



Küresel Mühendislik Çalışmaları Dergisi (Journal of Global Engineering Studies)

Rüzgar Hız ve Yön Ölçüm Sistemi Tasarımı ve SWOT Analizi

Wind Speed and Direction Measurement System Design and SWOT Analysis

Doç. Dr. Veli TÜRK MENOĞLU¹, Halil ULUTAŞ², Muharrem ATASORKUN³

¹Ordu Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Altınordu, Ordu

turkmen67@hotmail.com

²Ordu Üniversitesi Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalı

ulutas55@gmail.com, atasorkun@gmail.com

ÖZET

Rüzgar enerjisi son yıllarda en güncel enerji formu olarak dikkat çekmektedir. Rüzgar gücü, hızın küpüyle orantılı olduğu için ölçümde yapılan hata maddi olarak çok yüksek oranlara çıkabilir.

Bu çalışmada, uygun maliyetli rüzgar hız ve yön ölçüm sistemi tasarlanmış ve bu sistemin SWOT analizi gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan ölçüm sisteminin benzerleri piyasada bulunmaktadır. Ancak tasarımı gerçekleştirilen sistemin en büyük özelliği, maliyetinin benzerlerine oranla daha düşük olmasıdır. Esnek programlama mantığı ile tasarlanan sistem mikrodenetleyici kontrollü elektronik kart, sensor sürücü devre kartı vasıtası ile bir bilgisayarla haberleşebilmektedir. İstenilen zaman aralıklarında rüzgarın hızını, yönünü, saat ve tarihini veritabanına kayıt edebilmektedir. Ayrıca istendiğinde bilgisayar vasıtası ile bir sunucuya bağlanabilmektedir. Bilgisayarda toplanan veriler istenilen tarihler arası tüm hız ve yön değerlerini, ortalama değerlerini ister grafiksel olarak istenirse data olarak görüntülenip, analizleri yapılabilmektedir. Sistem geliştirilmeye açık olup sadece yazılım değişikliği ve birkaç bağlantı ile bir rüzgar türbinin istenilen hız aralıklarında çalışmasını veya durmasını sağlayıp, kalibrasyon yapılabilir. Tasarlanan sistem 15m yüksekliğinde bir direğe, standartlara uygun olarak montajı yapılarak geçerliliği test edilmiştir.

Son olarak, tasarımı gerçekleştirilen sistemin benzerlerine göre güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditlerin değerlendirildiği SWOT analizi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Rüzgar ölçümü, rüzgar enerjisi, anemometre

ABSTRACT

Wind energy has been standing out as the most living form of energy in recent years. The measurement error may step out to high rates materially because power of wind is proportionate to cube of speed.

In this study, the cost of wind speed and direction measurement system is designed and SWOT analysis of this system are realized. Analogues of it are on the market nowadays. But the most magnificent feature of this design is lower at cost when it's compared to others. The system which is designed with flexible programming logic can communicate with a computer by a micro-controller electronic and a censor driver period card. It can record the speed, way, time and date of the wind to the database in intended time intervals. Also, on demand, it can connect to a server by a computer. The collected data on the computer can display all the speed and way rates, average rates graphically as datas and analyze them. System is open to progressing in addition to that it can supply running, ceasing and calibrate wind turbines at demanding speed just with a change of software or a few connection. The design has been tested by assembling to a post which is 15 metres high in accordance with standards.

In the last section, the design strengths than the other systems is performed, weaknesses, opportunities and threats are considered as SWOT analysis was carried out.

Keywords: Wind measurement, wind energy, wind türbine, anemometer

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun, kentleşmenin ve sosyal hayattaki refah düzeyinin artması, sanayileşmenin hızlı bir gelişme göstermesi ve yeni teknolojilerin kullanıma sunduğu makine-araç çeşitlenmesi gibi faktörler enerji sektörünü günümüzün en önemli sektörlerinden biri haline getirmiştir.

Günümüzün geleneksel enerji üretim ve tüketim teknolojilerinin insan, çevre ve doğal kaynaklar üzerinde yerel, bölgesel ve küresel seviyede olumsuz etkilere neden olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, enerjinin çevreye zarar verilmeden üretilmesi ve tüketilmesi amacı ön plana çıkmıştır. Ülkeler özellikle sıfır salımı olan “Yenilenebilir Enerji Kaynakları”nı güvenilir, ekonomik, kaliteli ve serbest piyasa mekanizması ile şartlarını zorlamadan ekonomiye kazandırılmasına, enerji üretim teknolojilerini bu yönde geliştirmeye, üretimi ile tüketimini teşvik edici çeşitli politikaların oluşturulmasına ve strateji belgelerinin hazırlanmasına hız vermişlerdir.

Hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyogaz, dalga, akıntı, gel-git ve hidrojen fosil esaslı olmayan ve dünya var oldukça kendisini yenileyen yani tükenmeyen enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynakları; coğrafi olarak çok geniş alanlarda bulunabilmekte, yerel ve modüler

olarak istenilen miktarda enerji talebini karşılayacak şekilde kullanılabilen ve daha çok kırsal ve dağınık yerleşim birimlerinin enerji talep yapısıyla uyum göstermektedir.

Enerji kaynaklarımızı çeşitlendirmek ve kaynak temini konusunda mümkün olduğunca dışa bağımlılığımızı minimize etmek bakımından yenilenebilir enerji kaynaklarımızın kullanım oranlarının artırılması oldukça önemlidir.

Türkiye, rüzgâr enerjisi bakımından zengin bir ülkedir. Ancak Türkiye ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisinin tamamını karşılayacak durumda iken henüz bu potansiyelin çok az kısmını kullanabilmektedir. Bazı Avrupa ülkelerine baktığımız zaman yıllık enerji ihtiyacının yaklaşık %20 sini rüzgâr enerjisinden sağlamaktadır. Bu tür çalışmaların artması dışa bağımlılığı ve üretim giderlerini azaltarak ülkelerin ekonomilerine büyük bir katkıda bulunacaktır.

