlendirmek daha verimli olacaktır. Rüzgârın anlık gücü aşağıdaki eşitlikle ifade edilir:

$$P_r = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \quad (1)$$

burada, P_r rüzgâr anlık gücü (W), ρ hava yoğunluğu (kg/m^3), A rüzgârın ilerleme yönüne dik kesit alanı (m^2) ve v rüzgâr hızıdır (m/sn). Anlık rüzgâr gücünün tamamı türbinlerde elektrik enerjisine çevrilmez. Türbinlerde elektrik enerjisine çevrilen güç miktarı:

$$P_t = \frac{1}{2} \cdot C_p \cdot \rho \cdot A v^3 \quad (2)$$

ile ifade edilir. Burada, P_t türbin gücü (W), C_p türbinin güç sabiti ve A ($A = \pi \cdot R^2$) rotor dönüşü sırasında kanatların süpürdüğü alan (m^2), R türbin kanat süpürme yarıçapıdır (m). Güç sabiti değeri türbin kanatlarının en uç noktasındaki lineer hız (u) ve kanatlara çarpan rüzgâr hızının (v) bir fonksiyonudur $C_p = f(u/v)$. u/v oranı kanat uç hız oranı (tip speed ratio – TSR) olarak da isimlendirilir ve λ ile gösterilir. Eğer türbinden elde edilen gücün maksimum olması isteniyorsa, rotor dönüş hızının rüzgâr hızına göre ayarlanıp bu oranın sürekli olarak $\lambda = \lambda_{opt}$ en iyi değerinde tutulması gerekir. Bu durumda türbinin güç sabiti en yüksek değerine ulaşır. TSR:

$$\lambda = u/v = \omega_t R/v = 2\pi(rpm)/60v \quad (3)$$

ile ifade edilir. ω_t türbin mekanik kanat açısal hızıdır (rad/sn). $\omega_t R$ ise türbin kanat ucu doğrusal hızıdır (m/s). Türbin mekanik kanat açısal hızı, frekansa f (Hz, 1/s) bağlıdır ve $\omega_t = 2\pi \cdot f$ ile ifade edilir. Ayrıca türbin mekanik kanat açısal hızı, türbin dönüş hızının bir fonksiyonu olarak da; $\omega_t = 2\pi \cdot n/60$ ifadesiyle de tanımlanabilir. Burada n türbin dönüş hızıdır (dev/dk, rpm) ve $f = n/60$ 'tır (dev/sn). Türbinin kalıcı mıknatıslı senkron jeneratör (PMSG) kutup sayısına bağlı olarak devir $n = 60f/2P$ ile ifade edilir. Burada $2P$ PMSG'nin çift kutup sayısıdır. Bir türbinin güç sabiti değeri rüzgâr hızıyla değişir. Bu nedenle türbinin verimi en iyi C_p - λ eğrisiyle ifade edilir. Türbinin güç sabiti aşağıdaki eşitlikle:

$$C_p = \frac{P_t}{P_r} = \frac{I \cdot V}{\frac{1}{2} \rho \cdot A v^3} \quad (4)$$

verilir. Burada, I ve V değerleri, sırasıyla, türbinden sağlanan akım (A) ve gerilimdir (V). Türbinin bulunduğu ortamda hava yoğunluğu sabit olduğu sürece, rüzgârın hızına bağlı olarak hava akımı bir kinetik enerjiye sahiptir. Rüzgâr olmadığında hava akımının kinetik enerjisi sıfırlanır. Eğer sabit bir hızla akan rüzgâr varsa, bu durumda rüzgârın kullanılabilir kinetik enerjisi:

$$E_{kin} = \frac{v^2}{2} \quad (5)$$

ile ifade edilir. Burada, E_{kin} rüzgârın kinetik enerjisidir (J). Türbinin etkisi altında kaldığı rüzgârın gücünü belirlemek için, birim zamanda türbinin rotoru boyunca geçen havanın kütle akış miktarının bilinmesi gerekir. Birim zamanda akan havanın kütlesi $\dot{m}$ (kg/s) aşağıdaki eşitlikle verilir:

$$\dot{m} = \rho \cdot A v = \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot v \quad (6)$$

