

RÜZGÂR KUVVETİNİN ENERJİ ÜRETİMİNDE KULLANIMI

Tahir YAVUZ

E.Ü. Mühendislik Fakültesi, KAYSERİ

ÖZET

Özellikle son 20 yıldan beri, dünyada kullanıla gelmekte olan enerji kaynaklarının yerini alacak ve gelecekte devamlı artmakta olan enerji ihtiyacını karşılayabilmek amacıyla batı ülkelerinde güneş ve rüzgâr enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları konusunda büyük araştırmalar başlatılmıştır. Geçmişte çok ucuz ve bol olarak bulunan fosil yakıtları nedeniyle pek dikkat çekmesine rağmen günümüzdeki enerji krizi mühendis ve ilim adamlarına enerji elde edebilme metodlarını daha dikkatlice incelemeye itmıştır. Bu metodlardan bir tanesi de rüzgâr enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren rüzgâr türbini kullanmaktır. Runger türbininin boyutlarına nazaran elde edilen güç küçük olması gibi rüzgâr enerjisinden faydalanılmasının bir çok dezavantajı olmasına rağmen, rüzgâr enerjisi hem ucuz ve hem de hemen hemen dünyanın her yerinde bulunması bu alana ilgiyi arttırmaktadır.

Bu çalışmada modern yüksek hızlı rüzgâr mili dizayn esasları incelenmiş ve rüzgâr enerjisinin alternatif bir enerji kaynağı olarak kullanılabilirliği vurgulanmıştır.

USE OF WIND POWER FOR ENERGY GENERATION

SUMMARY

Especially, last 20 years, to replace classical energy resources and to meet energy demands in the future, huge research programs on the renewable energy resources, such as sun, wind etc, have been carried out in industrialized countries. Present energy crisis has caused engineers and scientist to look more closely at methods of energy recov-

enerji kaynaklarının yerine alabilecek ve artan enerji ihtiyacını karşılayacak yeni enerji kaynaklarının bulunması ve insanlığın hizmetine sunulması bir zarurettir.

batı ülkelerinde petrol olmadığından endüstriyel reformlarda kömür büyük ölçüde kullanılmış ve kömür rezervleri oldukça azalmıştır. Enerji ihtiyacını karşılamak için nükleer enerji ile beraber yenilenebilir enerji kaynakları olarak bilinen Güneş Enerjisi, Rüzgâr Enerjisi, Dalga Enerjisi ve memleketimizde söz konusu olmayan met-cezir olayları dünyanın enerji problemine çözüm olabileceği amacı ile son yıllarda araştırmaları bu alanlara kaydırmışlardır. Özellikle Güneş Enerjisi ve onun bir sonucu olan Rüzgâr enerjisinden faydalanma konusu büyük ilgi toplamaktadır. Bu amaçla bu çalışmada rüzgâr kuvveti ve bu kuvveti enerjiye dönüştüren rüzgâr milleri incelenmiş ve rüzgâr kuvvetinin alternatif bir enerji kaynağı olabileceği vurgulanmıştır.

2- RÜZGÂR ENERJİSİ VE RÜZGÂR MİLLERİ

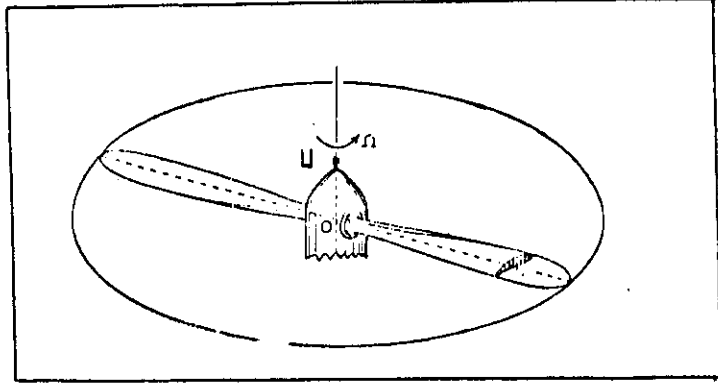
Güneş ısı nedeniyle meydana gelen termal akım dünya atmosferinde hava akımı (rüzgâr) meydana getirir. Mezentrev'e 1 göre dünya atmosferinde bir yılda rüzgârın bünyesinde bulunan enerji dünyanın bir yılda harcadığı kömürün toplam enerjisinin 3000-4000 kat kadardır. Ancak önemli olan bitmek tükenmek bilmeyen bu enerjinin ne kadarı bugünkü teknik imkânlarla kullanılabilir ve insanlığın hizmetine sunulabilir!