Rüzgâr enerjisi gibi enerji kaynaklarımızın tamamının değerlendirilmesine yönelik bilgi ve güvenilir verilere dayalı çalışmaların hızlanması ve özellikle temiz enerji teknolojilerinin ülkelerin ekonomilerine kazandırılmasının bir zorunluluk olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada, birer saniyelik periyotlarla, rüzgar hızı, rüzgar yönü, sıcaklık, basınç ve bağıl nem verilerini ölçerek, yine birer saniyelik periyotlarla, bilgisayarda hazırlanan veri tabanına aktaran mikrodenetleyici kontrollü bir ölçüm sistemi tasarlanmıştır. Sensörleri monte etmek için, ölçüm direğine, metal profillerden oluşan bir platform, IEC 61400-12-1 standardına uygun olarak tasarlanmıştır. Aynı zamanda, bilgisayarda depolanan verileri analiz edip, grafiklerini çıkaran bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Ölçülen tüm veriler internette bir sunucuya otomatik olarak aktarılmaktadır.

Tasarımı yapılarak uygulanan ölçüm sistemi sayesinde, sistemin kurulduğu lokasyondaki rüzgar hızı, rüzgar yönü, hava yoğunluğu, hava sıcaklığı, nem, basınç değerleri ve analiz grafikleri internet erişimi bulunan herhangi bir yerden izlenebilmektedir [1].

Bu çalışmada, ölçüm istasyonunun kurulacağı alanda rüzgâr enerjisinin tercih edilecek zaman aralığına göre dağılımını uygun maliyetle saptayıp, sonraki çalışmalar için veri tabanı oluşturulacaktır.

Rüzgâr hızını ölçmek amacıyla bir anemometre çıkışında devir sayısına bağlı olarak elde edilen değerleri, ölçüm değerleri olarak bilgisayarın seri portuna aktaran ve istenilen zaman aralıklarıyla bilgisayarda hazırlanan veritabanına kaydeden bir çalışma yapılmıştır.

Çalışmanın son bölümünde tasarımını gerçekleştirdiğimiz sistemin güçlü ve zayıf yönleri ile fırsatlar ve tehditlerin incelendiği SWOT analizi gerçekleştirilmiştir.

2. RÜZGAR ÖLÇÜM SİSTEMLERİ

Rüzgâr enerjisi, güneş radyasyonunun yer yüzeylerini farklı ısıtmasından kaynaklanır. Yer yüzeylerinin farklı ısınması, havanın sıcaklığının, neminin ve basıncının farklı olmasına, bu farklı basınç da havanın hareketine neden olur. Güneş enerjisinin dünya yüzeyine ulaşan kısmının yaklaşık %2'si rüzgâr enerjisine çevrilir [2]. Dünya yüzeyi düzensiz bir şekilde ısınır ve soğur, bunun sonucu atmosferik basınç alanları oluşur, yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına doğru hava akışı olur ve böylelikle rüzgâr oluşur [3].

Rüzgâr enerjisinin doğada mevcut olan haline doğal potansiyel denir. Doğal potansiyelin tamamı elektrik enerjisi üretimi için kullanılamaz. Bunun bilinen teknolojik yöntemlerle elektrik enerjisine dönüştürülebilen kısmına teknik potansiyel denir. Teknik potansiyelin tamamını da kullanmak mümkün değildir. Çünkü bazı bölgelerdeki rüzgâr enerjisini elektrik enerjisine çevirmek kolay ve düşük maliyetlidir, bazı bölgelerde ise zor ve maliyeti yüksektir. Rüzgâr enerjisi teknik potansiyelinin elektrik enerjisine çevrilmesi sırasındaki maliyetinin diğer enerjilerin üretim maliyetlerine oranla daha düşük olan kısmına da ekonomik potansiyel adı verilir [1].

Greenpeace ve Avrupa Rüzgâr Enerji Birliği tarafından 2004 yılında yayınlanan “Wind Force 12” isimli rapora göre dünyadaki rüzgâr enerjisinin teknik potansiyeli 53000TWh/yıl olarak belirtilmiştir [4].

Avrupa Birliği ülkelerinin tamamının karasal alanlarını kapsayan, 2030 yılı tahmini, erişilebilecek rüzgâr enerjisi teknik potansiyeli 45000TWh/yıl, denizel alanların teknik potansiyeli de 30000TWh/yıl olarak hesaplanmıştır [5].

2.1. Rüzgâr Çeşitleri

Yüzey Rüzgârları yeryüzünden yaklaşık 100 m yükseklik içerisinde oluşur ve yeryüzünden çok etkilenirler. Yerel Rüzgârlar (dağ, vadi rüzgârları) belli bir alanda baskın rüzgârları belirlemede önemlidir ve büyük ölçekli rüzgârlara katkıda bulunurlar. Deniz meltemi, gündüz daha çabuk ısınan kara üzerindeki havanın yukarı doğru çıkmasıyla oluşan alçak basınçtan dolayı deniz üzerindeki havanın karaya doğru hareket etmesiyle oluşur. Kara meltemi, gece ise kara denizden daha soğuk olduğu için havanın karadan denize doğru hareketiyle oluşur. Jeostrofik Rüzgar, sıcaklık farklılıklarıyla nedeniyle oluşan basınç farkından oluşur, yeryüzünün şeklinden etkilenmediği varsayılır, bu rüzgarın oluştuğu yükseklik yaklaşık olarak 1000 m olduğu için hava balonları kullanılarak ölçümü yapılır [8],[Tablo1].

Tablo 1 Genel Olarak Rüzgarların Sınıflandırılması [9]

Sürekli Rüzgarlar					Süreksiz Rüzgarlar		
Alize R.	Kontr-Alize R.	Muson R.	Meltem R.		Föhn R.	Siklon R.	Antisiklon R.
			Kara ve Deniz M.	Dağ ve Vadi M.			

Coriolis kuvvetleri nedeniyle oluşan hakim rüzgar yönlerinin çeşitli enlemlere göre gösterdiği değişim Tablo 2’de belirtilmiştir [10].