Burada $A \cdot v$ ifadesi havanın hacimsel akış oranıdır (m^3/s). Böylece, türbinin bulunduğu ortamdaki rüzgârdan elde edilebilecek en yüksek güç aşağıdaki eşitlikle verilir:

$$P_r = \dot{m} \cdot E_{kin} \quad (7)$$

Bugün pek çok türbin, %20–40 arası bir verimle çalışarak rüzgârın kinetik enerjisini elektrik enerjisine çevirmektedir. Kinetik enerji mekanik enerjinin bir formudur ve böyle olması nedeniyle tamamen çalışma enerjisine çevrilebilir. Bu nedenle, bir sistemin kinetik enerjisinin ekserjisi veya çalışma potansiyeli çevrenin sıcaklık ve basıncına bakılmaksızın kendi kinetik enerjisine eşittir.

Türbinde giriş gücünü etkileyen diğer bir değişken de türbinin kurulmuş olduğu yükseklikteki hava yoğunluğudur. ISA (International Standard Atmosphere) şartlarında, deniz seviyesinde +15 °C sıcaklıkta ve 1013,25 mb (1 mb = 98 Pa, 1 atm = 101300

Pa) atmosfer basıncında, havanın yoğunluğu $1,225 \text{ kg/m}^3$ 'tür. Deniz seviyesinden yükseldikçe hava yoğunluğu ve atmosfer basıncı azalır. Dolayısıyla türbin tarafından üretilen güçte de azalan hava yoğunluğu ve atmosfer basıncına göre azalma olur. Türbinin kurulduğu alandaki havanın birim hacimdeki yoğunluğu aşağıdaki eşitlikle ifade edilir:

$$\rho = \frac{P}{287.T} \quad (8)$$

burada, P havanın atmosfer basıncı (Pa), 287 sabit değeri hava için gaz sabiti (j/kg.k), T Kelvin cinsinden ortam sıcaklığıdır ($^{\circ}\text{C} + 273,12 = \text{K}$). Türbinlerin yıllık enerji üretimlerinin (YEÜ) hesaplanmasında değişik yazılımlar kullanılabilir. Türbin YEÜ için, türbin güç eğrisinin ve kurulan alana ait yıllık rüzgâr hızı olasılık dağılımının bilinmesi gerekir. Türbin güç eğrisi analizlerle elde edilir. Yıllık rüzgâr hızı dağılımının elde edilmesi için Weibull ve Rayleigh olmak üzere iki olasılık dağılım fonksiyonu kullanılır. Weibull olasılık dağılım fonksiyonu:

$$hw(v) = \frac{k}{A} \cdot \left(\frac{v}{A}\right)^{k-1} \cdot e^{\left[-\left(\frac{v}{A}\right)^k\right]} \quad (9)$$

ile ifade edilir [17]. Burada; $hw(v)$ Weibull yıllık rüzgâr hızı olasılık dağılım fonksiyonu, k rüzgâr hızı dağılım şeklini gösteren parametre (şekil parametresi), A rüzgâr hızı için bağıl birikmiş frekanstır (ölçek parametresi). Weibull rüzgâr hızı olasılık dağılım fonksiyonunda şekil k ve ölçek A parametresi gibi iki bilinmeyen vardır. Bunları bulmak için analitik ve deneysel eşitlikler kullanılır.

Rayleigh rüzgâr hızı olasılık dağılım fonksiyonu ise:

$$h_R = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{v}{v_{mean}} \cdot e^{\left[-\frac{\pi}{2} \cdot \left(\frac{v}{v_{mean}}\right)^2\right]} \quad (10)$$

ile ifade edilir. Burada; h_R Rayleigh rüzgâr hızı olasılık dağılım fonksiyonu ve v_{mean} ise türbin kurulduğu arazinin ortalama rüzgâr hızıdır (m/s). Rayleigh dağılımı ortalama rüzgâr hızı v_{mean} gibi tek bir bilinmeyene sahiptir.