Rüzgâr kuvvetinden faydalanma hemen hemen 1. yüzyılda başlamış olmakla beraber modern anlamda rüzgâr enerjisinin kullanımı 16. ve 17. yüzyıllarda Hollanda'da başlamıştır. Dünya üzerinde hemen hemen her noktada rüzgâr olmasına rağmen bölgeler rüzgâr enerjisi bakımından diğer bölgelere nazaran daha avantajlıdır.

Rüzgâr kuvvetini enerjiye çeviren cihazlara rüzgâr mili veya rüzgâr türbini denir. Rüzgâr milleri bir veya çok sayıda kanattan oluşan bir pervane olup rüzgârda bulunan kinetik enerjiyi mekanik enerjiye çevirir. Rüzgârda bulunan kinetik enerji, A rüzgâr mili pervanesinin çevirdiği alana göstermek üzere (Şekil 1).

$$P_R = \frac{1}{2} \rho A U^3 = \frac{1}{2} \rho A U^3 \quad (1)$$

olarak rüzgâr hızının küpü ile orantılı olduğu görülür. Rüzgâr mili teorik olarak bu enerjinin ancak % 59.3 ünü mekanik enerjiye dönüştürebilir. Ancak kanatlarda meydana gelen kayıplarda gözönüne alınınca bu verim % 30 - 40 a kadar düşebilmektedir.



Şekil 1. Rüzgâr Mili Geometrisi.

U (m/sn) ve A (m^2) olmak üzere rüzgâr milinde elde edilen enerji k W olarak,

$$P_R = 1.134 \times 10^{-4} A U^3 \quad (\text{k W}) \quad (2)$$

bulunur. O halde bir rüzgâr milinden elde edilen güç rüzgâr hızının küpü ve kanat yarıçapının karesi ile orantılı olmaktadır. rüzgâr milinin verimini göstermek üzere

$$\eta = \frac{P}{P_R} \quad (3)$$

olarak tanımlanır. Bir yıl boyunca rüzgâr milinden elde edilen enerji

$$P = \frac{1}{2} \rho A \int_0^{8750} \eta U^3(t) dt \quad (4)$$

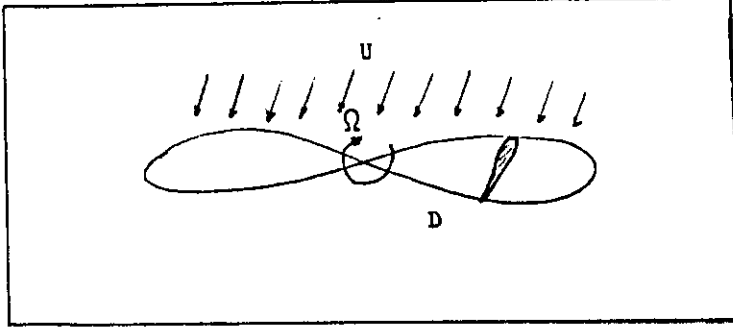
denklemleri ile bulunur. Burada η rüzgâr milinin genel verimini tanımlamakta olup transmisyon ve jeneratör kayıplarını da kapsamaktadır. Transmisyon ve jeneratör kayıpları % 12 civarında alınmaktadır. Bu kayıp oranı kısmi yüklerde daha da artar. η değeri sabit olsa bile rüzgâr hızı zamana (t) bağlı olarak değiştiğinden (4) denklemi gereği toplam enerji ancak integrasyon yapmakla bulunabilir.

Literatürde 2 tip rüzgâr mili dizayn edildiği görülmektedir.

- 1) Düşey eksenli (veya itme kuvveti tahrikli) rüzgâr mili
- 2) Yatay eksenli (veya kaldırma kuvveti tahrikli) rüzgâr mili

Düşey eksenli rüzgâr milinde rüzgâr hızı, U , türbin miline dik veya pervane düzlemine paraleldir. Şekil-2'de görüldüğü gibi kanatta sadece serbest rüzgâr hızına paralel bir direnç kuvveti meydana gelerek bu kuvve-

tin pervane merkezinde meydana getirdiği tork, pervanenin dönmesini sağlamaktadır.



Şekil 2. Düşey Eksenli Rüzgâr Mili

Rüzgâr enerjisini pervaneye bırakarak hızı azalır. Pervane bölgesindeki rüzgâr hızı u ise itme kuvveti tahrikli bir rüzgâr milinden elde edilen güç $(U-u)^2$ ile orantılıdır. u hızı 0 ile U hızı arasında değişmektedir. Pervaneden maksimum güç elde edebilmek için $u=U/3$ şartı sağlanması gerektiği teorik olarak bulunabilir.