Tablo 2 Enlemlere Göre Hakim Rüzgar Yönü (Karadeniz, Z., 2002, s.15)[11].

Enlem	90-60 ⁰	60-30 ⁰	30-0 ⁰	0-30 ⁰	30-60 ⁰	60-90 ⁰
	Kuzey	Kuzey	Kuzey	Güney	Güney	Güney
Rüzgar Yönü	Kuzey-Doğu	Güney-Batı	Kuzey-Doğu	Güney-Doğu	Kuzey-Batı	Güney-Doğu

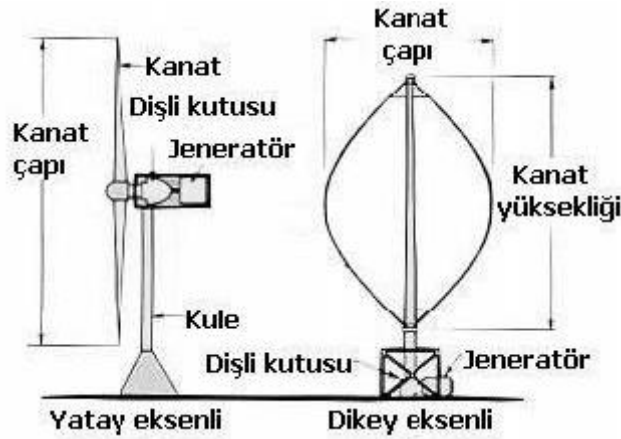
2.2. Rüzgâr Ölçümleri

Rüzgâr hızının ölçülmesinde kullanılan ölçü aletine anemometre denir. Kap, ultrasonik ve lazer anemometre olarak sınıflandırılabilir. Ölçümlerde genel olarak kap anemometre kullanılır. Kap anemometre düşey bir eksene ve 3 tane kaba sahiptir. Bu kaplar ile rüzgar yakalanır. Mekanik anemometrelerin dezavantajı elektronik olanlara göre buzlanmaya karşı daha hassas olmalarıdır.

Rüzgâr ölçüm analizleri yapmak, Rüzgâr tarlası verimini hesaplamak, Rüzgâr türbinlerinin mikro yerleşimini tasarlamak, güç üretimi hesaplamalarını yapmak için bazı programlarda kullanılır. WAsP Programı “The Wind Atlas Analysis and Application Program” yani “Rüzgâr Atlası Analize Uygulama Programı” rüzgâr hız ve yön bilgilerinin, Rüzgâr gözlem istasyonu çevresindeki engellerin, arazi yüzey pürüzlülüğünün ve arazinin topografik özelliklerinin birlikte değerlendirilmesinden yola çıkarak, bölgesel rüzgâr atlas istatistiklerinin ve enerji potansiyelinin belirlenmesinde kullanılır [13]. Bu programda tahmin edilen veya hesaplanan güç üretimi değerleri, aynı bölgede veya yakın bölgelerde ölçülen rüzgâr verilerine dayanır [13]. WindPro 2 programı ise bir rüzgâr çiftliği alanının optimizasyonu, rüzgâr verilerine göre kurulabilecek rüzgâr çiftliğinin veya tesisinin kapasitesini, bu tesisin fizibilitesini bilgisayar ortamında kullanıcıya sunan bir programdır [14]. SURFER programı ise rüzgâr potansiyeli olan bölgelerin haritalarının oluşturulduğu, grid (enlem ve boylam çizgileri) çizgilerinin oluşturulduğu, yükseltilere ve yer şekillerine göre yüzey haritalarının çıkarıldığı programdır [12]. Bu programlar kullanılarak, rüzgâr çiftliklerinin kurulabileceği alanlar için, potansiyel belirleme çalışmaları yapılmaktadır. [15].

2.3. Rüzgâr Türbinleri

Rüzgar türbinleri, atmosferdeki sıcaklık farkından oluşan rüzgarların kinetik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren mekanizmalardır [16]. Rüzgar türbinleri, dönme eksenlerine göre yatay ve düşey eksenli olmak üzere ikiye ayrılırlar [Şekil 1].



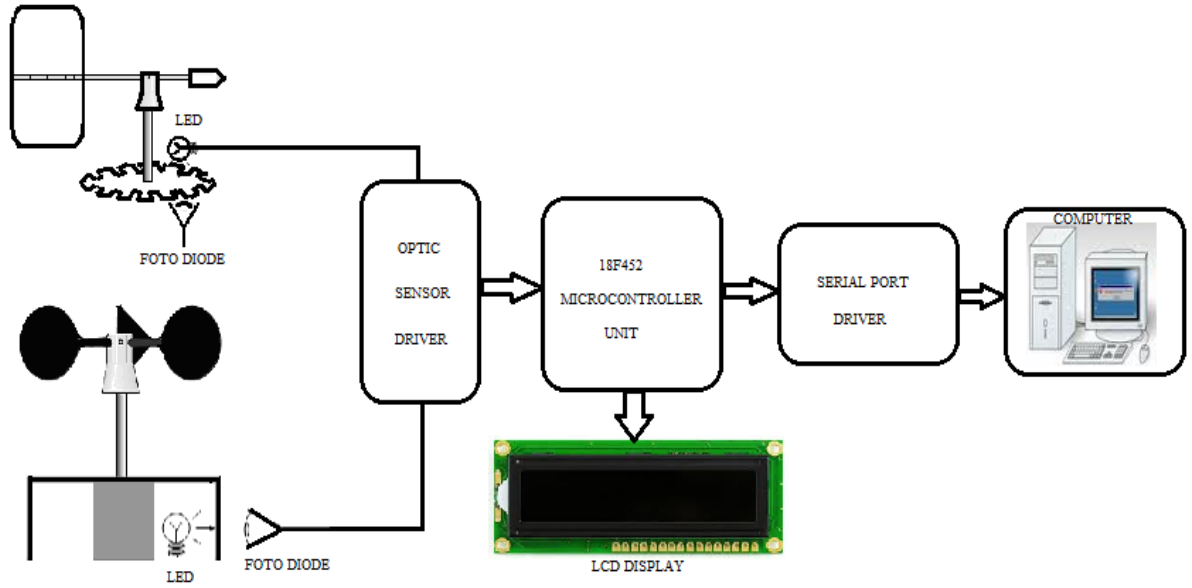
Şekil 1 Yatay ve Dikey eksenli rüzgâr türbinlerinin kabaca yapıları [17]