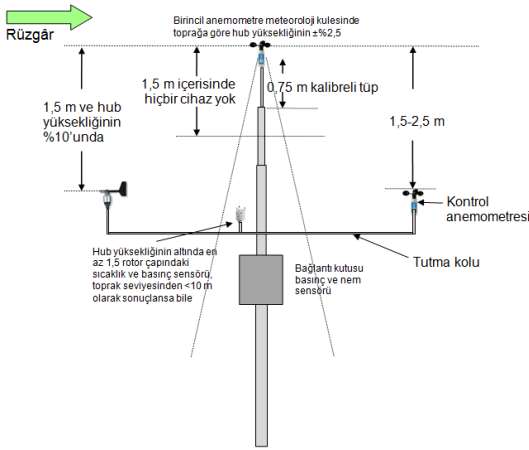
Sonunda, türbinin yıllık üreteceği toplam elektrik enerjisi miktarı:

$$E = \int_{v_{min}}^{v_{max}} P_t \cdot f(v) \cdot t \cdot dv \quad (11)$$

eşitliğiyle bulunur [13]. Burada; E YEÜ miktarı (kWh), v_{min} türbinin elektrik enerjisi üretmeye başladığı rüzgâr hızı, v_{max} türbinin elektrik enerjisi üretimini emniyet için sonlandırdığı rüzgâr hızı, $f(v)$ rüzgâr hızı dağılım fonksiyonu ve t ise bir yıllık saat olarak zamandır.

2.2. Meteoroloji Analiz Değerinin Kurulması

Çankırı Karatekin Üniversitesi Uluyazı Kampüsü Çankırı'nın hâkim tepelerinden birinde düzlük bir zemine kurulmuştur. Dolayısıyla rüzgârın herhangi bir nedenle engellenme durumu söz konusu değildir ve bu bölge fazlasıyla rüzgar almaktadır.



(a)



(b)

Şekil 1. (a) Sensörlerin meteoroloji direğine yerleşim ölçüleri ve (b) kurulan meteoroloji direği

Rüzgârın gelmesinde herhangi bir engelleme olmaması, zeminin düz ve tepede olması ve meteoroloji direğinin de binanın üzerine kurulacak olması nedenleriyle kulenin yüksekliği 5 m olarak tasarlanmıştır. Meteoroloji direğinin kurulumunun ölçüleri **Şekil 1a**'da verilmiştir.

Meteoroloji direği borulu kule tipinde ve paslanmazdan yapılmıştır. 2 kademe kalınlığa sahiptir. Herhangi bir arıza meydana geldiğinde rahat sökülebilmesi için ikinci katmanda bulunan boru birinci katmandaki borunun içerisine girebilecek şekilde seçilmiştir. Dolayısıyla kurulum kolaylıkla sağlanabilmektedir. Kurulan meteoroloji direği **Şekil 1b**'de verilmiştir.

Bölüm 2.1'deki eşitliklerde bulunan ve SWT'lerin giriş enerjisini oluşturan rüzgârın enerjisi değişkenlerini ölçmek için **Tablo 1**'deki algılayıcılar ve çeviriciler **Şekil 1b**'de gösterilen meteoroloji direğine yerleştirilmiştir.

Meteoroloji kulesinin üzerine iki tane anemometre, rüzgâr yön ve nem algılayıcısı yerleştirilmiştir. Bu algılayıcıların bağlantılarının gerçekleştirilmesi için bir tane bağlantı kutusu meteoroloji direğine monte edilmiştir. Atmosfer basıncı algılayıcısı alt bağlantı kutusunun içerisine monte edilmiştir. Bu bağlantı kutusunda bulunan tüm sensör kabloları bir odada toplanmıştır.

Meteoroloji kulesine yerleştirilen algılayıcıların düzenlemesi bir rüzgâr türbin testi için önemlidir. Özellikle, anemometre direk ve üst bölge etkilerinden etkilenmeyecek ve rüzgâr akış bozulmasını minimize edecek şekilde yerleştirilmiştir.