Yatay eksenli (veya kaldırma kuvveti tahrikli) rüzgâr milinde ise rüzgâr hızı türbin miline paralel veya kanat düzlemine diktir (Şekil 1). Bu durumda kanatta serbest rüzgâr hızına paralel itme kuvveti ve rüzgâr hızına dik yönde kaldırma kuvveti meydana gelir. Rüzgâr hızı nedeniyle kanatta meydana gelen aerodinamik kaldırma ve itme kuvveti etkisiyle pervane merkezinde teşekkül eden tork pervanenin dönmesine neden olur. Yapılan incelemelerde itme kuvveti tahrikli bir rüzgâr milinden elde edilen güç aynı boyuttaki kaldırma kuvveti tahrikli bir rüzgâr milinden ($\frac{L}{D}$ oranına bağlı olmakla beraber) elde edilen güçten daha küçük olmaktadır. Bu nedenle daha ziyade yatay eksenli (Kaldırma kuvveti tahrikli) rüzgâr mili dizayn edilir.

3- YATAY EKSENLİ (KALDIRMA KUVVETİ TAHRIKLİ) RÜZGÂR MİLİ TEORİSİ

U hızına sahip rüzgâr hızı enerjisini pervanede bırakarak hızı azalır. Şekil-3'e göre hız azalması nedeniyle pervaneyi içine alan akım tüpü kütlenin sakınımı prensibine göre akım yönüne göre genişler.

U : Serbest akım bölgesindeki rüzgâr hızı

u : Pervane bölgesindeki rüzgâr hızı

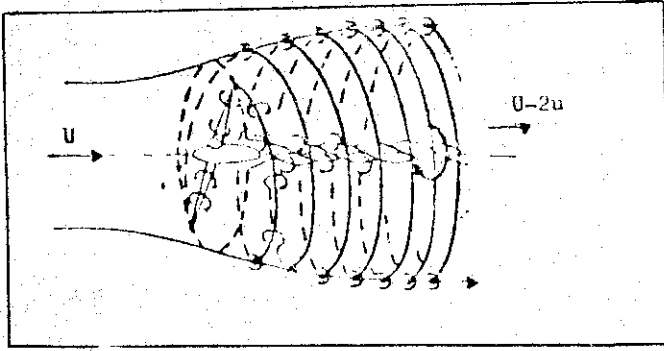
u_1 : Pervanenin yeteri kadar arkasındaki rüzgâr hızı

Ω : Pervanenin retasyonel hızı

ω : Akışkanın retasyonel hızı

Eksenel yöndeki momentum bağıntısına göre $u = \frac{1}{2} (U+u_1)$ yazılabilir. a kanadın eksen yönündeki kayıp faktörü

$$\left(= -\frac{u}{U} \right) \text{ olmak üzere } u = U(1-a') \text{ veya } a' = 1 - \frac{u}{U},$$



Şekil-3: Rüzgâr Mili Akım Tupu,

($a'=1-a$) tanımlanarak $u_1 = U(1-2a')$ yazılabilir. $u_1=0$ için $a' = \frac{1}{2}$ olarak maksimuma erişir.

Pervanede elde edilen güç pervanedeki kuvvet ile hızın çarpımından, $Au(U-u_1)$ u veya kinetik enerji değişiminden, $\frac{1}{2} \rho AU(U^2 - u_1^2)$ bulunur. Burada ρAU hava akımının kütlesini verir. a' faktörü kullanılarak

$$P = \left(\frac{1}{2} \rho AU^3 \right) 4 a' (1-a')^2 = 2 \rho AU^3 a' (1-a')^2 \quad (5)$$

bulunur. (5) denkleminde maksimum güç için $a' = \frac{1}{3}$ bulunur. Yani maksimum güç için $u_1 = \frac{U}{3}$ şartı sağlanmalıdır. Bu şartlar (3) denklemine taşınarak $\eta_{\max} = \frac{16}{27} = 0.593$ bulunur. Bulimite Betz Limiti denir. O halde teorik olarak bir rüzgâr milinin verimini maksimum 0,593 olabilmektedir.