Yatay eksenli rüzgar türbinlerinde, türbin ana mili konumu rüzgar esme yönüne paraleldir. Bu tarz türbinler, ticari enerji üretimi alanında kullanılırlar. Türbin rotoru, rüzgârı en iyi alabilecek şekilde döner bir tabla üzerine yerleştirilmiştir. Böylelikle, türbinin her an rüzgara bakması sağlanır. Yatay eksenli rüzgar türbinleri, tek, iki, üç yada çok kanatalı olarak tasarlanabilmektedirler.

Kanatlar rüzgar enerjisini hareket enerjisine dönüştürür ve bu enerji, türbin ana mili üzerinden bir dişli kutusu vasıtasıyla jeneratöre iletilir. Jeneratör, stator ve rotor arasında elektrik enerjisine dönüştürür. Şekilde görülen ana milin görevi kanatları taşımaktır. Kanat flanşı ve kanat motoru, kanadın uygun açısını ayarlar. Rüzgar ölçüm sensöründen gelen bilgiler doğrultusunda, kabin motoru kabini çevirir [17].

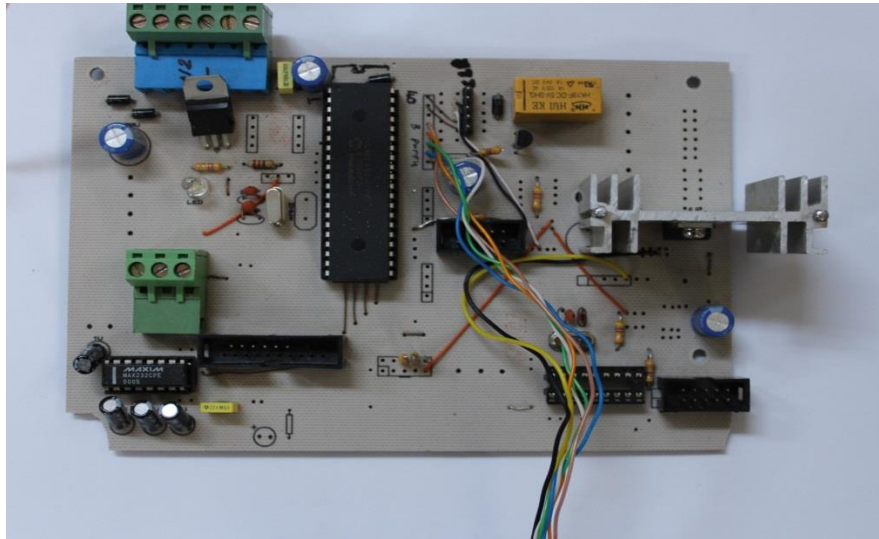
3. MATERYAL METOD

En yaygın anemometre çeşitleri olarak kepçe, ultrasonik ve propeller anemometre kullanılmaktadır. Rüzgar türbini ve meteorolojik hız ölçümlerinin tamamına yakını kepçeli anemometreler ile yapılmaktadır. Bu yüzden bizim çalışmamızda da kepçeli anemometre kullanılan bir sistem tasarlanmıştır. Sistem için tasarlanan elektronik kart küçük eklemelerle radyo frekans ile kablosuz haberleşme modülü, istenilen hız ve yön değerlerine göre istenilen herhangi bir cihazı, motoru, rüzgar türbini firen, yön kontrolü gibi bir çok işlem yapabilecek şekilde tasarlanmıştır. Bunun için kart üzerinde boş bırakılan portlara küçük eklemeler ve programda değişiklikler yapmak yeterlidir.



Şekil 2 Ölçüm Sisteminin Blok Şeması

Ekonomik hız ve yön tespit sistemi ölçümünde optik sensörler kullanılmıştır. Ölçüm için optik sensörlerin kullanıldığı bir encoder tasarlanmıştır. Şekil 2’de blok diyagramı görülen ölçüm sisteminde rüzgar hız ve yön sensörlerinden optik sensör sürücü katına gelen bilgiler mikrodenetleyicili kontrol ünitesine gönderilir. Mikrodenetleyici bu bilgileri alarak içerisinde bulunan program sayesinde hız ve yön hesabını yapmaktadır. Hesaplamadan çıkan sonuçlar anlık olarak hem LCD displaye hem de bilgisayara gönderilmektedir. Bilgisayara gelen bu veriler bir dakika ile 60 dakika arasında seçilen aralıklarla kayıt yapılmaktadır. Ölçüm sistemi için tasarlanan elektronik kontrol kartı Şekil 3’te gösterilmiştir.

