
SERİ	CİLT	SAYI		
SERIES	VOLUME	NUMBER	2	1980
SERIE B	BAND	HEFT		
SÉRIE	TOME	FASCICULE		

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ

REVIEW OF THE FACULTY OF FORESTRY,
UNIVERSITY OF ISTANBUL
ZEITSCHRIFT DER FORSTLICHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT ISTANBUL

REVUE DE LA FACULTÉ FORESTIÈRE
DE L'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL



YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Prof. Dr. Yılmaz BOZKURT¹
Asis. Dr. Ahmet KURTOĞLU²

1. GİRİŞ

Son yıllarda bütün dünya ülkelerini olduğu gibi Türkiye'yide enerji dar boğazı nedeni ile sürekli yoğunlaşan bunalımlar sarmış bulunmaktadır. Şimdilik devamlı bir durum arzeden petrol krizi nedeni ile, pahalanan petrole artan bağımlılık, fosil enerji kaynaklarından olan ve sürekli azalan petrol ve doğal gazın yerine geçebilecek biokütle, güneş, su ve dalga, rüzgar gibi yenilebilir enerji kaynakları büyük önem kazanmış bulunmaktadır.

Bu sorun özellikle Türkiye gibi toplam enerji tüketiminin ortalama % 50' den fazlasını petrole dayanmış ülkelerde ivedilikle ele alınması gereken bir durum göstermektedir. Aşağıdaki tabloda Türkiye'nin 1978 yılı Birincil Enerji üretim ve tüketim miktarları Taşkömür eş değeri 7000 Kcal/Kg esas alınarak ton olarak gösterilmektedir (DİE, 1979).

Enerji Kaynakları	Enerji üretimi (ton)	Enerji tüketimi (ton)
Petrol	4.104.000	26.393.000
Taşkömürü	3.735.000	4.296.000
Linyit	5.935.000	5.723.000
Asfaltit	356.000	356.000
Odun	3.096.000	6.558.000
Hayvan ve bitki artıkları	3.886.000	3.886.000
Hidroelektrik	3.369.000	3.369.000
Toplam	24.481.000	50.581.000

Türkiye'de petrol tüketiminin % 41'i ulaştırma, % 23'ü sanayi, % 20'si ısıtma, % 10 elektrik ve % 6'sı tarım sektöründe kullanılmaktadır. 1979 yılında ülkemizin dış satım gelirlerinin % 80'i petrol alımı giderleri için kullanılmış bulunmaktadır. Bu nedenle petrol ve havagazı gibi tükenen enerji kaynaklarının yerine geçebilecek güneş, su ve dalga, rüzgar, biokütle gibi, yenilebilir enerji kaynaklarından daha fazla oranda faydalanılarak ülke enerji tüketimine katkıda bulunmaları sağlanmalıdır.

Geleceğe yönelik bir enerji gereksimini temin politikasının asıl amacı, olabildiğince yüksek bir oranda ülke içinden karşılanabilmesi olmalıdır. Türkiye'de halen öz kaynaklarımıza dayalı ulusal enerji planı bulunmamakta, ayrıca enerji potansiyeli de tam olarak bilinmemesi nedeni ile ayrıntılı bir plan da yapılamamaktadır.

Bu nedenle aşağıda ortak özellikleri belirtilen geleneksel kömür, petrol ve gaz gibi tükenen fosil enerji kaynaklarının karşısı olarak kabul edilen yenilebilir enerji kaynaklarından olanaklar ölçüsünde daha fazla faydalanılması gerekmektedir.

Hernekadar ormancılık dışı enerji kaynaklarından da bu makalede bahsedilmekte isede, bunun nedeni tüm yenilebilir Enerji kaynaklarının bir arada belirtilerek kısaca açıklanması uygun görülmüş olmasındandır. Enerji kaynağı olarak orman ürünü ve artıklarının genel yenilebilir Enerji kaynakları içerisindeki yeride ortaya çıkmış olacaktır.

2. YENİLEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ORTAK ÖZELLİKLERİ

- a) Bu enerji kaynakları ya güneş ve rüzgar gibi kendiliğinden yenilebilmekte veya bitkisel enerji kaynakları gibi her zaman insan yardımı ile kurulabilmektedir.
- b) Her ülkede az veya çok miktarda bulunmaktadır.
- c) Bu kaynaklardan gereksinimler merkezi olarak kolayca karşılanabilmektedir.
- d) Yenilebilir enerji kaynakları, geleneksel enerji kaynaklarına göre çevre kirlenmesi bakımından ya hiç, yada çok az zararlı olmaktadır.

3. BİOKÜTLE ENERJİ KAYNAKLARI

Biokütle hayvansal ve bitkisel kökenli doğal bir şekilde meydana gelen organik maddeler olarak tanımlanabilir.

Pratikte biokütle adı altında geniş ölçüde bitkisel maddeler ve özellikle orman ve tarım ürünleriyle, onların artıkları anlaşılmaktadır. Enerji sorununu çözmek için petrol, doğalgaz, kömür ve uranyuma göre bütün ülkelerde daha eşit bir dağılım gösteren biokütle gelecekte insanlığın enerji gereksinimini büyük bir kısmını karşılayabilecek durumdadır.

LINDSTROM'e göre biokütle de halihazırda üretimin % 20'sinin elde edilebilmesi 8 milyarlık dünya nüfusunun enerji gereksinimini kapatabilecektir. Ne varki halihazırda dünyada senelik biokütle üretiminin yalnız % 1'i bu bakımdan elde edilmektedir (KRAMES, U. 1979).