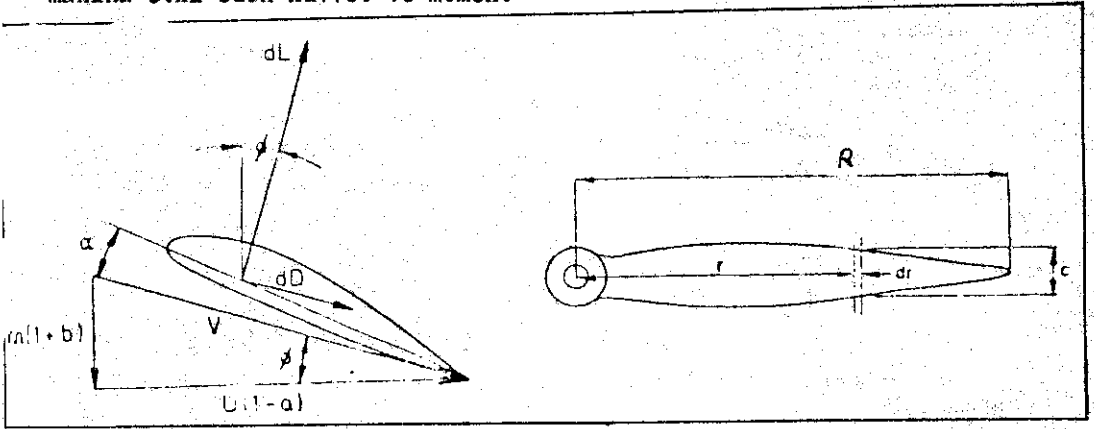
Ancak bu bölümde rüzgâr türbin pervanesinden geçerken herhangi bir rotasyonel harekete sahip olmadığı kabul edilmiştir. Ancak, Wilson'un [2] belirttiği gibi pervanenin retasyonel hareketi nedeniyle hava molekülleri belli bir retasyonel hızı da kazanırlar. ω türbin pervanesinin yeteri kadar arkasındaki yavaşın açısal hızı, Ω rüzgâr milinin açısal hızı ise $b = \frac{\omega}{2\Omega}$ olarak retasyonel engelleme faktörüde tanımlanabilir.

Şekil-1'de görüldüğü gibi kanat profili kesidi aerodil olup rüzgâr hızına bağlı olarak Lift ve Drag kuvveti meydana getirir. Kanatların dönmesi sonucunda kanat etrafında ve kanat uçlarında bir vorteks hareketi meydana gelerek pervane etrafındaki akış alanı şekil 3. de görüldüğü gibi oldukça kompleks hale gelir ve yukarıda tanımlanan a ve b engelleme

faktörleri gerçekte sabit olmayıp değişmektedirler. Ancak a ve b nin ne şekilde değiştiğini tanımlamak oldukça zor olduğundan bu değerler sabit kabul edilmiştir.

Rüzgâr mili kanadında alınan küçük bir elemana üzerine etki eden hız bileşenleri engelleme faktörleri göz önüne alınarak şekil-4 de gösterilmiştir.

Kanadın ön ve arka kısmında rüzgâr lineer ve açısal hızında meydana gelen değişim sırasıyla $2u$ ve ω olacaktır. r ve $r+dr$ arasında kanat elemanına etki eden kuvvet ve moment



Şekil-4: Rüzgâr Mili Kanat Profili ve Kanat Elemanı

$$dF = 2 \int r dr \rho (U-u) 2u$$

ve

$$dT = 2 \int r dr \rho (U-u) \omega r^2$$

olacaktır. Bu denklemlere a ve b engelleme faktörlerini taşıyarak

$$\frac{dF}{dr} = 4 \int r \rho U^2 (1-a) a \quad (6)$$

$$\frac{dT}{dr} = 4 \int \rho r^3 U \omega (1-a) b \quad (7)$$

yazılabilir. Kanat elemanına etki eden aksenal ve teğetsel aerodinamik kuvvetler

$$dF = dL \sin \theta + dD \cos \theta$$

ve

$$dT = \frac{dF}{dr} = dL \cos \theta - dD \sin \theta$$

olarak ifade edilebilir.

Eğer n kanat sayısını gösteriyorsa n kanatta meydana gelen aerodinamik kuvvetler, C_L ve C_D kaldırma kuvveti ve itme kuvveti katsayıları

$$C_L = \frac{d L}{\frac{1}{2} \rho v^2 c.dr}$$

$$C_D = \frac{d D}{\frac{1}{2} \rho v^2 c.dr}$$

tanımlanarak

$$\frac{dF_E}{dr} = n \frac{1}{2} \rho v^2 c (C_L \sin \theta + C_D \cos \theta) \quad (8)$$

ve

$$\frac{dF_T}{dr} = n \frac{1}{2} \rho v^2 r c (C_L \cos \theta - C_D \sin \theta) \quad (9)$$

yazılabilir.