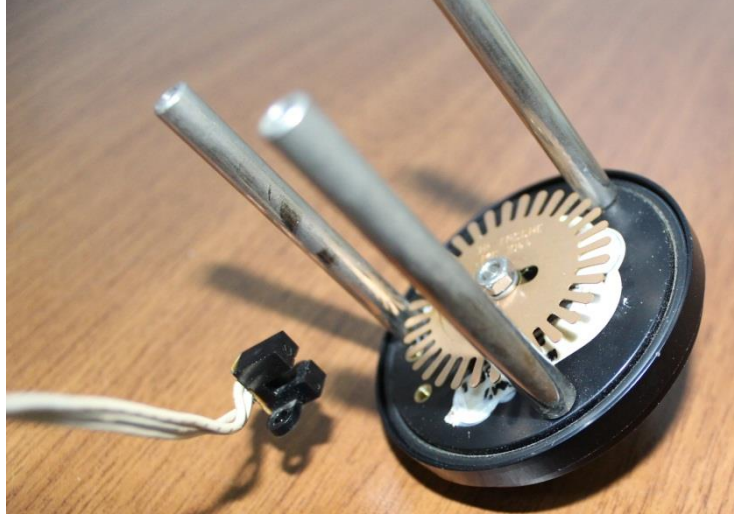


Şekil 3 Elektronik Kontrol Kartı

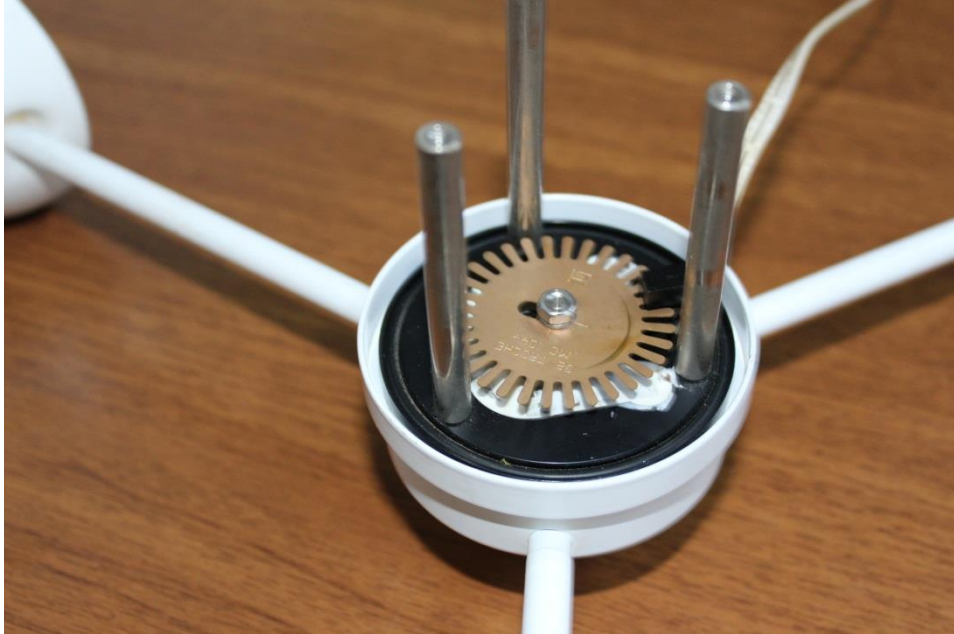
3.1. Tasarlanan Sistemde Hız ve Yön Ölçümü

3.1.1. Hız Ölçümü

Hız ölçümünde Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6’te görüldüğü gibi 32 yarıkli dairesel bir levha ve bir adet optik sensör kullanılmıştır. Aslında hız tek yarık ile de ölçülebilirdi. Ancak yarık sayısının 32 adet olması hız ölçüm hassasiyetini artırmak için düşünülmüştür. Aslında bu tasarım basit fakat hatasız çalışan bir encoder tasarımıdır.



Şekil 4 Hız Ölçümü İçin Optik Sensör Montajı



Şekil 5 Hız Ölçümü İçin Optik Sensör Montajı



Şekil 6 Hız Ölçümü İçin Optik Sensör Montajı

Kepeçlerle birlikte dönen 32 yarıkli çarktan optik sensörün aldığı binary bilgiler optik sensör sürücü devresi vasıtası ile 18F452 microdenetleyicinin B portunun 0. pinine göndermektedir. Microdenetleyici ise bu bilgiyi alarak PIC BASIC PRO programı ile yazdığımız ve microdenetleyiciye yüklediğimiz bir program vasıtası ile hız hesabını yapmaktadır.

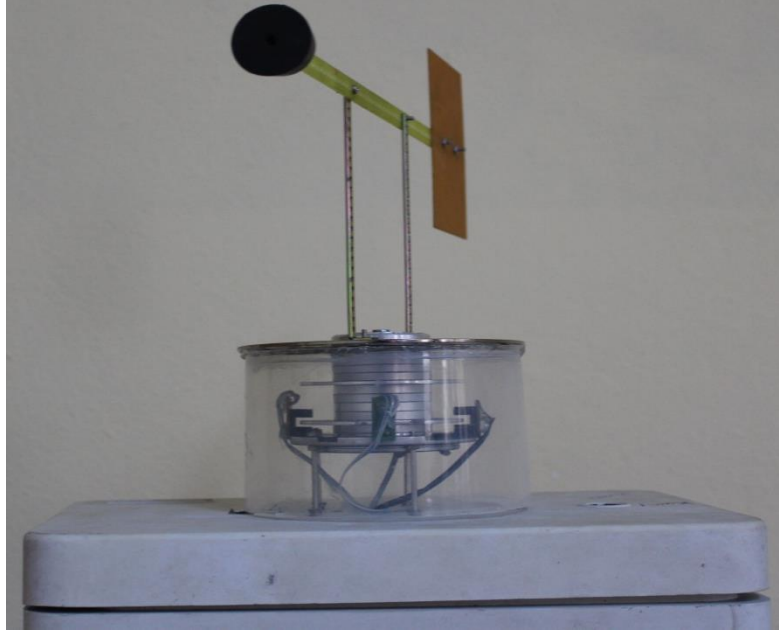
3.1.2. Yön Ölçümü

Yön ölçüm sistemi 8 yöne göre Şekil 7'deki gibi tasarlanmıştır. Sistem aslında 90 derecelik açılarla dairesel bir diske yerleştirilmiş dört adet optik sensörden oluşan bir enkoder sistemidir.

Sensörlerden alınan binary bilgiler optik sensör sürücü devresi vasıtası ile mikrodenetleyicinin B portunun 0.,1.,2.,3. pinlerine gönderilir. Mikrodenetleyici bu bilgileri alarak Tablo 3'teki gibi kodlayarak sonucu LCD displaye ve bilgisayara göndermektedir.