Biokütleden enerji elde edilebilmesi ya doğrudan doğruya yakılarak yada sıvı (etanol - metanol) veya gaz (biogaz - odungazı) şeklinde ikinci derecede yanıcı maddelerin elde edilmesi suretiyle olmaktadır.

Biokütle enerji kaynağı: orman ve orman ürünleri artıkları, tarımsal ürün ve artıklar, hayvansal artıklar ve diğer organik artıklar olarak ortaya çıkmaktadır. Bunlar aşağıda kısaca açıklanmaya çalışılacaktır.

3.1. Biokütle olarak orman, orman ürünleri artıkları ve enerji plantasyonları

Bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de oldukça büyük miktarda kullanılan orman biokütlesi bulunmaktadır. Bunlar kullanılmayan odun artımı, kesimden sonra ormanda kalan artıklar, kabuk, kök ve kütük odunu ve kereste yan ürünleri sayılabilir.

Bunlara ilaveten kağıt fabrikalarının artıklarının da yakılmak suretiyle faydalanılması da göz önünde tutulmak zorundadır. Bu hususlarda ülkemiz için geçerli kesin rakamlar verilememektedir. Yalnız Avrupa ülkelerinde selüloz ve kağıt endüstrilerinde enerji ihtiyacının bir kısmı bu fabrika artıklarının yakılmasıyla karşılanabilmektedir. Bu oran Avuturya'da % 25, İsveç'te % 60'ı bulmaktadır.

Ormanda odunun elde edilmesi ve daha sonraki işleme esnasında kullanılmayan parçalar, özellikle bunlardan ormanda terk edilen kök ve kütük odunları son zamanlarda önem kazanmakta ve tartışma konusu yapılmaktadır. Nasıl orman eko sistemi zarar görmeden bu kök ve kütük odunlarından faydalanılabilecektir. Bu konuda hasılatçı, ekolok ve teknologlar araştırma yapmak zorundadırlar. Eski verilere göre kütük ve kök odunu üretimi kullanılan odun kütlelerinin % 15-35 arasında değişmektedir. BRUCKHADT'a göre bir meşcerenin toplam odun üretiminin % 15-20 kök ve kütük odunu miktarı olarak hesap edilebilir. Bu verilere göre 1 hektar ladından 114 - 137 m³, karaçamda 30 - 68 m³, kayında 82 m³, meşede 27 - 41 m³ kök ve kütük odunu düşmektedir (KRAPFENBAUER, A. 1980).

HUFNAGL'a göre idare müddeti sonunda kütük odunu yüzdeleri aşağıdaki tabloda belirtilmektedir.

Ağaç türleri	Kütük odunu yüzdesi (%)	
	Toplam odunun	Gövde odununun
Ladin	15-25	17-27
Gökknar	14-22	16-25
Karaçam	10-32	10-32
Meşe	14-20	16-24
Kayın	5-15	6-18

Yukarıda belirtilen bilgilerin hepsi eski tarihli olmasına rağmen bu sonuçlardan anlaşılmaktadır ki ülkemizde üretilen hammadde odunlardan 1979 yılı üretimi esas alınarak en azından aşağıdaki miktarlarda kök ve kütük odunu elde etmek mümkün olacaktır.

Ladin	395.402 m ³	üretimden	67.218 m ³	kök ve kütük odunu
Gökknar	832.626	»	133.220	»
Çam	4.704.937	»	470.494	»
Kayın	1.426.562	»	85.593	»
Meşe	212.448	»	33.992	»

Ladinde % 17, Göknarda % 16, Çamda % 10, Kayında % 6, Meşede % 16 kök ve kütük oranı olarak kabul edilmiştir. Üretim miktarları (ORMAN BAKANLIĞI 1980)'den derlenmiştir.

İlk planda kök ve kütük odunundan yararlanmaktan orman sahasının ekolojik dengesinin bozulacağı nedeni ile korkulmaktadır. Fakat bölgesel araştırmalar ile kök ve kütük odununun hangi miktarlarda ve nasıl sökülüp alınabileceğini belirlemeye gerek bulunmaktadır. Halihazırda kök ve kütük odununun kazanılması için toprağa fazla zarar vermeyen alet ve makineler bulunmaktadır. Örneğin Macaristan da karışık ormanlar tamamen sökülerek yerine kavak plantasyonlarının kurulması için toprak üzerinde kalan kütüklerin çıkarılmasında bir İtalyan firması tarafından yapılan tam hidrolik bir alet kullanılmaktadır. Bu aletle 60 cm çapında bir kütük 1/2 dakikada sökülebilmekte ve günde 400 kütük veya 0,4 hektar sahada kök sökümlü işlemleri yapılabilmektedir.

Kök ve kütük odununun değerlendirilmesinden oduna nüfuz edilen taş ve toprak parçalarının temizlenmesi ve bunların çok yer işgal etmesi nedeni ile parçalanmaları önemli bir sorun olmaktadır. Taşımada hacmine oranla düşük olan ağırlığı nedeni ile parçalanma ya ormanda veyahutta kısa taşıma mesafeleri için uygun bulunmaktadır. Değerlendirme esas itibarıyla elde edilen sahada kömürleştirerek de yapılabilmektedir. Böylece kütüklerin parçalanması geniş ölçüde gerekmemektedir. Kömürleşmeden sonra parçalanma ve temizleme önemli problem yaratmamaktadır. Enerji tasarrufu nedeni ile kök ve kütük odunundan faydalanma aktüel olduğu takdirde eskiden olduğu gibi kömürleşme düşünülebilir, odunun destilasyon yollarında göz önünde tutulmalıdır. Bu gün teknik imkanlara göre ağacın yalnız toprak üst kısımları ekonomik olarak kullanılabilir. Bu gün teknik imkanlara göre ağacın yalnız toprak üst kısımları ekonomik olarak kullanılabilir.