Eğer hız oranı $x = \frac{R \Omega}{U}$ olarak tanımlanırsa şekil 4 den

$$\phi = \tan^{-1} \frac{x(1+b)}{1-a} \quad (10)$$

$$V = U \left[(1-a)^2 + x^2 (1-b)^2 \right]^{1/2}$$

elde edilebilir.

$$\sigma = \frac{n c}{2 \pi r} \quad \text{bölgesel katılık olmak üzere (6) ve (8)}$$

denklemlerinden

$$\sigma = \frac{4a(1-a)}{\left[(1-a)^2 + x^2 (1-b)^2 \right]^{1/2} [C_L x(1-b) + C_D(1-a)]} \quad (11)$$

ve (7) ile (9) denklemlerinden

$$\sigma = \frac{4x(1-a)b}{\left[(1-a)^2 + x^2(1-b)^2 \right]^{1/2} [C_L(1-a) - C_D x(1+b)]} \quad (12)$$

bulunur.

(11) ve (12) denklemlerinden yok edilerek a, b, X, C_L ve C_D arasında

$$\frac{C_L}{C_D} = \frac{X(a+b)}{a(1-a)-X^2b(1+b)} \quad (13)$$

bağıntısı bulunur.

Rüzgâr milinden elde edilen güç,

$$P = \int_0^R \Omega \, dT \quad (14)$$

ve dT nin (2) denklemindeki değeri (14) denklemine taşınarak,

$$P = 4\pi\rho\Omega U \int_0^R (1-a)b r^3 dr \quad (15)$$

elde edilir. (3) denklemi kullanılarak milin (rüzgâr türbinini) verimi

$$\eta = \frac{8}{X^2} \int_0^X (1-a)b X^3 dx \quad (16)$$

olarak bulunur. Burada $x = \frac{R\Omega}{U}$ kanat ucu hız oranıdır. (16) denkleminde göre verimin maksimum olabilmesi için (1-a)b değerinin her X değeri için maksimum olması gerekir, yani

$$\frac{db}{da} = \frac{b}{1-a} \quad (17)$$

olmalıdır. E $\frac{L}{D}$ olmak üzere (13) denkleminde

$$\frac{db}{da} = \frac{E(1-2a) + X}{EX^2(2b+1) + X} \quad (18)$$

ve $\frac{db}{da}$ nin (17) değeri (18) denkleminde taşınarak

$$b = \frac{E(4a-1)(1-a) + X(1-3a)}{X(EX + 1)} \quad (19)$$

elde edilir.

Kanada ait verilen X ve E değerlerine göre (13) ve (19) denklemlerinden a ve b bulunur. Bulunan a ve b nin değerleri verim denkleminde taşınarak rüzgâr milinin verimi elde edilir. X ve E değerlerine göre a ve b değerleri tablolar halinde ref. 3 de verilmektedir.