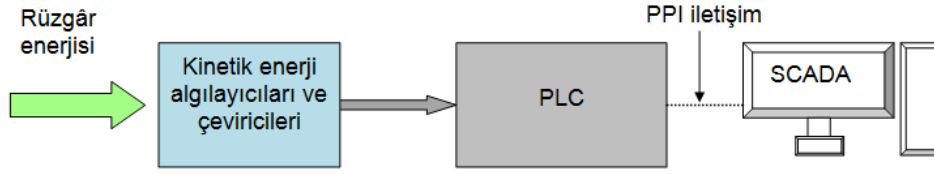
Tablo 1. SWT giriş enerjisi değişkenleri, kullanılan algılayıcılar ve çeviriciler

Rüzgâr değişkenleri	Algılama elemanları
Kule hava sıcaklığı	HT-2 Gentek göstergeli sıcaklık ve nem transmitteri
Kule havanın nemi	HT-2 Gentek göstergeli sıcaklık ve nem transmitteri
Kule rüzgârın yönü	Gentek rüzgâr yönü transmitteri 4-20 mA
Kule rüzgâr hızı	Gentek rüzgâr hızı transmitteri 4-20 mA (İki adet)
Atmosfer basıncı	Gentek atmosfer basınç ölçüm transmitteri 4-20 mA

Diğer nem, basınç, sıcaklık algılayıcıları hub yüksekliğine yakın ve anemometrelerin rüzgâr hızını bozmayacak şekilde yerleştirilmiştir. En üstteki anemometre aynı çaplı, içerisinde kabloları bulunduran yuvarlak dikey paslanmaz boru üzerine monte edilmiştir. Diğer algılayıcılar tepedeki anemometrenin 1,5 m aşağısına monte edilmiştir. Sıcaklık ve basınç sensörleri hub yüksekliğine yakın bir yerde ikincil kontrol anemometresini tutan kolun üzerinde daha sonradan kurulması düşünülen türbin yüksekliğini geçmeyecek şekilde montajlanmıştır. Sıcaklık algılayıcısı bir radyasyon koruyucusu içerisinde yerleştirilmiştir. Basınç algılayıcısının ise su koruyucu bir kılıf içerisinde yerleşimi yapılmıştır.

2.3. PLC Tabanlı SCADA Sisteminin Kurulması

Şekil 1b'de kurulumu gerçekleştirilen sistem de, rüzgârın kinetik enerji verileri algılayıcılar yardımıyla algılanmış ve PLC donanımına iletilmiştir. Rüzgârın kinetik enerjisi hesabının PLC ve SCADA programlarında yapılmasında ortam sıcaklığı, atmosfer basıncı ve rüzgâr hızı değişkenleri gerekmektedir. Bu kurulum vasıtasıyla tüm bu veriler bilgisayar ortamına alınmıştır. Kurulan sistemin genel blok şeması **Şekil 2**'de verilmiştir.



Şekil 2. Kurulan sistemin genel blok şeması

Elde edilen ve hesaplanan tüm veriler PLC ve bilgisayar üzerindeki SCADA yazılımı arasında kurulan noktadan noktaya arayüz (PPI) iletişimi aracılığıyla SCADA yazılımına iletilmiştir. SCADA yazılımı sayesinde rüzgârın kinetik enerjisine ait giriş verileri görselleştirilmiş ve kayıt altına alınmaya başlanmıştır. **Şekil 3**'de ise gerçekleştirilmiş PLC tabanlı meteoroloji SCADA sisteminin genel bir görünümü sunulmuştur.



Şekil 3. PLC tabanlı meteoroloji SCADA sisteminin genel bir görünümü

Gerçekleştirilen sistemde meteoroloji direğinde bulunan transmitter sinyallerinin S7-200 CPU224XP DC/DC/DC PLC'de anlamlı değerlere dönüştürülebilmesi için genişleme modülü EM 235 kullanılmıştır. EM 235 modülü ile meteoroloji direğinden gelen 4 tane analog sinyal PLC CPU'suna aktarılmıştır. Bu modülün giriş kalibrasyonları üzerlerinde bulunan anahtarlar ve trimpotlar yardımıyla 0–20 mA ayarı yapılmıştır.