Kök ve kütük odunundan başka ormanlarımızda kesimden sonra kullanılan ormandan bırakılan kabuk da enerji eldesi bakımından büyük önem taşımaktadır. (MİRABOĞLU, M. 1980)'e göre devlete ait koru ormanlarından yılda elde edilecek 13.464.282 m³ kabuksuz endüstri odunundan 3.013.397 m³ kabuk elde edilebilecektir. Bu miktar etanın % 17,92'ni teşkil etmektedir.

Odun artıkları dışında odunun doğrudan doğruya konutların ısıtılması için kullanılması az gelişmiş ülkeler için büyük problemler yaratmaktadır. 1977 yılında devlet ormanlarındaki yapacak odun üretimi 7.215.301 m³ yakacak odun üretimi ise 15.225.765 m³ olarak belirlenmekte buda toplam üretimin % 67'sinin yakacak olarak kullanıldığını ortaya çıkarmaktadır (MİRABOĞLU, M. 1980).

Endüstrileşmiş ülkelerde odunun birincil enerji tüketimindeki oranı; Finlandiya'da % 4,6, SSCB'de % 3,6, İsveç'te % 3, Fransa ve İsviçre'de % 1,5, Federal Almanya'da % 0,2, Avusturya'da H. BERNAR'a göre % 10 civarında bulunmaktadır (D.F. 12/1980).

Ancak hammadde odunun gelişmiş ülkelerde olduğu gibi yakacak amaçları için değil, buna karşılık endüstriyel amaçlarla kullanılması yoluna gidilmesi ülkemizde ekonomik açıdan büyük önem taşımaktadır.

Son yıllarda enerji sektöründe uzun dönemde doğacak ihtiyaçları karşılamak için enerji ormanları ve plantasyonları çeşitli ülkelerde kurulmaya başlanmış bulunmaktadır. Burada esas amaç yüksek bir hasat uygun depolama ve kolay enerjiye dönüştürme olmaktadır. 4. Beş Yıllık Planında orman ürünleri sanayinde ve enerji sektöründe odun gereksinmelerinin karşılanması için ekolojik koşulların elverdiği yörelerde hızlı büyüyen türlerin yoğunluk kazandığı enerji ormanı plantasyonlarının kurulması için olanakların araştırılması öngörülmüş bulunmaktadır (DPT, 1979).

Bilindiği gibi yenilenebilir enerji kaynağı olan ormanla güneş enerjisi arasında çok sıkı bir ilişki bulunmaktadır. Ağaç ve ağaççıklar güneş enerjisi yardımıyla su ve karbondioksitten biokütle elde olmaktadır. Bir hektarlık bir ormanın yılda 2280 litre benzine eşdeğer güneş enerjisini biokütleyle dönüştürdüğü ve dünya ormanlarının fotosentez ile biokütle verimliliğinin 65 milyar ton olduğu hesaplanmaktadır (ZERBE, J. 1977).

EARL'e göre ormanlar tarafından tutulan enerji rezervi dünyanın bugün tüm kaynaklardan tüketmekte olduğu yıllık enerjiden 20 kat daha fazla bulunmaktadır. Dünya ormanlarının güneş enerjisi ile yarattığı organik materyal katı, sıvı, gaz yakıtlar sağlanarak dünyanın bugünkü gereksinimini karşılayacak durumdadır (İSTANBULLU, T. 1980).

Bu nedenle son yıllardaki petrol sorunu ormanlardan alışılagelmeyen dışında faydalanılmayı ön plana çıkarmış bulunmaktadır. Ormandan hammadde odun üretimi ve erozyonu önleme gibi klasik faydalanma dışında enerji kaynağı olarak faydalanma da önem kazanmaktadır. Bu bakımdan ilerlemiş ülkelerde denemeler sürdürülmektedir. Avusturya'daki deneme alanlarında hektarda 5 ton petrole eşdeğer 20 ton kadar kuru odun maddesi elde edilebileceği sanılmaktadır (KOPETZ, H. 1980).

İsveç'te yapılan denemelerde ise bu amaçla söğüt ve kavak biotopları en uygun olarak bulunmuştur. 3000 söğüt klonunda yapılan denemelerde 10 tanesi en elverişli olarak seçilmiştir. Bu amaçla su bakımından garantili düz alan ve bataklıklar uygun bulunmaktadır. Pratik denemeler 10 hektarlık alanlarda saliviminalis kullanılarak yapılmaktadır. Yılda 3 metre sürgün veren 5 klon ile yapılan denemelerde metre karede 2,5-3 kilogram kuru odun hacimi elde edilmiş bulunmaktadır. Bu hektarda 10-12 ton petrole eşdeğerdedir. Şu andaki odun üretimi bu alanlarda hektarda 16-20 ton olup, 7-8 ton petrole tekaübül etmektedir. İsveç'te 1-1,5 milyon hektar enerji ormanı sahası bulunmakta, bununla 20-30 bin kişi için iş sahası açılabilceği anlaşılmaktadır (KRAMES, U. 1979).