Tablo 3 Yön Kodları ve Yönler

Sensörlerden Gelen Kodlar	Yönler
1101	Kuzey
0010	Kuzey Doğu
1011	Doğu
1000	Güney Doğu
0111	Güney
0001	Güney Batı
1110	Batı
0101	Kuzey Batı



Şekil 7 Yön Sensörü

3.2. Bilgisayar Haberleşmesi ve Arayüz İşlemleri

Mikrodenetleyicinin C portunun 6. ve 7. pinleri seri haberleşme portlarıdır. Bu portlar kullanılarak ölçüm değerleri max232 entegre devresinin kullanıldığı seri port modülü vasıtasıyla anlık olarak bilgisayara gönderilmektedir.

3.2.1. Parametre Ekran Ayarı

Sistem üzerinden verilerin alınıp gerekli ölçümlerin yapılabilmesi için Visual Studio 2010 programında Visual Basic.Net kodlama diliyle görsel arayüz tasarlanmıştır. Hazırlanan arayüzün ilk ekranında Şekil 8’de görüldüğü üzere verilerin iletilmesi için gerekli olan modüllerle bağlantıları sağlayacak ayarların yapıldığı ekran oluşturuldu. Bu ekranda mikroişlemci ünitesine bağlantı, alınan verilerin bilgisayarda oluşturulan veritabanına hangi zaman aralıkları ile kaydedileceği ve alınan bilgilerin görüntüleneceği alanlar mevcuttur.

BAĞLANTI KAYITLI VERİLER VERİ ANALIZI

Seri Port (RS232) Bağlantı Durumu

Seri Port: İletişim Hızı(BAUD): 9600 (bit/sn) Veri Uzunluğu: 8

...: Anlık Veriler ...

HIZ: -- km/h

YÖN: **Yön Bilgisi Alınmıyor**

...: Bağlantıyı Başlat ...

...: Bağlantıyı Kes ...

Bağlantı Durumu : **Pasif**

...: Port Yenile ...

...: Veri Kayıt Ayarları ...

Kayıt Zamanı : 1 Dakika Aralıklarla Kayıt Yap. ...: Değişikliği Kaydet ...

Sistem şuanda : 1 dakika aralıklarla kayıt yapmaktadır.

Şekil 8 Veri Kayıt Ayar Ara Yüzü

3.2.2. Kayıtlı Verilerin Listelenmesi

Veri tabanına kaydedilen “Ölçüm Tarihi, Ölçüm Saati, Rüzgar Hızı, Rüzgar Yönü” verilerinin istenildiğinde görüntüleneceği ekran Şekil 9’da görüldüğü gibidir.

BAĞLANTI KAYITLI VERİLER VERİ ANALIZI

...: KAYITLARI LİSTELE ...

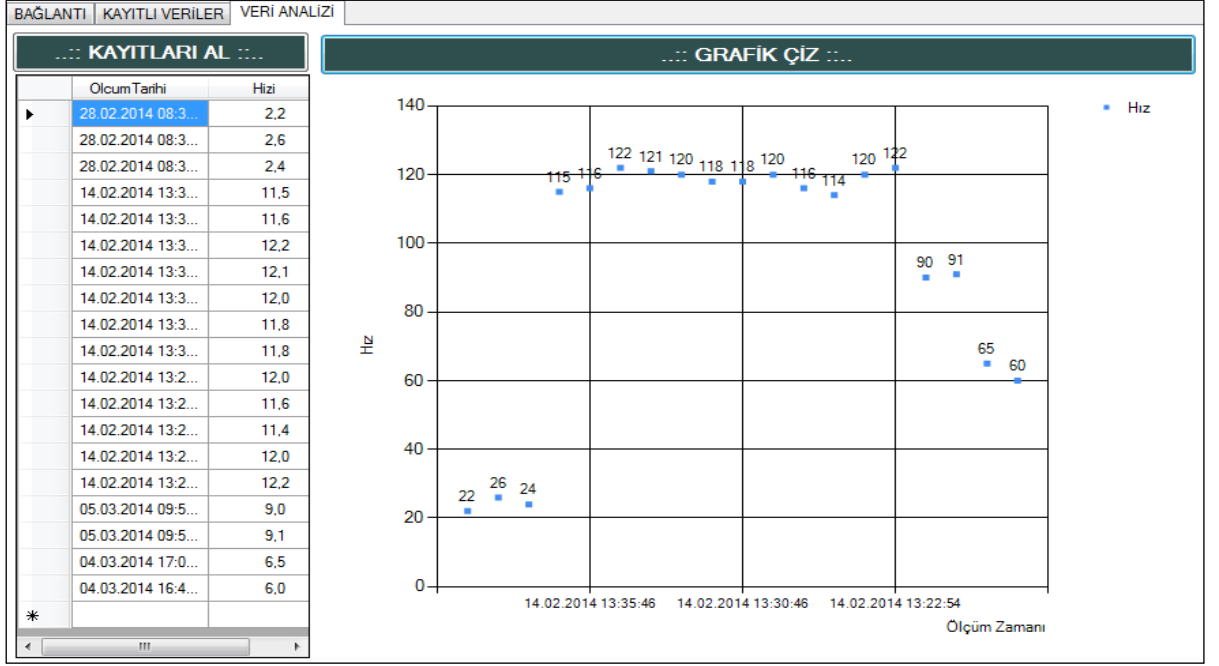
...: KAYITLARI SİL ...