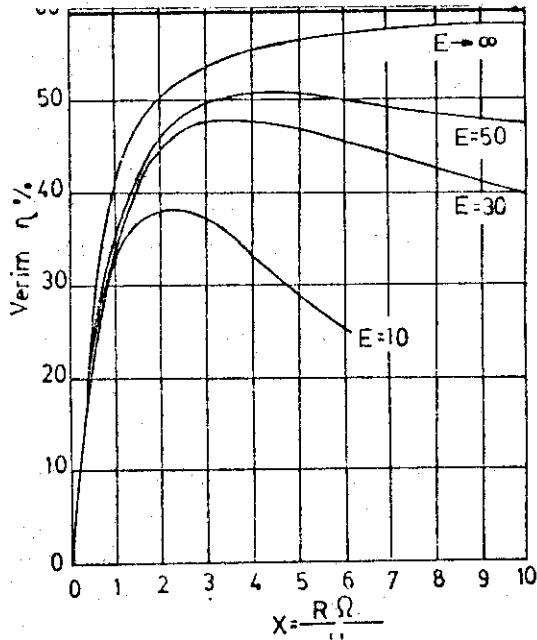
4- SONUÇLARIN İRDELENMESİ

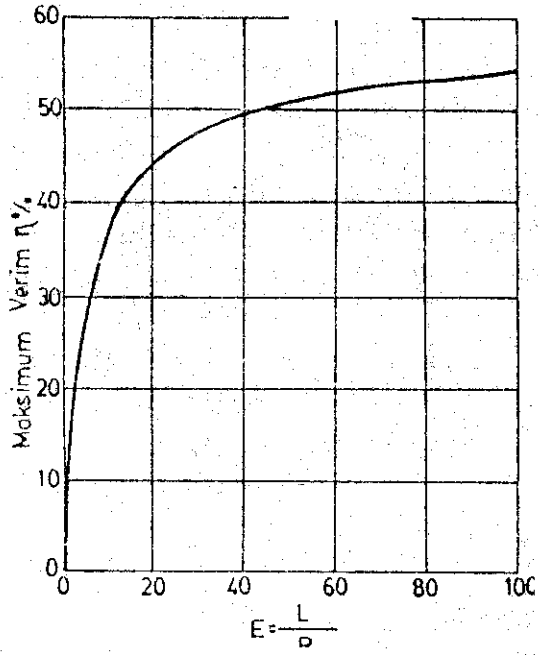
Şekil 5,6,7 ve 8 de yukarıda yapılan çalışmalardan elde edilen neticeler grafik halinde gösterilmiştir. Şekil 5 de $E = \frac{L}{D}$ ve $x = \frac{R\Omega}{U}$ değerine göre verimin nasıl değiştiğini verilmektedir. E'nin 30 dan küçük değeri için verimin aniden düştüğü ve E = 50 için maksimum verimin 0,50 olabileceği görülmektedir. Grafiklerden elde edilen değer bir önemli nokta ise belli E değerleri için maksimum verimi veren x değeri değişmekte ve E = 10 için x = 2, E sonsuz için X de sonsuz olmaktadır.

Şekil 6 da artan E (yani kaldırma kuvveti itme kuvveti oranı) için verimin arttığı ve ideal akışkan için D=0 olduğundan E = ∞ olmakta ve verim 0,593 değerine erişmektedir.

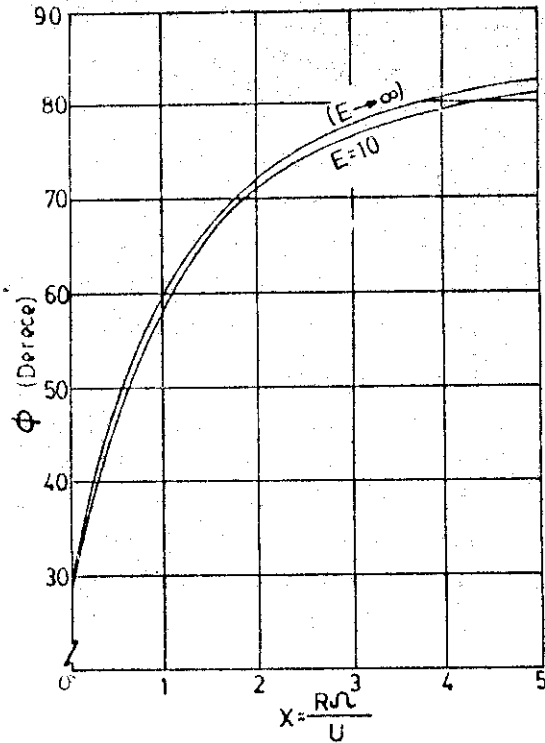
Maksimum verimi veren kanat boyuna kanatın pitch (eğim) açısı veya dolaylı olarak hücum açısının nasıl değiştiğini şekil 7 de görülmektedir. Görüldüğü gibi artan $x = \frac{R\Omega}{U}$ değeri ile 0 artmakta iken 0 değerinin E ile değişmemektedir. Ayrıca yine maksimum verim için kanat profili boyunun, c, (chort) nasıl değiştiğini şekil 8 de verilmektedir. Burada OX c ile X ise R ile orantılıdır.

Tahmin edilebileceği gibi kanat sayısının artması verimi olumlu yönde etkileyecektir. Ancak kanadın belli bir sayıdan fazla olması hem ağırlık, hemde kanatta blokage etkilerini arttırdığından verimi olumsuz etkiler. Kanat sayısının verime etkileri şekil 9 da gösterilmiştir.

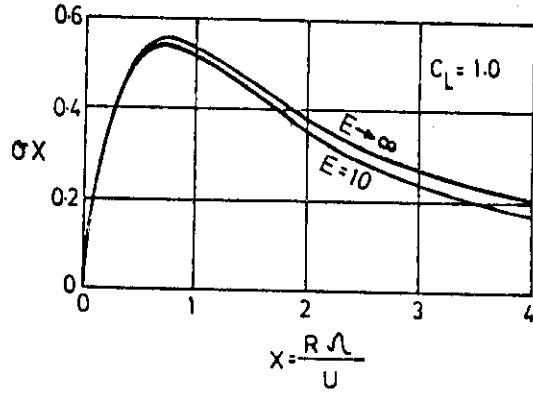




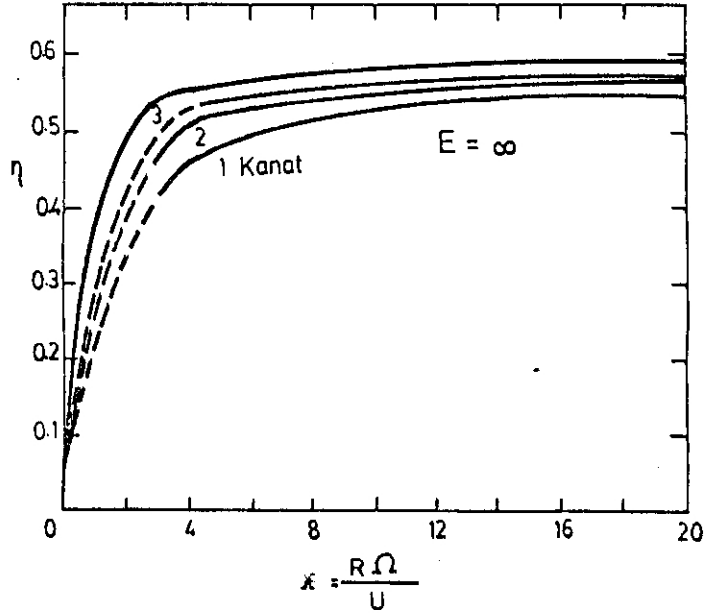
Şekil-6 : Maksimum verimin Lift/drag oranına göre değişimi.



Şekil-7 : Drag kuvvetinin optimum kanat açısına etkisi.



Şekil-8 : Hücme açısı, ve Chort uzunluğunun, c , hız oranına göre değişimi.



Şekil-9 : Kanat sayısının verime etkisi.

O halde görüldüğü gibi uygulanan kanat teoremi ile yatay eksenli bir rüzgâr mili için dizayn karakteristikleri elde edilebilir. Kanadın aerodinamik karakteristikleri rüzgâr mili performansını önemli ölçüde etkilemektedir. Rüzgâr milinin maksimum verimi $\frac{L}{D}$ oranı (kaldırma kuvveti itme kuvveti oranı) ile artmaktadır. Bu artış $\frac{L}{D} = 30$ değerine kadar hızlı, bu değerden sonra ise yavaş olmaktadır. Ayrıca verime etki eden $X = \frac{R\Omega}{U}$ (hız oranı) bir yerde kanadın aerodinamik karakteristiklerine, (C_L ve C_D) bağlıdır.

Böylece bu yüzyılın başında su pompalamak için kullanılan rüzgâr milinin verimi pratik olarak, % 20 iken gelişmekte olan modern dizayn ile bu verim % 34'e kadar olabilmektedir.

5- SONUÇ

Daha öncede belirtildiği gibi rüzgâr hızı sabit olmayıp hava şartlarına mevsimlere bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle bazı bölgelerde yılın belli zamanlarında rüzgâr hızları dizayn edilmiş rüzgâr miline yüksek verimli çalıştırmaya yetmeyebilir. Ancak genellikle enerjiye ihtiyacın fazla olduğu kış aylarında rüzgâr hızında fazladır. Bununla beraber her zaman maksimum enerji ihtiyacı olduğu anlarda yeterli rüzgâr hızı olmayabilir. Bu nedenle rüzgâr enerjisi diğer enerji kaynakları ile beraber kullanılmalıdır.

(2) formülünden görüldüğü gibi rüzgâr milinden elde edilen güç rüzgâr hızının küpü ve pervanenin karesi ile orantılıdır. Havanın yoğunluğu az olduğundan rüzgâr enerjisinin enerji yoğunluğu azdır. Bu nedenle büyük güçlü rüzgâr mili için büyük boyutta rüzgâr mili dizayn edilmesi gerekir. Bu da milin kullanıldığı malzemenin mukavemet sınırlarına bağlıdır.

1976 yılı itibarıyla Danimarka'da 2 mW gücünde kurulan rüzgâr mili 27 m çapında bir kanada sahip pervane gerektirmiştir. Bu pervane 50 m yüksekliğindeki kaleye kurulmuştur. Rüzgâr milinin kurulduğu bölgede yılın 280 gününde rüzgâr hızı 3 m/sn nin üzerinde olmaktadır. Bu rüzgâr milinden 1 yılda 36 milyon kwh bir elektrik enerjisi elde edilmiş ve bu miktar 400 ton petrolün verdiği enerjiye denktir. Bu rüzgâr mili rüzgâr hızının

(0 - 3) m/sn çalışmamakta
(3 -14) m/sn sabit ϕ açısında
(14-20) m/sn de değişken ϕ açısında
> 20 m/sn de ise emniyet sınırları aşıldığından rüzgâr mili çalıştırılmaktadır.

Yine A.B.D.'de 1.25 MW lık bir rüzgâr mili için bölgedeki rüzgâr karakteristiklerine bağlı olarak 8 ton ağırlığında 45 m kanat uzunluğunda bir rüzgâr mili gerekmekte olduğu görülmüştür. Oldukça rüzgârlı sayılabilecek İngiltere'de 3.7 MWatt gücünde bir rüzgâr mili için 60 m çapında kanat inşa edilmektedir. Bu kadar büyük kanat uzunlukları hem ağırlığı hem de büyük rüzgâr hızlarında büyük mukavemet ve malzeme problemi meydana getirir.

Rüzgârın enerji yoğunluğunun küçük olması nedeniyle belli güçte enerji elde edebilmek için gerekli rüzgâr mili büyük boyutlarda olmaktadır. Bu nedenle yatırım masrafları artmakta ve enerji maliyeti yükselmektedir. Bu gün için maliyeti yüksek olabilen rüzgâr enerjisi rüzgâr millerinin verimini arttırarak ve ham madde olarak kullanılan rüzgârın diğer enerji kaynaklarında, (petrol, kömür ve nükleer yakıt) , olduğu gibi pazar fiyatlarından etkilenmeyeceğinden gelecekte çok ekonomik olabilir.

Ülkemizde genel olarak rüzgârlı bir bölge olduğu söylenemez. Ancak yapılan istatistiklere göre İç Anadolu, Ege bölgesinin sahil şeridi ve Karadeniz Bölgesi Rüzgâr enerjisi açısından avantajlıdır. Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgesi bu açıdan en fakir bölgelerdir.

Memleketimizde bölgelere göre yapılacak rüzgâr hızı etüdüleri ile uygun bölgelerde rüzgâr milleri kurulabilir. Bu aşamada genel olmasa bile rüzgâr enerjisi bölgesel ihtiyaç için kullanılabilir. Böylece elde edilen enerji toprakları tarıma elverişli olan fakat su problemi bulunan bölgelerde (yeraltı sularının çıkarılması) su ihtiyacını karşılayabilir. Böylece İç Anadolu gibi binlerce hektarlık alan en yoğun tarımsal faaliyetlerde insanlığın hizmetine sunulabilir. Nitekim Fransa'da 8 m/sn rüzgâr hızında 13 m çapında bir rüzgâr mili kullanılarak 5750 saatlik çalışma sonunda 40 m manometrik yüksekliğe 0,5 milyon ton sulama suyu sağlanmıştır.

Rüzgâr enerjisinin istenen anda suyu sağlayamadığı yörelerde depolama tesislerine gerek olmaktadır. Ayrıca bu yöntemle rüzgâr enerjisi bir yerde depolanmış olarak daha sonra ihtiyaç duyulduğunda suyun potansi-

yel enerjisi kullanılarak gerekli olan enerji elde edilir. Ayrıca rüzgâr enerjisi yağmurlama ve sulama tesislerinin geliştirilmesinde de kullanılabilir.

O halde ülkemizde rüzgâr potansiyelinden yararlanmaya yönelik ciddi girişimler bir an önce başlatılmalıdır. Bu amaçla meteoroloji istasyonlarımız seçilmiş noktalarda rüzgâr enerjisi araştırmaları yaparak gerekli verileri elde etmelidir. Böylece ülkemizin koşullarına uygun teknolojiler, rüzgâr türbinlerinin kurulacağı bölgeler öncelikle akılcı bir biçimde belirlenmelidir. Gerçek şu ki, dünya akaryakıt ve katı yakıt rezervleri azalmadan, nükleer enerjinin insanlığı yok etmeden Güneş ve Rüzgâr enerjisi gibi dünyanın sonsuz enerjileri bir an önce insanlık hizmetine sunulması bir zarurettir.

KAYNAKLAR

- 1- Mezentsev, V. Shahty v nebe, Socialisticheskaia Industria, 26 December,
- 2- Wilson, R.E. "Wind-Türbine Aerodynamics", Journal of Industrial Aerodynamics", Vol 5, 1980
- 3- Griffiths, R.T. "The effect of aerofoil characteristics on windmill performance". Aeronautical Journal, Vol 81, no 799, P 322, July 1977.
- 4- Lilley, G.M. "The Aerodynamic Efficiency of Windmill" Aeronautical Quartely, Feb. 1978.