Ayrıca CPU224XP DC/DC/DC PLC üzerinde bulunan A ve B iki kanal analog girişler de kullanılarak yeni bir genişleme modülünün kullanımına gerek duyulmamıştır. Bu kanallar gerilim girişli kanallar olduğu için de transmitterlerden gelen 4–20 mA standart değerleri PLC üzerindeki A ve B bağlantı kanallarına 500 Ω dirençler eklenilerek bu sinyaller 2–10 VDC gerilim sinyallerine dönüştürülmüştür. PLC ve genişleme modülünde bulunan analog giriş kanallarının transmitter giriş değişkenleri **Tablo 2**'de verilmiştir.

Tablo 2. PLC ve genişleme modülü üzerindeki analog girişler ve değişkenleri.

Analog girişler	Değişkenler	Elektriksel sinyal
AIW0	Hava basıncı	2–10 VDC
AIW2	Rüzgâr yönü	2–10 VDC
AIW4	Nem	0–20 mA
AIW6	Sıcaklık	0–20 mA
AIW8	Rüzgâr hızı 1	0–20 mA
AIW10	Rüzgâr hızı 2 (kule üzerinde)	0–20 mA

2.4. PLC Yazılımı

Kurulan sistemde kullanılan Siemens PLC için Micro Win 4.0 versiyonlu PLC yazılım programı kullanılmıştır. Analog giriş kanallarına gelen rüzgârın kinetik enerjisi ile ilgili elektriksel sinyaller ilk olarak bu yazılımda Word büyüklüğündeki değişkenlere Tablo 2’deki gibi kaydedilmiştir. Bu Word içindeki dijital verinin reel sayı formatına çevrilmesi için Word, Double Word’e, sonra reel sayıya çevrilmiştir. Reel sayı formatındaki değer ölçeklendirme çarpanı ile ölçeklendirilerek gerçek değere çevrilmiştir.

2.5. SCADA Yazılımı

PLC’de işlenen verileri saklamak, kaydetmek, görselleştirmek ve grafiğini çizdirmek için FULTEK WinTr SCADA yazılımı kullanılmıştır. Bu program sayesinde meteoroloji direğinden alınan PLC’ye aktarılan ve burada işlenen tüm veriler görselleştirilebilmiştir. Hatta bu program sayesinde bilgisayar ortamında meteoroloji verilerinin 2019 yılına kadar kayıt edilmesi mümkün olacaktır. Ayrıca bu verilerin kullanılan program sayesinde Excel ortamına veya pdf ortamına aktarılması mümkün olmaktadır. Tablo 2’de kullanılan değişkenler PLC’de işlendiğinde en son aktarılan değişken adresleri Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. PLC’de işlenen verilerin en son aktarıldığı adresler

Analog girişler	Değişkenler	Son değişken adresi
AIW0	Hava basıncı	VD124
AIW2	Rüzgâr yönü	VD216
AIW4	Nem	VD312
AIW6	Sıcaklık	VD412
AIW8	Rüzgâr hızı 1	VD512
AIW10	Rüzgâr hızı 2 (kule üzerinde)	VD612