KAYIT NO	ÖLÇÜM TARİH-SAATI	RÜZGAR HIZI	RÜZGAR YÖNÜ
1295	28.02.2014 08:36:13	2,2	GUNEY-DOĞU
1294	28.02.2014 08:35:13	2,6	DOĞU
1293	28.02.2014 08:33:52	2,4	DOĞU
1292	14.02.2014 13:36:46	11,5	KUZZEY
1291	14.02.2014 13:35:46	11,6	KUZZEY
1290	14.02.2014 13:34:46	12,2	KUZZEY
1289	14.02.2014 13:33:46	12,1	KUZZEY
1288	14.02.2014 13:32:46	12,0	KUZZEY
1287	14.02.2014 13:31:46	11,8	KUZZEY
1286	14.02.2014 13:30:46	11,8	KUZZEY
1285	14.02.2014 13:29:46	12,0	KUZZEY-BATI
1284	14.02.2014 13:28:46	11,6	KUZZEY
1283	14.02.2014 13:27:46	11,4	KUZZEY
1282	14.02.2014 13:26:56	12,0	KUZZEY
1281	14.02.2014 13:22:54	12,2	KUZZEY
1299	05.03.2014 09:55:16	9,0	BATI
1298	05.03.2014 09:54:19	9,1	BATI
1297	04.03.2014 17:05:29	6,5	KUZZEY-BATI
1296	04.03.2014 16:46:30	6,0	KUZZEY-BATI

Şekil 9 Verilerin Listelenmesi

3.2.3. Verilerin Analizi

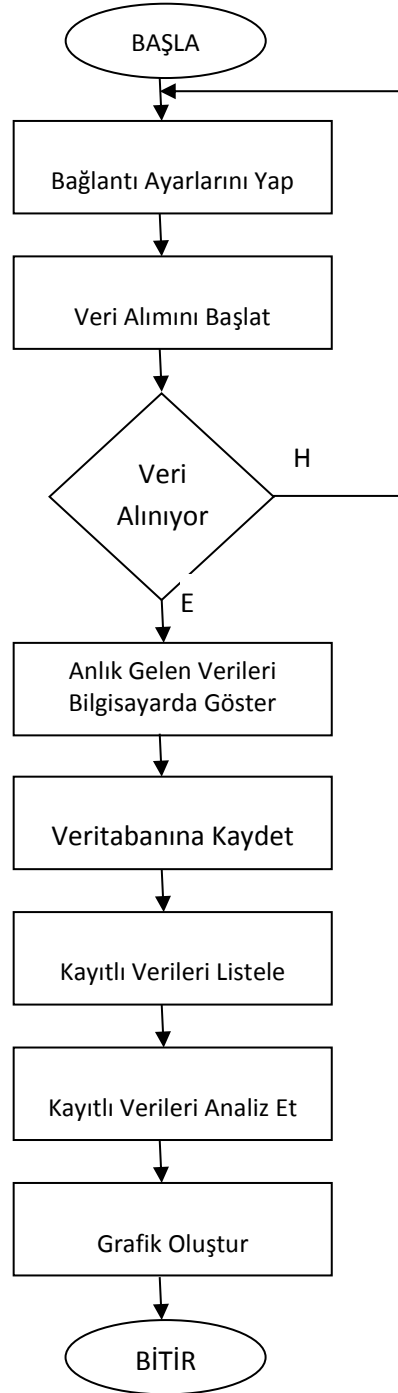
Şekil 10’da ise veri tabanına kaydedilmiş verilerin grafik üzerinde analizinin yapılmasının sağlandığı ekrandır.



Şekil 10 Verilerin Analizi ve Grafiği

3.2.4. Programın Akış Diyagramı

Tüm modülleri birbirine bağlandıktan sonra Şekil 11’de verilen akış diyagramına göre veriler bilgisayara aktarılarak veri tabanında kaydedilmesi sağlanır.



Şekil 11 Program Akış Diyagramı

3.3. Ölçüm Sisteminin Montajı

Sistemde kullanılacak anemometrelerin montajdan önce dünyaca kabul görmüş enstitülerin rüzgâr tüneline kalibre edilmesi gerekmektedir.

Hız sensörü ise 1 metre uzunluğunda bir yan kol ile yön sensörünün altına Şekil 12'deki gibi monte edilmiştir.



Şekil 12 Ölçüm Sisteminin Yan Kol Montajı

Elektronik kontrol devresi su geçirmez bir kutuya montajlanmıştır. Montaj işlemleri standartlara uygun ölçüler ile yapılmıştır. Rüzgâr hız ve yön sensörü 10 metre yüksekliğinde bir direğin üzerine Şekil 13'te gösterildiği gibi montajı yapılmıştır.



Şekil 13 Ölçüm Sisteminin Ölçüm Direğine Montajı

3.4. Ölçüm Sisteminin Maliyeti

Tablo 2 Maliyet Tablosu

Malzeme	Maliyet Fiyatı
Kablolar ve Konnektörler	100 TL
Elektronik Kart ve Devre Elemanları	100 TL
Kutu	50 TL
Kepçe ve Jüriyet	500 TL
Yan Kol ve Montaj İşçiliği	150 TL
Toplam	900 TL

3.5. Tasarımı Gerçekleştirilen Sistemin SWOT Analizi

Gerçekleştirdiğimiz çalışmanın güçlü ve güçsüz taraflarını görmemizi, karşılaştığımız fırsatlara ve tehlikelere karşı hazırlıklı olmamızı SWOT analizi ile sağlayabiliriz. Bu analiz 4 adımdan oluşur.

S (Strenghts - Kuvvetli taraflar) : Gerçekleştirdiğimiz çalışmanın güçlü olduğu yanları nelerdir?

W (Weaknesses-Güçsüz yanlar) : Gerçekleştirdiğimiz çalışmanın güçsüz olduğu yanları nelerdir?

O (Opportunities-Olanaklar) : Gerçekleştirdiğimiz çalışmanın hangi olanakları mevcut?

T (Threats-Tehlikeler) : Gerçekleştirdiğimiz çalışma için gelecekte bizi hangi tehlikeler bekliyor?

3.5.1.S (Strenghts - Kuvvetli Taraflar) :

- Yerli malı malzemelerden üretilmiştir.
- Maliyeti benzerlerine oranla çok daha düşüktür. Benzer ithal ürünler 3-4 bin \$ civarında iken yapılan tasarım 900 TL 'ye mal edilebilmektedir.
- Esnek programlama mantığı ile tasarlanan sistem mikrodenetleyici kontrollü elektronik kart, sensor sürücü devre kartı vasıtası ile bir bilgisayarla haberleşebilmektedir.
- İstenilen zaman aralıklarında rüzgarın hızını, yönünü, saat ve tarihini veri tabanına kayıt edebilmektedir.
- İstendiğinde bilgisayar vasıtası ile bir sunucuya bağlanabilmektedir.
- Bilgisayarda toplanan veriler istenilen tarihler arası tüm hız ve yön değerlerini, ortalama değerlerini ister grafiksel olarak istenirse data olarak görüntülenip, analizleri yapılabilir.