Enerji ormanları ya hiç yada yeterli şekilde kullanılmayan alanları gerek göstermektedir. Bu gibi araştırmalar daha çok büyük toprak rezervi olan Brezilya, Kuzey Amerika, Güney Afrika ve Avusturalya gibi ülkeler için daha önemli bulunmaktadır. Ülkemizde de bu gibi alanların belirlenerek bu amaçla kullanılmasında yarar olacağı muhakkaktır.

3.2. Biokütle olarak tarım ürünleri ve artıkları

Tarım bölgelerinde saman petrole göre daha ucuz bulunmaktadır. Tarım üretimine hizmet eden orta büyüklükteki bir işletmede samanın yakılmasıyla ısı elde etme ekonomi olmaktadır. Avusturya'da yapılan incelemelere göre yılda 500 bin ton saman tarlada yakılmayıp enerji kaynağı olarak kullanılsaydı fuel oilin karşılığı ortalama 2 milyar TL.lik döviz tasarruf edilebilecekti (ANONYM, 1980).

Federal Almanya'da üretilen samanın % 20'ni teşkil eden, tarım ve hayvancılık dışında amaçsız şekilde kullanılan 5 milyon ton samanın enerji kaynağı olarak faydalanılmasıyla 1,5 milyon ton fueloilin tasarruf edilebileceği belirtilmektedir (DF, 2/1980).

Ülkemiz için samanın yanında bu bakımdan mısır, haşhaş, pamuk, tütün ayçiçeği gibi bitkilerin sapları büyük öneme sahip bulunmaktadır.

KÖTTL'e göre nişasta, şeker ve yağlı tarımsal üretim maddelerinden enerji elde etmek için 80.000-120.000 hektarlık alan öngörülmektedir. Bu üretim maddelerinden daha çok sıvı yakıt maddeleri (biyoalkol ve bitkisel yağlar) elde edilmektedir. Bu amaçla özellikle şeker pancarı, patates, mısır, buğday, ayçiçeği koza ve yabancı lahanaya kullanılmaktadır (ANONYM, 1980).

Ayrıca bitkisel yağ ile dizel motorlarının çalıştırılması üzerinde de durulmaktadır. Bu konuda başlangıçta keten tohumu yağı daha sonra ayçiçeği, koza ve soya yağı ile denemeler yürütülmüştür. Keten tohumundan elde edilen yağ sakızlaşmaya meyilliyi nedeni ile pratik için uygun bulunmamaktadır. Bitkisel yağların litre maliyet masraflarının petrole göre yüksekliği nedeniyle en azından kriz zamanlarında tarımsal üretimlerde kullanılan makinelerin çalıştırılmasında kullanılabilirliği mümkün olabilecektir. Şekerpancarı, mısır ve diğer tahıl türleri biyokimyasal metodlar vasıtasıyla sıvı enerji kaynağı şekline dönüştürülebilmektedir. Bu şekilde elde edilen etanol Brezilya'da benzin ile karıştırılarak kullanılmaktadır. % 15 etanol ile benzinin karıştırılması motorda zorlama meydana getirmekte, ancak soğuk zamanlarda alkol ile karıştırılmış benzine motorların çalıştırılması güçleşmektedir. % 15'e kadar alkol karıştırılması problem yaratmamakta daha fazlası için özel alkol motorlarına gerek bulunmaktadır. Benzin motorlarında alkol yakıcı maddesine geçişte önemli problem meydana gelmediği halde dizel motorlarında alkolün kullanılabilirliği için bazı problemlerin çözülmesi gerekmektedir. Bununla beraber aslında % 10 alkol karışımı kullanılabilir. Daha fazla karışımda çalışmanın zorlaşması nedeniyle dizel motorunun yanma sisteminde değişiklik yapılması gerekmektedir.

3.8. Biokütle olarak hayvansal artıklar

Ağırdan çıkan taze gübre ot tohumlarının ve patojen mikroorganizmaların yok edilmesi ve azot karbon oranının yükseltilmesi amacıyla hemen toprağa verilmeyip bir süre açık gübreliliklerde fermantasyona terk edilmektedir. Bu esnada azot, fosfor gibi bazı besin maddeleri ile kuru maddenin % 30-33'ü zayıf olmaktadır. Ahır gübresinin bekletme esnasındaki kayıplarını önlemek ve daha iyi özellikteki gübre elde etmek amacıyla bulamaç haline getirilen gübrenin anaerobik fermantasyonu sırasında iyi özellikteki gübre ile birlikte enerji değeri yüksek gübre gazı veya biogaz elde edilmektedir. Bu fermantasyon sonunda kuru maddenin % 33'ü kayıp olmakla birlikte % 26'sı gaz halinde değerlendirilmektedir (SÖNMEZ, N. ve ARKA-DAŞLARI, 1972).

Belirli miktarda gübreden elde edilecek biogaz miktarı gübrenin karışımına kıvamına, sıcaklığına ve ortamın reaksiyonuna göre değişmektedir. Memleketimizde mevcut 76 milyon civarındaki hayvanın yılda toplam 86 milyon ton yağ kullanılabilir ağır gübresi elde edilebileceği tahmin edilmektedir. Türkiye'de yılda elde edilebilen 86 milyon ton kullanılabilir ağır gübresinden $3,4-5,1 \cdot 10^9$ m³ biogaz üretmek mümkün olduğu buna eşdeğer elektrik enerjisi miktarı $1,3-25,6 \cdot 10^9$ KW/saat olacağı hesaplanmaktadır. Ülkemizde 16 milyon ton tezek yakacak olarak kullanılmakta, 4 ton ağır gübresinden 1 ton tezek elde edildiğine göre Türkiye'de elde edilen kullanılabilir gübrenin % 75'i yakacak olarak kullanılacaktır ancak % 25'i toprağa verilebilmektedir. Elde edilen biogazın

% 50-60 metan

% 5-10 hidrojen

% 30-40 karbondioksit olmaktadır.

Biogaz elde etme teknolojisinde hayvan gübresinin yanında insan dışkısı ve diğer organik kalıntılar da anaerobik bakteriler vasıtasıyla doğal gazın kimyasal eşdeğeri olan metan üretilmektedir. Aslında biogazın kullanımı nerede büyük miktarda organik artık (gübre, insan dışkısı, çöp, deniz yosunları) var ise ve taşıma ucuz ise ekonomik olmaktadır. Örneğin büyük çiftlikler, insan dışkısı arıtma yerleri ve beslenme endüstrisinde. Bu teknoloji son yıllarda özellikle Çin'de geliştirilmiştir. Kurulan fabrikalarda üretilen gazdan köylülerin aydınlanması ve ısınması için yakıt gereksinimi karşılanmaktadır.

Federal Almanya'da da büyük biogaz tesisleri kurulmakta. Elde edilen gaz, tüplerde basınçlı olarak saklanmaktadır. Avusturya'da dökülen bütün hayvan artıkları biogaz üretiminde kullanılabilirse teorik olarak 2570 ton petrolün yerini tutabileceği hesaplanmaktadır (KRAMES, U. 1979).

Memleketimizde de deneme amacıyla kurulmuş tesisler bulunmaktadır. Tezek olarak yakılan gübrenin bu amaçla kullanılabilmesi için çalışmaların yapılması hem tarımsal üretimin artması hemde biogaz üretimi bakımından büyük önem taşımaktadır.

Biogaz üretim tesisleri ya gaz toplayıcı depo ile fermantasyon tankı ayrı yerlerde, yada her ikisi bir ünite halinde inşa edilmektedir.

3.4. Diğer biokütle enerji kaynakları

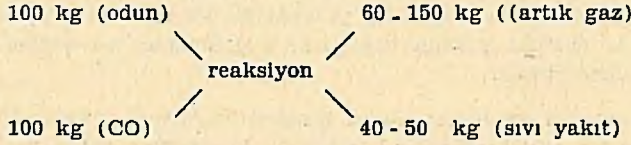
Göl ve bataklıklarda yaşayan sazlar, gehirlerin çöp artıkları ve turbalarda biokütle enerji kaynakları içine dahil edilebilir. İstanbul gibi kalabalık bir kentte çöplerden oluşan büyük kütleler bu şehir için enerjinin % 10'unun karşılanabileceği hesaplanmaktadır. Halîç'ten akan pisliktende metan üretilebileceği mümkün görülmektedir (AR, E. 1980).

3.5. Biokütleden enerji elde edilmesi

Halen mevcut teknoloji ile biokütle maddelerinin direk yakılması olarak dahilinde bulunmaktadır. Bu maddelerden destilasyon vasıtasıyla ikinci derecede enerji kaynağı üretimi tekniği ise sürekli gelişim halinde bulunmaktadır. En son 1960'lı yıllarda Amerika Birleşik Devletlerinde biokütleden destilasyon ve sıvı yakıt elde edilebilmesi için yeni bir metod geliştirilmiş bulunmaktadır (KRAMES, U. 1980). Odun, çöp artıkları, tezek gibi çok çeşitli biokütle materyalinden alkali katalizator ile karbonmonooksitin bir reaksiyonunun yardımı ile orta sıcaklıkta yüksek basınçta sıvı yağa benzer bir madde kazanılmaktadır. Bu gelişme kömürün destilasyonu ile daha önceki benzer metodu kullanmış olan metodlara dayanmaktadır. Bu metodla odun, kağıt ve selüloz endüstrisinde olduğu gibi yonga şeklinde kullanılmaktadır. Odun önce % 3-4 odun rutubetine kadar kurutulmakta, daha sonra değirmenlerde 3 mm den daha küçük odun unu halinde öğütülmektedir. Odun unu halihazırda üretilmiş olan sıvı yağ ile karıştırılmakta ve bu karışım 200-250 barlık bir basınca tabi tutulmakta ve aşağı yukarı 350°C de ısıtılmaktadır. Bunu takiben suda çözülmüş sodyum karbonat katalizator olarak ilave edilmektedir. Karışım bir autoklaven içinde hazırlanmakta ve sıcaklığı 370°C çıkarılmaktadır. Bu arada da karbonmonooksit gazı ilave edilmektedir. Reaksiyonda meydana çıkan artık gazlarda uzaklaştırılmaktadır. Soğutma ve basıncın kaldırılmasından sonra geri kalan sıvı karışım su ve köpüklerden bir zentrafuj yardımı ile temizlenmektedir. Böylece sıvı yakıt son ürün olarak geri kalmaktadır. Sıvı yakıtın bir kısmı önce belirtil-

diği gibi odun unu ile karıştırılmak için geriye kalmaktadır.

Bir ton % 50 rutubete sahip odun yongalarından 400 - 500 kilogram sıvı yakıt elde edilebilmektedir. Aşağıda şematik olarak kütle bilançosu gösterilmektedir.



Bu sıvı yakıtın ısıtma değeri oduna göre ağırlık esasına göre iki kat hacim esasına göre dört kat fazladır. Yoğunluğu $1,05 - 1,10 \text{ gr/cm}^3$ bileşimi % 77,2 karbon % 0,4 azot ve % 8,4 oksijenden ibarettir.

4. GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş enerjisinden çeşitli şekillerde faydalanma çok eski yıllardan bu yana süremektedir. Bugün halî hazırda güneş enerjisi aşağıdaki şekillerde kullanılabilir.

1 — Konut, endüstri ve özel alanlarda sıcak su ihtiyacının karşılanması, ısıtma, kurutma ve tuzlu sudan tatlı su elde edilmesi gibi,

2 — Güneş ışığının gerçekleştirdiği en önemli işlerden biride ısı olmaktadır. Güneşle ısıtma sistemleri yapıyı soğuk kış aylarında ısıtmak için güneş ısısını saklayacak şekilde gerçekleştirilmektedir. Güneşle ısıtılan evler üzerinde yapılan araştırmalar sonunda güneş enerjisi ile evlerin ısıtılması 40° lik kuzey enleme kadar mümkün olmaktadır. Avusturalya, Japonya, İsrail, Kıbrıs, Hindistan gibi ülkelerde yaygın uygulama alanı bulmuştur. Ülkemizde de bu konuda faaliyet gösteren firmalar bulunmaktadır (ERTAŞ, E. 1976).

Güneş enerjisi ile konut ısıtma sistemlerinin elemanları şunlardır ;

- a) Güneş ışınını toplayan kolektör
- b) Güneş enerjisini depolama
- c) Dolaşım sistemi, ısıtıcılar vb.

Elemanlar arasında ısı taşıyan akışkanın hava ve su olmasına göre bazı farklar bulunabilmektedir.

Ayrıca yukarıda belirtilen sistem ile kerestenin kurutulması da mümkün olmaktadır. Halen ABD, Federal Almanya ve Avusturya gibi ülkelerde güneş enerjisi ile çalışan kereste kurutma tesisleri denenmiş bulunmaktadır. ABD'lerinde güneş enerjisi ile çalışan kereste kurutma tesislerinin birkaç tipi faaliyet göstermektedir.

Bazı Amerikan Kurutma tesisleri bir ev nasıl ısıtıyorsa öyle çalışmaktadır. Kolektörlerde ısınan hava veya su fırına nakledilerek radyatörler arasında dolaşmaktadır. Federal Almanya ve ABD denenene diğer bir tipte ise Kolektörler direkt kurutma fırını içindeki havayı ısıtmaktadır. Bu tiplerde radyatör yerine hava bolları ve vantilatörler gereklidir.

a) Kollektörler

Yapılar için gerekli ısı enerjisinin güneşten sağlanması için güneş kolektörleri kullanılmaktadır. Kollektörler ya sera prensibine göre çalışan düz levhalı kollektörler veya nadiren mercek prensibine göre çalışan yansıtıcı kollektörler olarak bulunmaktadır. Her iki halde de kollektörde aralıklı döşenmiş borularda ısı taşıyıcı akışkan su veya hava olmaktadır.

Kollektörler güneş ışınlarını absorbe edici yüzey, ısı taşıyıcı akışkanın içinde aktığı aralıklı döşenmiş borulardan oluşmaktadır. Absorbe edici yüzeyin topladığı ısı enerjisinin kaybedilmemesi için yüzey arkadan izolasyon maddesi ile yalıtılmıştır. Ön tarafta ise güneş ışınlarını geçiren fakat ısının havaya verilmesini önleyen cam kaplama bulunmaktadır. Kollektörler terchen yapıların çatılarına monte edilmektedir.

b) Isı depolama

Güneş enerjisinin elde edilmesi gündüzle-geceye ve mevsim değişikliklerine bağlı olduğundan sürekli enerji gereksinimini karşılamak üzere depolama gereklidir. Isı depolaması su ve çakıl gibi maddelerin sıcaklıklarının artırılması ile yapılabilirdiği gibi sodyum dekahidrat ile su gibi ötektik karışımların faz değiştirmesi ile de yapılabilmektedir (ERTAŞ, E. 1976).

Suyu ısıtarak depolayan ısı depoları arasında ya tam karışmalı yada kademeli tip bulunmaktadır. 1. tipte deponun her noktasında ısının aynı olduğu kabul edilmekte, 2. de ise su sıcaklığı yoğunluk farkı ile aşağıdan yukarı doğru değişmektedir.

c) Isıtıcılar

Normal konut kaloriferinde kullanılan radyatör tipleri güneş ısıtmalı sistemde de kullanılabilir. Bu sistemde radyatör yüzeyleri su sıcaklığının düşük olması nedeniyle daha büyük olmaktadır.

2 — Güneş enerjisinin elektrik enerjisine çevrilmesi

Bu çalışmalar halen teorik safhada olmakla birlikte, Güneş enerjisi yardımı ile suyun buhar haline getirilmesi, bu buhar ile çalışan normal elektrik üreten santrallere verilmesiyle elektrik üretilebilme metodların ana noktalarıdır. Bu elektrik enerjisinden dolayı olarak ısı enerjisinde elde edilebilmektedir. Denenen metodlarda farklı olan nokta güneş enerjisinin toplama şekilleri olup, bu ya «pasif sistem» olarak bilinen geniş alanda dolaştırılan suyun buharlaştırılması ilkesine dayanmakta, diğeri ise aktif sistem olarak geniş alanlarda kurulacak aynalardan yansıtılacak ışınlarla ısınacak merkezi bir kule sistemine (Güneş ışığı toplayıcıları, fırınları ve Güneş ışığı havuzları) dayandırılmakta ve bunlar enerjiyi yararlı bir işe dönüştürerek ısı makinalarına ısı kaynağı sağlamaktadır.

3 — Güneş ışınlarından küçük kapasitede elektrik enerjisi, güneşle çalışan piller aracılığı ile sağlanmaktadır. Güneş ışığı ile çalışan piller (fotovoltaik hücreler) güneş ışığı çarptığında dolaysız elektrik yayarlar. Bu piller hareket eden parçalarından oluşur, yakıt tüketmez, değişen ısı derecesinde çalışır, az bakım gerektirir ve uzun süre dayanmaktadır. Genellikle yer yüzünde çok bulunan silikonu içermek.

tedir. Bu sistemle enerji çok pahalıya mal olmaktadır. Bugün için yalnız uzak yerlerdeki uygulamalar için ekonomiktir. Güneşle çalışan pillere çarpan (elektriğe dö-nüştürülemeyen güneş ışınlarının 4/5 den konut ve su ısıtmada yararlanılmaktadır.

5. SU VE DALGA ENERJİSİ

Yurdumuzda yağış ortalaması yolda 670 mm olup bunun tekabül ettiği su potansiyeli 518 milyar m³ tür. Bu yağış miktarının akış haline geçen kısmı 166 milyar m³ bulunmaktadır. Bu su potansiyelinin ancak 80 milyar m³'ü kullanılmaya uygun bulunmaktadır. Nehirlerimizin ekonomik olarak enerji üretme olanağı oldukça büyük olup 55 milyar KW lik enerji üretebileceği hesaplanmaktadır (YAMAN-LAR, O. 1965). Bu gün bu olanağın ancak % 17 kısmından yararlanılabilmektedir. 1978 yılında bu kaynaktan 9.364.800 10³ KW lik enerji üretilmiş bulunmaktadır (D.I.E., 1979). Bu 1979 yılı toplam elektrik enerjisi üretiminin yaklaşık % 44 üni bulmaktadır.

Ayrıca su kökenli diğer yenilenebilir enerji kaynağı da deniz dalgaları olmaktadır. Atlantığın dalgaları 3-4 m yüksekliğe kadar ulaşmakta ve dalga cephesinin her genişliği 40-90 KW kadar bir enerjiye sahip bulunmaktadır.

İngiltere'de bu hususta konstrüksiyonda birbirinden ayrılan enerji şamandırası ve enerji sah gibi tesisatlar geliştirilmiş bulunmaktadır. Bu enerji şamandıraları ve suları sahilin önüne demirlemekte su altından karaya kadar giden bağlama halatı aynı zamanda akım kablosu görevini yapmaktadır. Dalgalı deniz nedeni ile dönen enerji şamandıraları ile jeneratörü kendi sallanma hareketleri ile harekete getiren şamandıra şekilleri bulunmaktadır. Sallarda ise jeneratörü salın eğilip bükülen tek tek kısımlarının hareketleri çalıştırmaktadır. Japonya'da ise sahilde demirleyen fener gemisinin dalgalı denizde salınım hareketlerinden jeneratörün çalışmasında faydalanılmaktadır.

Dalgalardan enerji üretimi için teknoloji halen gelişmiş değildir. LONG'un belirttiğine göre aşağı yukarı 15 yıl içinde İngiltere'nin enerji gereksiniminin % 20 si sahil boyunca kurulacak böyle dalga tesisleriyle kapatılabilecektir. Bu amaç için araştırmalara önem verilmesi gerekmektedir (KRAMES, U. 1979).

6. RÜZGAR ENERJİSİ

Rüzgar değirmenleri yıllardır kullanılagelen enerji üreten yapılardır. Rüzgar gücüyle çalışan makineler iki sınıfa ayrılmakta; bunlar değirmenler ve türbinler olarak bilinmektedir. Değirmenler ağır dönerler, su pompası gibi işlerler, türbinler ise daha hızlı dönmektedirler. Her ikisi de elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Elektrik üretiminde önemli olan yatırılan para karşılığı elde edilen enerji miktarıdır. Bu nedenle büyük türbinler yerine küçük değirmenler daha uygun bulunmaktadır.

Küçük rüzgar değirmenleri (jeneratör) daha önceleri tek tek tüketicilerin gereksinimlerini karşılayabilmek için kullanılmış fakat genel akım şebekesine bağ-

lanmamış bulunmaktadır. Bu günde bu amaçla doğayı rahatsız etmeyen rüzgar değirmenlerinden tekrar faydalanmak mümkündür. Rüzgar değirmenlerinin elektrik jeneratörünün dingilinde bulunan ve büyük pervaneleri taşıyan yüksek direkler halindeki tipinden başka, ABD ve İsveç'te jeneratörü temele yerleştirilmiş pervane kısmı dikine bir eksen etrafında dönen tipi de geliştirmiş bulunmaktadır.

Bugün halihazırda rüzgar değirmenleri ile 20 Megavata kadar enerji elde edilmektedir. Geliştirilmiş rüzgar değirmenlerinin üretimi pahalı olduğundan yüksek bir etki derecesi arzu edilmektedir. Bu nedenle ABD'de rüzgarlı yerlerde düz alanlara birçok rüzgar jeneratörü yerleştirilerek rüzgar tarlaları meydana getirilmiş bulunmaktadır. İsveç'te rüzgarın garanti olduğu deniz sahiline yakın sığ yerlere rüzgar jeneratörleri yerleştirilmektedir. Bu yüzyılın sonlarına doğru hem İsveç'te hem de Kaliforniya'da rüzgar jeneratörleri ile enerji gereksiniminin % 10'unu kapatılması amaçlanmaktadır (KRAMES, U. 1979).

Bugün Federal Almanya'da büyük rüzgar enerji tesislerinde rüzgardan 5 megavatlık enerji elde edilebilmekte ve böylece 420 konutun ısınma dahil senelik enerji gereksinimi veya 6500 ailenin elektrik ihtiyacı karşılanmaktadır. Buna yılda 6000 tonluk termik santral yakıtının tasarruf edilmesi demektir (DF, 5/1980).

Ülkemizde bulunan rasat istasyonlarının rüzgar hızı frekans ve enerji analizleri sonunda bu istasyonların bulunduğu yörelerin % 25'i kadarında rüzgar enerji santrali ve tesislerinin kurulması meteorolojik bakımdan olanak dahilinde bulunmaktadır (SÖNMEZ, N. ve arkadaşları 1972). Ayrıca daha önceleri de kullanıldığı gibi küçük rüzgar jeneratörleri yapılarak küçük tüketicilerin gereksinimlerinin karşılanabileceği olanağı gözönünde bulundurulması gerekmektedir.

7. SONUÇ

Yukarıda kısaca açıklanan orman ve orman ürünü artıkları, tarımsal artıklar, hayvansal artıklar ve diğer organik artıkları kapsayan biyokütleyle diğer güneş, rüzgar, su ve dalga enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla oranda faydalanmanın teşvik için aşağıdaki tedbirlere başvurulması uygun olacaktır.

1. Kamuoyu aydınlatılarak yeni ısıtma tesislerinden yalnız yerli kaynaklar ile çalışanlara kullanma izni sağlanmalı ve bu devletçe desteklenmelidir.

2. Büyük şehirlerin ısıtılmasında çöp ve diğer artıkların kullanılmasıyla merkez ısıtma sistemleri geliştirilmeli ve bunun için en kısa zamanda deneme tesisleri kurulmalıdır.

3. Ormanda kullanılmadan kalan kök ve kütük odunu ve kabuktan azami faydalanma yerleri aranmalı doğrudan doğruya yakacak olarak kullanılan hammadde oranı gelişmiş ülkelerin seviyesine düşürülmeye çalışılmalıdır.

4. Tarımsal alanlarda ve biyokütlenin yapılmasının ekonomik olduğu yörelerde yapılarda ısı tedariki bu kaynaklardan sağlanmalı ve uygun yerlerde güneş enerjisinden de faydalanılma yolları aranmalıdır.

5. Gübrenin tezek halinde yakılması önlenerek biyogaz üretimine önem verilmalıdır.

6. Su ve dalga enerjisi ve rüzgar enerjisinden azami faydalanılma yolları aranmalıdır.

7. Enerji araştırmalarına önem verilmeli ve bunun için ayrılan kaynakların artırılması yoluna gidilmelidir.

KAYNAKLAR

- ANONİM, 1980. *Energie producent Land und Forstwirtschaft, Allgemeine Forstzeitung Wien Jg. 91/1.*
- AR, E., 1980. *Enerji sorunu ve Türkiye için tek seçenek. Milliyet gazetesi, 24 Eylül 1980, s. 5.*
- DEUTSCHER FORSCHUNGSDIENST, 2/1980. *Sonderdienst Angewandte Wissenschaft Februar 1.*
- DEUTSCHER FORSCHUNGSDIENST, 5/1980. *Sonderdienst Angewandte Wissenschaft Mai 1.*
- DEUTSCHER FORSCHUNGSDIENST, 12/1980. *Sonderdienst Angewandte Wissenschaft Dezember 1980, s. 8.*
- DİE, 1979. *Türkiye İstatistik Yılığ, DIE yayın No. 890, Ankara.*
- DPT, 1979. *4. Beş yıllık kalkınma planı.*
- ERTAŞ, E. 1976. *Güneş enerjisi ile ev ısıtılması, mühendis ve makina 20/230 s. 11.*
- İSTANBULLU, T., 1980. *Orman - Enerji ilişkileri. İ.Ü.O.F. Dergisi, Cilt 30, Seri B, Sayı 1.*
- KOPETZ, H., 1980. *Erster Energiewald «Österreichs in des Steirermarks» Holzfor- schung und Holzverwertung 3, s. 76.*
- KRAMES, U., 1979. *1. Weltkongress, Alternativen und Umwelt Internationaler Holzmarkt Nr. 25/26.*
- KRAMES, U., 1980. *Biomasseverflüssig: Heizöl als Holz, Internationaler Holzmarkt No. 8, s. 26.*
- KRAPFENBAUER, A., 1980. *Stock und Wurzelholz als Energiequelle? Allgemeine Forstzeitung 9, 237 - 239.*
- MİRABOĞLU, M., 1980. *Türkiye'de odun hammaddesi, İstanbul Ticaret Odası Eko- nomik Yayınlar Dizisi No. 9.*
- ORMAN BAKANLIĞI, 1980. *Orman Bakanlığı Çalışmaları. Sıra No. 38, Seri No. 7, Ankara.*
- SÖNMEZ, N. ve Arkadaşları, 1972. *Köylerde yakıt problemi ve gübrenin yapılma- sını önleme çalışmaları TÜBİTAK Tarım Ormancılık Araştırma Grubu Yayınları s. 16.*
- YAMANLAR, O., 1965. *Toprak Koruması Ders Notu, s. 35.*
- ZERBE, J. I., 1977. *Wood in the Energy crisis, Forest Farmer - November - Decem- ber.*