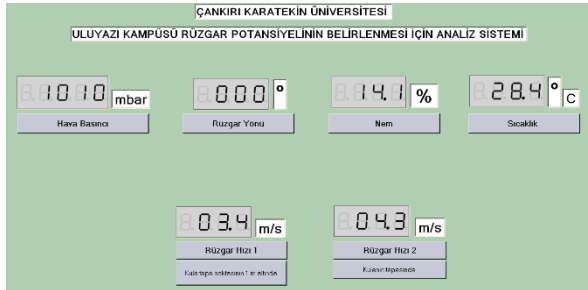
Tablo 3’deki bu veriler WinTr SCADA programında noktalı değişkenler olarak tanıtılmış ve kayıt edilmesi seçeneği programda işaretlenmiştir. Tümü historical yapılan bu değişkenler **Şekil 4’**deki gibi görselleştirilmiş ve kayıt altına alınmaya başlanılmıştır. Değişkenler için sayısal değerlerin gösterildiği, sayısal ve göstergelerin olduğu ve yalnızca grafiklerinin çizildiği SCADA sayfaları **Şekil 4a, b ve c’**deki gibi hazırlanmıştır. SCADA grafikler sayfasında bir bar çubuk yerleştirilmiş ve onunla yatay eksenle gösterilecek aralık ayarlanabilmektedir.

3. ALINAN SONUÇLAR VE TARTIŞMA

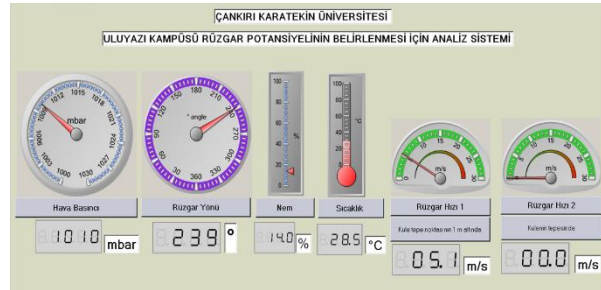
Gerçekleştirilen PLC ve SCADA yazılımları sayesinde meteoroloji direğinde bulunan algılayıcıların şimdiye kadar alınan değerleri **Şekil 4c’**de SCADA sayfası olarak verilmiştir. 2016 yılı Mart ve Nisan ayları arasındaki yaklaşık bir aylık bir zamanı kapsamaktadır. Bu alınan verilere göre Uluyazı Kampüsü nem değeri yaklaşık olarak %20 ile %80 aralığında ölçülürken, atmosfer basıncı da 1008-1015 mbar arasında değişim göstermiştir. Bu atmosfer basıncı değeri 1000 gibi bir değer olduğu için, diğer değerler grafikte fazla etkilemesin diye aynı grafikte gösterilmemiştir. Sıcaklık değeri geceleri en az yaklaşık 2°C civarına düşerken en yüksek sıcaklık değeri olarak da öğle vakitlerinde yaklaşık 27°C olarak ölçülmüştür.

Rüzgâr türbinlerinin kurulumlarında dikkat edilen en önemli göstergelerden biri olan rüzgâr hızında ise değişim yaklaşık olarak 22 m/s değerine kadar olmuştur. Bu değer yağmur öncesinde gerçekleşen bir fırtınada alınan değerdir. Bu rüzgâr hızı verileri uzun vadeli olarak toplanıldıktan sonra, analiz ve tahmin programları kullanılarak değerlendirilecektir. Verilerin alındığı günlere dikkat edildiğinde rüzgâr hızı öğle ve öğleden sonraki vakitlerde, artarken sabah ve gece vakitlerinde alınan değerler yaklaşık 1 m/s değerlerine kadar düşmüştür. Hatta hiç rüzgâr hızının olmadığı zamanlar grafiğe kaydedilmiştir.

Bu verilerin uzun süreli saklanması sayesinde, alınan verilerdeki artış bunların daha iyi değerlendirilmesi olanağını sunacaktır. Elde edilen veriler sayesinde ileride Uluyazı kampüsünün yıllık rüzgâr hızı dağılım grafiği çıkarılabilecektir. Ayrıca diğer atmosfer basıncı, nem, sıcaklık ve rüzgâr yönü istatistiklerinin çıkarılması da gerçekleştirilebilecektir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 4. (a) Sayısal göstergeler sayfası, **(b)** sayısal ve gösterge değerleri sayfası ve **(c)** proje gerçekleştirilmesine kadar alınan meteoroloji direği verileri grafiklerinin SCADA sayfası

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bir hava analiz sisteminde bulunması gereken tüm sensörler, küçük rüzgâr türbinleri için IEC 61400–12–1 güç performans test standardı referansına göre, Çankırı Karatekin Üniversitesi Uluyazı Kampüsü Mühendislik Fakültesi binasının çatısına kurulan meteoroloji direği sayesinde yerleştirilmiştir. Bu verilerin hepsi bir PLC yardımıyla işlenmiş ve FULTEK WinTr SCADA yazılımıyla da kayıt altına alınmaya başlanılmıştır. Bu sistem ile şimdiye kadar 2016 yılı Mart-Nisan ayları arasında yaklaşık bir aylık meteorolojik veriler kaydedilmiş ve kesintisiz bir şekilde kaydedilmeye devam edilmektedir. Alınan verilere bağlı olarak, Çankırı'nın Mart ve Nisan aylarında aldığı rüzgâr hızına dikkat edilirse anlamlı bir rüzgâr hızının elde edildiği ölçümler sonucunda görülmüştür. Ama bu rüzgâr hızının bu hızlardan daha yüksek hızlara ulaşması, Çankırı ilinin rüzgâr hızı dağılımı düşünüldüğünde, fırtınalı günler haricinde pek öngörülmemektedir. Çünkü rüzgâr hızları İlkbahar ve Sonbahar aylarında Çankırı'da yüksek olmaktadır.

Bu rüzgâr hızı verilerinin biriktirilmesi Uluyazı Kampüsünün yıllara göre rüzgâr hızı dağılımının belirlenmesine olanak sağlayacaktır. Bunun yanı sıra bu meteoroloji direği ve ilave ekipmanlar ile bu sistemin küçük rüzgâr türbinlerinin güç performans

analizlerinin yapılmasını sağlayabilecek bir formata kavuşturulması bilimsel araştırma birimine sunulması düşünülen bir başka proje ile gerçekleştirilecektir.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Çankırı Karatekin Üniversitesi Proje Yönetim Birimi tarafından MF 050315B14 nolu proje ile desteklenmiştir.

REFERANSLAR

- B. Dursun, C. Gokcol, "Impacts of the renewable energy law on the developments of wind energy in Turkey," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 40, pp. 318-325, 2015.
- E. Erdogdu, "On the wind energy in Turkey," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol.13, pp. 1361-1371, 2009.
- K. Kaygusuz, "Wind energy status in renewable electrical energy production in Turkey," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol.14, pp. 2104-2112, 2010.
- R. T. Ogulata, "Energy sector and wind energy potential in Turkey," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol.7, pp. 469-484, 2003.
- Ö. P. Arslan, Y. Arkan, M. Y. Erten, E. Çam, "Kırıkkale Üniversitesi'ne kurulacak olan rüzgar türbini için enerji ve maliyet analizinin yapılması," *Kırıkkale Üniversitesi Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, vol. 6, pp. 1-5, 2014.
- A. Oztopal, A. D. Sahin, N. Akgun, Z. Sen, "On the regional wind energy potential of Turkey," *Energy*, vol.25, pp. 189-200, 2000.
- M. Tukenmez, E. Demireli, "Renewable energy policy in Turkey with the new legal regulations," *Renewable Energy*, vol.39, pp. 1-9, 2012.
- I. Yuksel, H. Arman, "Energy and environmental policies in Turkey," *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, vol.9, pp. 57-69, 2014.
- H. Mamur, "Design, application, and power performance analyses of a micro wind turbine," *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, vol.36, pp. 1-19, 2014.
- H. Mamur, I. Topaloglu, F. Korkmaz, M. Ari, İ. Atacak, "Design and experimental analysis for reduction of cogging torque by pole shifting in permanent magnet synchronous generator," *Elektronika ir Elektrotehnika*, vol.20, pp. 39-43, 2014.
- H. Mamur, M. Ari, F. Korkmaz, I. Topaloglu, , "The importance of supervisory control and data acquisition systems for wind turbines," in *Proc. of the UNITEC'13*, vol.1, pp. 121-126, 2013.
- O. Arslan, "Techno economic analysis of electricity generation from wind energy in Kutahya, Turkey," *Energy*, vol.35, pp. 120-131, 2010.
- S. A. Akdag, O. Guler, "Evaluation of wind energy investment interest and electricity generation cost analysis for Turkey," *Applied Energy*, vol.87, pp. 2574-2580, 2010.
- C. Ilkic, "Wind energy and assessment of wind energy potential in Turkey," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol.16, pp. 1165-1173, 2012.
- C. Ilkic, H. Aydin, R. Behcet, "The current status of wind energy in Turkey and in the world," *Energy Policy*, vol.39, pp. 961-967, 2011.
- <http://www.eie.gov.tr/YEKrepa/CANKIRI-REPA.pdf> (26.3.2016 tarihinde ulaşıldı).
- I. Colak, S. Sagioglu, M. Yesilbudak, "Data mining and wind power prediction: a literature review," *Renewable Energy*, vol.46, pp. 241-247, 2012.
- I. Colak, S. Sagioglu, M. Demirtas, M. Yesilbudak, "A data mining approach: analyzing wind speed and insolation period data in Turkey for installations of wind and solar power plants," *Energy Conversion and Management*, vol.65, pp. 185-197, 2013.
- H. Yumak, T. Ucar, S. Yayla, "Wind energy potential on the coast of Lake Van," *International Journal of Green Energy*, vol.9, pp. 1-12, 2012.
- B. Yuksel, E. Ates, "Determining Balıkesir's energy potential using a regression analysis computer program," *Journal of Renewable Energy*, vol.?, pp. 1-8, 2014.

- F. Kose, M. H. Aksoy, M. Ozgoren, "An assessment of wind energy potential to meet electricity demand and economic feasibility in Konya, Turkey," , International Journal of Green Energy, vol.11, pp. 559-576, 2014.
- L. Ozgoren, "Investigation of wind energy potential of Muradiye in Manisa, Turkey," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol.14, pp. 3232-3236, 2010.
- N. Y. Aydin, E. Kentel, S. Duzgun, "GIS-based environmental assessment of wind energy systems for spatial planning: a case study from Western Turkey," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol.14, pp. 364-373, 2010.
- A. Demiroren, U. Yilmaz, "Analysis of change in electric energy cost with using renewable energy sources in Gokceada, Turkey: an island example," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol.14, pp. 323-333, 2010.
- B. Dursun, C. Gokcol, "Economic analysis of a wind-battery hybrid system: an application for a house in Gebze, Turkey, with moderate wind energy potential," Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences, vol.20, pp. 319-333, 2012.
- C. Acikgoz, "Renewable energy education in Turkey," Renewable Energy, vol.36, pp. 608-611, 2011.
- A. Karabulut, E. Gedik, A. Kecebas, M. A. Alkan, "An investigation on renewable energy education at the university level in Turkey," Renewable Energy, vol.36, pp. 1293-1297, 2011.
- E. Toklu, "Overview of potential and utilization of renewable energy sources in Turkey," Renewable Energy, vol.50, pp. 456-463, 2013.
- Y. Karatepe, S. V. Nes, A. Kecebas, M. Yumurtaci, "The levels of awareness about the renewable energy sources of university students in Turkey," Renewable Energy, vol.44, pp. 174-179, 2012.
- I. Colak, R. Bayindir, G. Fulli, I. Tekin, K. Demirtas, C. F. Covrig, "Smart grid opportunities and applications in Turkey," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol.33, pp. 344-352, 2014.
- K. Baris, S. Kucukali, "Avability of renewable energy sources in Turkey: current situation, potential, government policies and the EU perspective," Energy Policy, vol.42, pp. 377-391, 2012.
- M. Durak, Z. Sen, "Wind power potential in Turkey and Akhisar case study," Renewable Energy, vol.25, pp. 463-472, 2002.
- S. Kucukali, C. Dinckal, "Wind energy resource assessment of Izmit in the West Black Sea Coastal Region of Turkey," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol.30, pp. 790-795, 2014.