3.5.2.W (Weaknesses - Güçsüz Taraflar) :

- Bu çalışmada gerekli kalibrasyon yapıldığında hata payı piyasada var olan ölçüm sistemleri ile hemen hemen aynıdır.

- İstenilen hız aralıklarında çalışmasını veya durmasını sağlamak için yazılım değişikliği ve birkaç bağlantı gereklidir.

- Ordu ilinde dünyaca kabul görmüş bir rüzgar tüneli bulunmadığı için ölçüm sistemimizin kalibrasyonu, üniversite ve meteoroloji müdürlüğü gibi çeşitli kurumların imkanları dahilinde gerçekleştirilmiştir.

3.5.3.O (Opportunities - Olanaklar) :

- Seri üretimde maliyet çok daha alt seviyelere düşebilmektedir.
- Sistem kalibrasyonu için, üniversite ve meteoroloji müdürlüğü gibi kurumların imkânlarından faydalanılabilir.

3.5.4.T (Threats - Tehlikeler) :

- Ordu ilinde dünyaca kabul görmüş bir rüzgar tüneli bulunmadığı için ölçüm sistemimizin kalibrasyonu, üniversite ve meteoroloji müdürlüğü gibi çeşitli kurumların imkanları dahilinde gerçekleştirilmiştir.
- Sistemin tasarımı el ile yapıldığından gerekli hassasiyet sağlanamama ve yanlış sonuç gösterme sorunları yaşanabilir.

4. SONUÇ ve TARTIŞMA

Bir rüzgar santrali kurmadan önce en az bir yıl boyunca doğru ve hassas rüzgar ölçümü yapılması gerekmektedir. Bu çalışma uygun kalibrasyon yapıldığında hata payı piyasada var olan ölçüm sistemleri ile hemen hemen aynıdır. Var olanlara kıyasla çok daha ucuza imal edilmiştir. Hatta seri üretim ile bu maliyet çok daha aşağılara çekilebilir. Mikrodenetleyiciye yüklenmiş olan programda yapılacak basit değişiklik ile kalibrasyon ayarı çok kolay bir şekilde yapılabilmektedir. Tasarlanan sistem üzerindeki programlama portu sayesinde sökülmeden doğrudan programlanabilmektedir. Ayrıca gerçekleştirilen SWOT analizi ile sistemimizin güçlü ve zayıf yanları ile fırsatları ve tehditleri incelenmiştir.

KAYNAKLAR

[1] Ateş,A.M., Çetin,N.S., “Rüzgar Parametreleri İzleme Sistemi Ve Uygulaması”, C B Ü Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi Yıl: 2012 Cilt: 1 Sayı:17

[2]. A. Nayir ve R. Pecen, “Yenilenebilir Enerji Sistemleri Gözleme ve Uygulama

- Laboratuvarı”, Elektrik-Elektronik Bilgisayar Sempozyumu (FEEB 2011) Bildiriler kitabı, Elazığ, 2011.
- [3]. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, “Rüzgar Enerjisi”, 2014. Çevrimiçi, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx. erişim tarihi 27 Şubat 2014.
- [4]. Greenpeace, “A Blueprint To Achieve 12% Of The World's Electricity From Wind Power By 2020”, European Wind Energy Association (EWEA), 2004.
- [5]. European Environment Agency (EEA), “Europe's Onshore And Offshore Wind Energy Potential”, European Environment Agency Technical Report No 6, Copenhagen, 2009.
- [6] Kanmaz,E., Karalı,M., Kılıçarslan,Y., Gücüyemez,M. 28-29 Ağustos 2008, Çan Yöresindeki Rüzgâr Potansiyelinin Kullanılabilirliğinin İncelenmesi, Çan Değerleri Sempozyumu
- [7] Özgener,Ö. 2002 “Türkiye’de ve Dünyada Rüzgar Enerjisi Kullanımı” DEÜ Mühendislik Fakültesi. Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt:4 Sayı: 3: 159-173
- [8] Acaroğlu M. 2007 Alternatif Enerji Kaynakları, Nobel Yayın Dağıtım, İstanbul
- [9] Özdamar, A. 2000, “Büyük Anma Güçlü Rüzgar Türbinlerinin Çeşitli Kriterlere Göre Karşılaştırılması”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Sayı: B.30.2.PAU.0.45.00.00/600-2000-032, Denizli.
- [10] Şen, Ç. 2003 “Gökçeada’nın Elektrik Enerjisi İhtiyacının Rüzgâr Enerjisi İle Karşlanması” Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. Mimarlık Bölümü, Bina Bilgisi Anabilim Dalı.
- [11] Karadeniz, Z., 2002, “Rüzgar Enerjisi ve Elektrik Üretimi Amaçlı Kullanımı”, Bitirme Projesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- [12] Bayrakçı,H.C., Delikanlı, K., “Türkiye’de Rüzgar Enerjisi ve Potansiyel Belirleme Çalışmaları” Mühendislik ve Makine Dergisi Cilt:48 Sayı: 569 : 78-80
- [13] Çalışkan, M., 2003 “Gelibolu-Çanakkale Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Analizi ve bu Kaynaktan Elektrik Enerjisi Üretimi” Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildiriler Kitabı Sayfa: 239–247, Kayseri
- [14] <http://www.wasp.dk>. erişim tarihi 27 Şubat 2014.
- [15] <http://www.eie.gov.tr>, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Web Sayfası erişim tarihi 27 Şubat 2014.
- [16] Kültür, Ö.F., 2004, “Enerji ve Çevre İlişkisi” Mimar ve Mühendis Dergisi, Sayı:33
- [17] Yalkı, H., 2007, “Türkiye’deki Güneş ve Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin İncelenmesi ve bu Enerjilerden Faydalanılması”, Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü