

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

‘URESA’

UTILIZATION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES
IN AGRICULTURAL VOCATIONAL EDUCATION

Project no: 2017-1-PL01-KA202-038301

Bilimsel Akademik Paradigmalar

Editör:

Prof. Dr. Kemal ÇELİK

Yazarlar:

Kemal ÇELİK, Fatmagül TOLUN, Ergün DEMİR, Murat Sabri SARAN,
Harun BAYTEKİN, Hilal ÇELİK, Maciej DYMACZ, Teodora ANGELOVA,
Zuzana PALKOVA

Bu proje Avrupa Komisyonu tarafından desteklenmiştir. Bu yayın sadece yazarlarının ve proje ortaklarının görüşlerini yansıtır ve Komisyon bu yayında yer alan içerikten sorumlu tutulamaz





Kitabın Adı : YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI
Editör : Prof. Dr. Kemal ÇELİK
Yazar : Kemal ÇELİK, Fatmagül TOLUN, Ergün DEMİR, Murat Sabri SARAN,
Harun BAYTEKİN, Hilal ÇELİK, Maciej DYMACZ,
Teodora ANGELOVA, Zuzana PALKOVA
Mizanpaj : Ceyda ŞEREFLIOĞLU
1. Baskı : Kasım 2019 ANKARA
ISBN : 978 - 625 - 7000 - 09 - 3

© Prof. Dr. Kemal ÇELİK

Tüm hakları yazarına aittir. Yazarın izni alınmadan kitabın tümünün veya bir kısmının elektronik, mekanik ya da fotokopi yoluyla basımı, çoğaltılması yapılamaz. Yalnızca kaynak gösterilerek kullanılabilir.

SONÇAĞ AKADEMİ YAYINLARI

İstanbul Cad. İstanbul Çarşısı No.: 48/49 İskitler 06070 ANKARA

T / (312) 341 36 67

www.soncagyayincilik.com.tr

soncagyayincilik@yandex.com

Yayıncı Sertifika Numarası: 25931

BASKI MERKEZİ



UZUN DİJİTAL MATBAA, SONÇAĞ YAYINCILIK MATBAACILIK TESCİLLİ MARKASIDIR.

İstanbul Cad. İstanbul Çarşısı No.: 48/48 İskitler 06070 ANKARA

T / (312) 341 36 67

www.uzundijital.com

uzun@uzundijital.com

Önsöz

Yeşil enerji olarak bilinen yenilenebilir enerji, ülkelerin enerji gereksinimlerini kendi doğal kaynaklarıyla karşılayıp enerji de dışa bağımlılıklarının azaltılmasında, ayrıca mevcut bu kaynaklarını çeşitlendirerek sürdürülebilir bir enerji kullanımını sağlamada ve enerji tüketimine bağlı çevresel zararların bertaraf edilmesinde veya en aza indirilmesinde yadsınamaz bir öneme sahiptir. Halihazırda gezegenimizde tüketilen enerjinin yaklaşık yüzde 20'si yenilenebilir kaynaklardan (güneş, rüzgar, jeotermal...vs) sağlanmaktadır. Ülkemiz başta olmak üzere birçok ülkede fosil yakıtlara olan bağımlılığın yüksek düzeyde olmasına karşın, yıllar itibarıyla yenilenebilir enerjinin kullanım oranları giderek arttığını görmek menuniyet vericidir. Özellikle enerjide net dışalımçı görünümüne sahip olan ülkemizde de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve yaygınlaştırılmasında önemli ilerlemeler kaydedilmektedir. Sözkonusu enerji kaynakları için Türkiye 2016 yılı sonu itibarıyla 35 GW toplam kurulu güç oluşturmuş ve yine toplam elektrik üretiminin yüzde 35'ini yenilenebilir kaynaklarından sağlamıştır. Güneş, rüzgâr, jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının oranları yıllar içerisinde artmasına karşın, henüz tatmin edici bir konumda olamayan ülkemiz, kurulu gücünün büyük çoğunluğunu hidrolik enerjiden sağlamaktadır. Ülkemiz coğrafi ve jeopolitik konumu nedeniyle başta güneş, rüzgâr ve jeotermal olmak üzere yenilenebilir enerji kaynakları açısından varıl bir ülke olup tüm AB ülkeleri (28) ile karşılaştırıldığında, son derece elverişli bir konuma sahip olduğu görülür. Ancak, özellikle ekonomik ve hukuki bazı kısıtlar nedeniyle sözkonusu bu kaynaklardan yararlanma oranımız şimdilik düşük düzeylerde olsa da sevindirici gelişmeler yaşanmaktadır. Türkiye'nin bu bağlamda jeopolitiği ve gereksinimleri gelecek planlamalarını şekillendirmekte ve özellikle 2023 hedefleri kapsamında yenilenebilir enerji konusuna ayrı bir önem vermesini zorunlu kılmaktadır. Bu doğrultuda atılan adımlar ülkemizin mevcut yenilenebilir enerji potansiyelini değerlendirmesinin önünü açmıştır. Öngörüler çok yakın bir tarihte, 2023 yılında elektrik tüketiminin bugüne göre iki kat artacağını göstermekte ve elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir enerji

kaynakları kullanımının (hidroelektrik dahil) ise en az yüzde 30 olmasını hedeflenmektedir. Özellikle enerjide yaşanan darboğazları her şekilde başarıyla yönetebilen Türkiye, yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelini daha etkin ve verimli bir şekilde kullanabilmek için özellikle son yıllarda kararlı tavırları ve bu bağlamdaki eylem planlarıyla ülkenin gelecek hedeflerinin gerçekleştirilmesine de önemli katkılar sağlamaktadır.

Gelecekte ülkemizin küresel enerji emperyallerine bağımlılığını önemli ölçüde azaltacak olan yenilenebilir enerji etkin üretimin yaygınlaştırılmasıyla ulusal gelir artışından, çok değişik iş kollarında yeni istihdam alanlarının açılmasına, ilgili yatırım alanlarından çevresel faktörlere, enerji arz güvenliğinden kaynak çeşitlendirmesine kadar birçok alanda da yadsınamaz derece önemli sosyo-ekonomik katkılar sağlayacaktır. Avrupa Birliği'nin desteklediği bu projeye, dört Avrupa ülkesinden değişik eğitim kurumlarından uzmanların kaleme aldığı ve basit yaklaşımlarla yenilenebilir enerji kaynaklarının okuyucuya tanıtıldığı bu kitabın yararlı olması dileğimle.

Prof. Dr. Kemal ÇELİK

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ	3
AGRO BİYOGAZ ENERJİSİ	17
BIOMASS (BİYOKÜTLE) ENERJİSİ	66
GÜNEŞ ENERJİSİ	88
HİDROELEKTRİK ENERJİ	111
JEOTERMAL ENERJİ	130
RÜZGAR ENERJİSİ	157

GİRİŞ

Ewa Ryjak

MODR, Polonya

1. ENERJİ

1.1 Enerji

Enerji, maddi bir sistemin iş yapma kabiliyetidir.

Einstein'ın denklemi altında, $E = m \cdot c^2$ enerjisi kütleye eşittir. Enerji yalnızca kütle tarafından değil aynı zamanda fiziksel alanlarla da taşınır. Bir enerjinin bir diğerine doğrudan dönüşümü mümkündür, ancak her zaman mümkün değildir.

1.2. Enerji kaynakları

- **Nükleer enerji**- Ağır element çekirdeklerinin bölünmesinde veya hafif element çekirdeklerinin birleşmesinde serbest kalan enerjidir. Diğer bir tanımlamayla, çok yüksek sıcaklıkta, yüksek enerjiye ulaşan atom çekirdeklerinin çarpışması sonucu oluşan füzyon (birleşme) ve fisyon (parçalanma) tepkimeleri ile elde edilen enerjiye “çekirdek enerjisi” veya “nükleer enerji” denmektedir.
- **Kimyasal enerji** - Elektron bulutlarındaki atomların yeniden düzenlemeleri sonucunda serbest kalan atomlar ve moleküller arasındaki kimyasal bağlarda bulunan enerjidir. Bu enerji formunun tipik örnekleri fosil yakıtlardır.
- **Mekanik enerji** - Hareketli cisimlerin veya tek tek parçacıklarının enerjisidir. Bu enerji formunun örnekleri rüzgar ve su tarafından taşınan kinetik enerjidir.

- **Termal enerji** - Fiziksel kütle içindeki atomların ve moleküllerin kaotik hareketinden kaynaklanan enerjidir. Termodinamik yasalarına göre, anlık ısı transferi sadece daha ılıktan daha soğuk bir gövdeye doğru gerçekleşir.
- **Elektrik enerjisi** - Tipik olarak iletkenlerdeki elektronlar, iletkenlikteki hareketlerine bağlı olarak elektromanyetik alanlar tarafından iletilir. Bu nedenle, elektrik enerjisi özellikle enerji iletimi ve kullanıcılara, yani enerji taşıyıcısı olarak dağıtımını için uygundur. Bu enerji formunun bir dezavantajı verimli depolamanın yetersizliğidir. Ancak diğer enerji türlerine dönüştürülebilir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının ayrılması

- a) Yenilenebilir enerji kaynakları-** Enerji potansiyeli doğal süreçlerle veya insan faaliyetleriyle sürekli olarak yenilenir. Bu kaynaklar güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, termal enerji, okyanuslardan elde edilen enerji ve biyokütle enerjisini içerir.
- b) Yenilenemeyen enerji kaynakları-** Bu kaynaklar kullanımla yavaş yavaş tüketilen kaynaklar olup, kömür, petrol gibi fosil ve nükleer yakıtları içerir.

Dönüşüm zincirindeki pozisyonuna göre enerji kaynaklarının ayrılması

- a) Birincil enerji kaynakları doğada olduğu gibi meydana gelir.** Bunlara fosil ve nükleer yakıtlar, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, su enerjisi ve jeotermal enerji dahildir.
- b) İkincil enerji kaynakları, birincil kaynakların dönüştürülmesi yoluyla elde edilen enerji kaynaklarıdır.** Mesela kömür yakılarak (birincil enerji kaynağı) ortaya çıkan ısı ikincil bir enerji kaynağı olarak kullanılabilir.

Enerji kaynaklarının kullanım derecesine göre ayrılması

- a) **Geleneksel enerji kaynakları.** Yaygın olarak kullanılan kaynaklardır. Bunlara fosil ve nükleer yakıtlar ile su enerjisi dahildir.
- b) **Geleneksel olmayan enerji kaynakları.** Bu enerji kaynakları henüz yaygın olarak kullanılmamaktadır. Pratik kullanımlarına karşılık gelen teknolojiler hızla ilerlen bu kaynaklar şu anda test edilmektedir. Enerji kaynakları güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, okyanuslardan gelen enerji, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi ve termonükleer sentezle çıkarılan enerjiyi içerir.

2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji, aynı zamanda **yeşil enerji** olarak ta bilinir. Kullanımı birçok avantaj sağlar:

- Güvenlidir ve her yerde kullanılacak bir potansiyel sunar
- Geleneksel ve yenilenemeyen enerji kaynaklarına olan bağımlılığı azaltır
- Çevrenin daha az kirlenmesi gibi bir avantaj sunar
- CO₂ ve diğer sera gazı üretimini azaltmada etkindir.
- Yeni teknolojilerin geliştirilmesinde önemli bir fırsattır

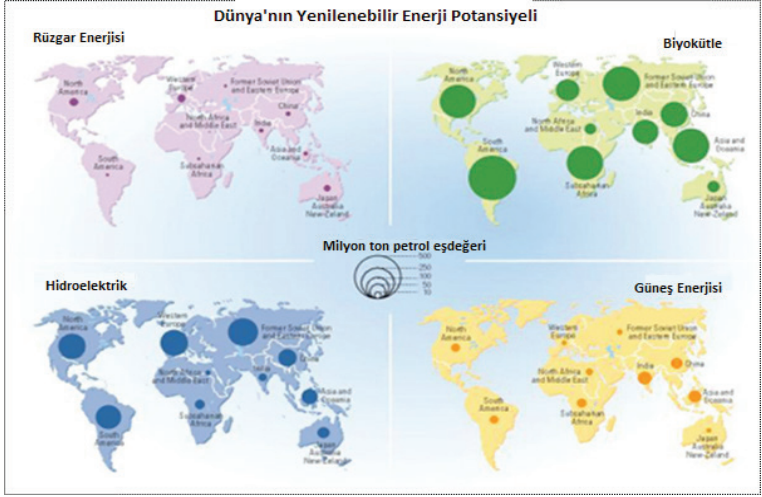
Elektrik üretimi için kullanılabilen yenilenebilir enerji kaynakları için, aşağıdaki enerji türleri göz önünde bulundurulur (Şekil 1):

- Güneş enerjisi:
 - o Fotovoltaik güneş kolektörleri,
 - o Termo-güneş toplayıcıları.
- Rüzgar enerjisi:
 - o Geleneksel
 - o Elektrik enerjisi üretimi için türbinler.
- Hidroelektrik enerjii:
 - o Akan suların enerjisi,
 - o Dalgalardan sağlanan enerji,
 - o Dere kaynaklarından sağlanan enerji,
 - o Gelgitlerin enerjisi.
- Jeotermal enerji:
 - o Isıtma/Isınma için,
 - o Elektrik üretimi için.
- Biyokütle (biyogaz):
 - o Isıtma/Isınma için,
 - o Elektrik üretimi için.

Yenilenebilir enerji kaynakları aşağıdakiler için kullanılabilir:

- o Elektrik üretimi,
- o Isıtma/Isınma,
- o Akaryakıt olarak

CO₂ üretmeyen yenilenebilir enerji kaynakları arasında biyokütle de bulunmaktadır. Biyokütlenin yetiştirildiği dönemde ve yakma işlemi gerçekleştirildiğinde emilen ve salınan olmak üzere, aynı miktarlarda CO₂ atmosfere girer. Biyokütlenin CO₂ emisyonları açısından nötr olarak kabul edilmesinin nedeni budur.



Şekil.1. Yenilenebilir enerji kaynaklarında dünya potansiyeli. (<http://earthtrends.wri.org/updates/node/149>)

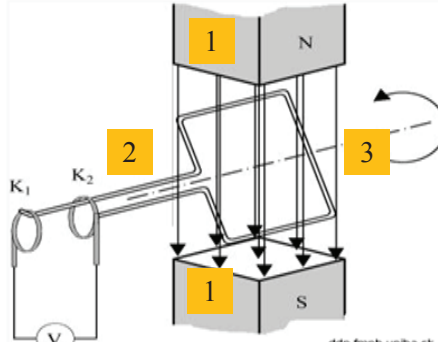
3. ELEKTRİK ÜRETİMİ

3.1 Elektrik enerjisinin temel ilkeleri

Alternatif akım kaynaklarına **alternatif akım jeneratörleri** denir.

Alternatörün bir statik kısmı (stator)- Alternatörün iki döner bobini (rotor)

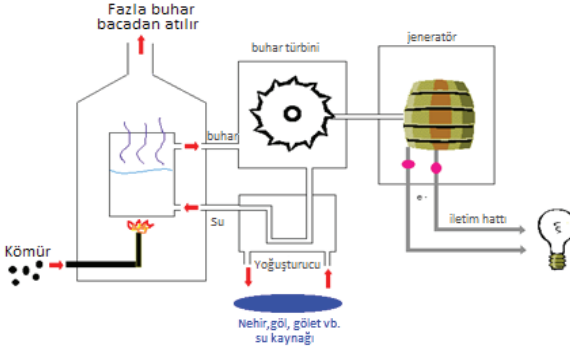
Bir bobinin sabit bir manyetik alanda döndürülmesi, elektromanyetik kuvvet üretir. Devre döngüdeyse, bu elektromanyetik kuvvet periyodik olarak değiştirilen elektrik akımını alternatif akıma değiştirir.



Şekil 2. Elektrik enerjisinde genel ilkeler

4. ELEKTRİK ÜRETİMİNE GENEL BİR BAKIŞ

Geleneksel bir elektrik santrali, kömür veya doğal gaz gibi bir fosil yakıtın yakılmasıyla elektrik üretir (Şekil 2). Bu yanma ile üretilen ısı, su ve buhar üretimi için kullanılır. Buhar, sarmal tel türbininin manyetik bir alanda dönmesine neden olur (veya bunun tersi - mıknatısın bir tel sargısında dönmesine neden olur). Bir tel, bobini manyetik bir alanda döndürüldüğünde, elektronlar tellerde akmaya başlar. Bir teldeki elektron akışı elektriğe eşittir!



Şekil 3. Basitçe elektrik üretimi

Alternatif enerjinin bazı biçimleri aynı şekilde elektrik üretir. Buradaki en büyük fark, türbini döndürmek için fosil yakıtların yanması yerine, başka enerji kaynaklarının kullanılmasıdır. Örneğin, rüzgâr enerjisi, sarmal tel türbinlerini elektrik üretmek için çeviren yel değirmenlerini kullanır. Nükleer enerji, sıvı suyu buhara dönüştürmek için uranyum atomlarının ayrılması ile oluşan ısıya dayanır ve bu da sarmal tel türbini döndürür. Bazen tahta veya mısır parçaları veya çöp veya diğer organik maddeler (topluca biyokütle olarak adlandırılır) yanar ve suyun kaynamasına neden olur. Aynalarla odaklanmış güneş ışığı, suyu kaynatmaya yetecek kadar ısı bile üretebilir (Bu tür santrallerin bir örneği Mohave çölünde görülebilir).

Barajların üzerinden akan su da türbinleri döndürebilir; buna “**hidroelektrik güç**” denir. Dünya okyanuslarında güneşin ve ayın çekimsel gücü sonucu oluşan gelgitler ve suyun akışı gelgit santralinde türbini döndürmek için kullanılır.

Diğer alternatif enerji türleri daha doğrudan bir şekilde elektrik üretir. Örneğin yakıt hücreleri, bir elektrik akımı üretmek için Hidrojen gazından elektronları çıkarırlar ve fotovoltajik hücreler, elektronları yarı iletken olarak harekete geçirmek için güneşten gelen ışığın fotonlarına dayanır ve böylece bir elektrik akımı üretir.

5. ELEKTRİK ÜRETİMİ - ENERJİ GÜÇ İSTASYONUNDA ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

Elektrik üretimi, enerji dönüşüm şeklidir. Enerjinin dönüştürülmesi gerekir. Çünkü doğada neredeyse doğrudan kullanılabilir elektrik kullanılmaktadır.

Enerjinin dönüşümü:

- Tekli (Tek Seviyeli)
- Çoklu (Çok Seviyeli)

Elektrik üretimi santrallerde yapılmaktadır. Elektrik santrali elektrik üreticisidir. Elektrik üretimi, dağıtım ve tüketimine yönelik tesisleri içeren elektrik şebekesinden, herhangi bir enerji santrali, başka bir enerji türünden elektrik dönüşümünün gerçekleştiği aktif birimdir. Elektrik, özellikleri nedeniyle ilginçtir. Uzun mesafelerde nispeten kolay bir şekilde transfer edilebiliyor olması, arzu edilen diğer enerji formlarına (ışık, ısı, elektromanyetik dalgalar vb.) dönüştürmek için kullanılabilir olması ile karakterize edilir. En önemli ve en birincil enerji kaynağı olarak kabul edilir.



Emici (Absorbe edici)- Çözültiden, süspansiyondan veya gaz karışımlarından başka maddeleri emebilen ve homojen çözültülerle oluşturulan bir maddedir.

Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi - Buharın yüksek basınçlı bir sıvı içine pompalanarak adapte edilmiş bir ters rankine çevrimidir.

Güneşin geliş açısı - Güneşin gökyüzünde ne kadar yüksek görüldüğünü açıklar. Açı, gözlemci ile güneş arasındaki hayali bir çizgi ile gözlemcinin durduğu yatay düzlem arasında ölçülür. İrtifa açısı aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\sin (ALT) = [\cos (L) \cdot \cos (D) \cdot \cos (H)] + [\sin (L) \cdot \sin (D)]$$

Nerede: ALT - Güneş geliş açısı, L - Enlem, D - Sapma, H - Saat Açısı

Anaerobik ayrışma - Bu, oksijen yokluğunda oluşur ve yanıcı metan üretir.

Arşimet Vidası - Arşimet vidası, Yunan matematikçi Arşimet ile ilişkilendirilmiş bir su motorudur. Sıkı oturan bir silindirin içinde dönen büyük bir spiral vidadan oluşur. Vidanın en alt kısmı suya daldırılır ve silindir döndürüldüğünde az miktarda su toplanır. Vida hala, sulama için suyu arttırmak için Mısır'daki Nil deltasındaki suyu kaldırmak için kullanılır ve çoğunlukla değirmenlerdeki tahılları öğütmek için kullanılır.

5.1. Sonbahar ekinoksu - Güneş, ekvatorun dikey olarak üzerinde olduğu zamandır. Kuzey yarımkürede 23 Eylül'de gerçekleşir. Bunun etkisi, gece ve gündüz sürelerinin eşit olmasıdır.

Güneşin Azimut açısı - Bu, kuzey yarımkürede, güneşten gelen direkt ışının yatay bileşeninin güneye doğru yaptığı açıdır.

Biyodizel- Biyodizel yapma işlemi transesterifikasyon olarak bilinir ve bitkisel yağla metanol ilave edilerek elde edilir.

Biyootanol - Bu içilebilir alkol, bira, şarap ve alkollü içeceklerde kullanılan etken maddedir.

Biyokütle - Yetiştirilen mahsuller veya organik atıklar (bula-maç ve lağım suyu dahil).

Kalorik Değer - Yanıcı bir maddenin kalorifik değeri, bu maddenin 1 kg'ı tamamen yandığında üretilen ısıdır (ayrıca, yanma ısısı veya yakıt için ısı değeri olarak da bilinir).

Karbon Siklus - Bu, hayvanlar ve bitkiler ve küresel çevre arasında karbon değişimi yapılan dolaşım olayları zinciridir.

Carnot Döngüsü - Tersinir adyabatik (izentropik) ve izotermal açılımlar ve kompresyonlardan oluşan hayali bir ideal döngü. Verilen tüm net ısı çalışmaya dönüştürüldüğü için, bu döngü,

farklı sıcaklıklarda iki rezervuar arasında çalışan bir sistem için mümkün olan maksimum iş çıktısını verir.

Birleşik Isı ve Güç - Enerji üretiminden kaynaklanan atık ısının kullanıldığı yer.

Birleşik Isı ve Güç ve Soğutma - Üretilen enerjinin bir kısmı soğuk üretmek için bir soğutma sistemini beslerse.

Kimyasal Enerji - Kimyasal sistemlerde var olan enerji.

Güneşin Eğim Açısı - Güneşin dünyanın ekvator düzleminde açısal yer değiştirmesi.

Elektrokimyasal enerji depolama - Bunlar, pilleri ve akümülatörleri içerir.

Enerji depolama - Enerji akümülatörleri mekanik, kimyasal, elektrokimyasal veya termal sistemler olabilir.

Entropi- Bir sistemdeki durum ölçüsü.

Etanol - İçilebilir alkol, bira, şarap ve alkollü içeceklerdeki aktif maddedir.

Ekserji- Enerjinin kalitesi. Enerji dönüşümü sürecinde maksimum kullanılabilir enerji.

Isı Ekserji - Isı kaynağının sıcaklığı ve çevre sıcaklığı arasında çalışan ideal bir Carnot döngüsünde işe dönüştürülecek olan ısı miktarının (mevcut enerji veya termodinamik kullanılabilirlik) bir kısmı.

Termodinamiğin Birinci Yasası - Enerji ve materyaller her zaman korunur, ne yaratılabilir ne de imha edilebilir, sadece bir durumdan veya formdan diğerine dönüştürülebilir.

Francis türbin - Su türbini türü, hareketli sudan enerji alan döner bir motordur. Radyal ve eksenel akış kavramlarını birleş-

tiren bir iç akış reaksiyon türbinidir. Francis türbini, 19. Yy. da James B. Francis tarafından geliştirilmiştir ve elektrik şebekelerinden önce endüstriyel güç için yaygın olarak kullanılmıştır.

Yakıt Pilleri - Yanma olmadan elektrik ve ısı üretmek için yakıt ve hava kullanır. Doğal gaz, metan, kömür gazı veya depolama gazı dahil çeşitli yakıt kaynaklarını kullanabilirler.

Isı Pompası - Bir ısı kaynağından (Toprak, su, hava veya atık ısı) ısı enerjisi sağlayan bir cihazdır. Isı pompaları, ısıyı soğuk bir alandan emerek ve daha sıcak bir ısıya dönüştüren ısı enerjisi kendiliğinden akış yönünün tersine taşımak için tasarlanmıştır.

Saat açısı - Güneşin öğlen pozisyonundaki açısal yer değiştirmesidir (saat, 1h = 15° cinsinden).

Hidroliz - Bu, hidrojen oluşturan su ile etkileşerek maddelerin parçalanmasıdır.

Kaplan türbini - Kaplan türbini, içeri akış reaksiyon türbini kullanan bir su motorudur; bu, akışkanın türbin içinde hareket ettikçe basıncı değiştirdiği ve enerjisinden vazgeçtiği anlamına gelir. Tasarım radyal ve eksenel özellikleri birleştiriyor.

Kelvin ölçeği - Termodinamik (mutlak) bir sıcaklık ölçeği ve İrlandalı fizikçi ve mühendis William Thomson, 1. Baron Kelvin (1824-1907) tarafından geliştirilmiştir. Bu ölçeğin sıfır noktası, Santigrat ölçeğinde -273,15°C'ye eşittir. Bu sıfır noktası, evrendeki herhangi bir şeyin mümkün olan en düşük sıcaklığı olarak kabul edilir. Bu nedenle, Kelvin ölçeği mutlak sıcaklık ölçeği olarak da bilinir.

Termodinamik Yasaları - Sıfır, Birinci, İkinci ve Termodinamiğin Üçüncü Yasası.

Mekanik depolama sistemleri - Volan kinetik enerji deposunu, pompalı sıvı deposunu ve sıkıştırılmış gaz deposu düzenlemelerini içerir. Bir yakıt için NET kalorifik değeri - yanma ürünlerindeki su, buhar formunda olduğunda hesaplanır.

Osmoz - Yarı saf bir membrandan saf suyun ve tuzlu çözeltilerin diferansiyel geçiştir.

Güneş Enerjisinin Pasif Olarak Kullanımı - Binalardaki özellikler, iç çevreye maksimum güneş enerjisi kazancı sağlar. Bunlar güneş camları, güneş duvarları ve çatı tiplerini içerir ve binanın yönüne bağlıdır.

Pelton türbini - Darbeli su türbini. Reaksiyon prensibine göre çalışır: Su çok yüksek bir hızla hareket çarkının kanatlarına bir veya daha fazla nozuldan püskürtülür. Meydana gelen hareket enerjisi elektriğe çevrilir.

Fotosentez- Bir bitkinin klorofilinin absorbe ettiği güneş ışığını kullanarak karbondioksit ve suyu basit karbonhidratlara ve oksijene dönüştürmesidir.

Fotovoltaik Sistemler- Bu sistem güneş pilleri içerir ve belirli kimyasal madde bileşenlerinin özel olarak hazırlanmış öğelerine düşen ışığın, arayüz boyunca potansiyel bir fark yarattığı fotoelektrik etkiler üzerinden çalışır.

Pitot statik tüp - Rüzgâr veya su hızlarını ölçmek için bir cihaz.

Politrofik süreç - $P.Vn = \text{const.}$ Formülüyle gösterilen termodinamik bir süreçtir.

Potansiyel Enerji - Yüksekliğe bağlı enerjidir.

Güç - Mekanik enerji olup birim zamanda harcanır. İş yapma oranıdır.

Basınç Enerjisi - Basınçla ilişkili enerjidir.

Piroliz - Sınırlı bir oksijen kaynağında (vakum koşullarında) atıkların yüksek sıcaklıkta ısıtılmasıyla ortaya çıkan atıkların fiziksel ve kimyasal ayrışmasıdır.

Radyalpiranometre - Radyal akımı ölçmek için kullanılan bir cihazdır.

Rankin döngüsü - Çalışmak için gerekli ısı. Bu, iş üreten bir genleşme cihazına beslenmek üzere bir sıvıyı yüksek basınçlı buhara kaynatma işlemidir. Düşük basınçlı buhar daha sonra soğutularak yoğunlaştırılır ve elde edilen sıvı, kazanın daha yüksek basıncına pompalanır ve çevrimi tamamlar.

Solunum - Bu, kandaki hemoglobin tarafından hayvanların akciğerlerinden kaslara oksijen taşınması işlemidir. Karbonhidratlar atmosfere atılmak üzere akciğerlere geri taşınan karbon dioksit oluşturmak için oksitlenir.

Seçici emici - Kısa dalga ışınımını iyi emen, ancak daha uzun dalgalara yayan bir malzemedir.

Termodinamiğin İkinci Yasası– Bu yasa, bir döngü içinde çalışacak, bir kaynaktan ısı çıkaracak ve çevrede eşdeğer miktarda bir çalışma yapacak bir sistem kurmanın imkânsız olduğunu belirtir.

Bahar ekinoksu - İlkbaharda güneşin dikey olarak ekvatorun üzerinde olduğu zaman - gece ve gündüz süreleri eşittir.

Yaz Gündönümü - Güneşin kuzey yarımkürede yaz aylarında Dünya'nın ekvatorundan en uzak olduğu zamandır.

Isıl enerji - Isı değişiminden kaynaklanan enerji.

Yengeç Dönencesi - Enlem + 23 ° 30 'N.

Termodinamik - Maddelerin ısıtılıp, soğutulduğunda, genişleşip veya sıkıştırılırken nasıl davrandığı ile ilgilidir. Özellikle, ısı, ışık ve diğer enerji formları arasındaki ilişkiyle ilgilidir.

Termodinamiğin Üçüncü Yasası - Bir maddenin entropisi, termodinamik sıcaklığı sıfır derece Kelvin'e yaklaşırken sıfıra yaklaşır.

Toplam enerji - Bir sistemdeki tüm potansiyel, kinetik, basınç, kimyasal ve termal enerjinin toplamı.

Kanat anemometresi - Rüzgâr veya su hızlarını ölçen bir cihaz.

Rüzgar Motoru - Yatay ve dikey eksenli yel değirmenleri veya rüzgar türbinleri.

Kış Gündönümü - Güneşin kuzey yarımkürede yazın kışın, yaz aylarında yazın Oğlak Tropik üzerinde dünyanın ekvatorundan en uzak olduğu zamandır.

Termodinamiğin Sıfırıncı Yasası - İki maddenin her biri üçüncü bir maddeyle dengede ise, iki madde birbiriyle dengededir.

AGRO BİYOĞAZ ENERJİSİ

By Maciej Dymacz

ARID Lacjum, Polonya

1. BİYOENERJİ VE BİYOĞAZ NEDİR?

1.1. Temel tanımlar

Yenilenebilir enerji teknolojileri, doğal olayları faydalı enerji formlarına dönüştürerek pazarlanabilir enerji üretir. Bu teknolojiler, enerjiyi insanlar tarafından kullanılabilir çeşitli kaynaklardan sağlarlar. Yenilenebilir enerji, güneş ışığı, rüzgâr, yağmur, gelgit, dalgalar, biyokütle ve jeotermal gibi zaman içerisinde doğal olarak yenilenen (yenilenebilir) kaynaklardan toplanan enerjidir. Biyoenerji, doğal, biyolojik kaynaklardan yaratılan yenilenebilir enerjidir. Bitkiler, hayvanlar ve yan ürünleri gibi birçok doğal kaynak değerli enerji kaynağı olabilir. Modern teknoloji çöp depolama alanlarını veya atık bölgelerini potansiyel biyoenerji kaynakları olarak değerlendirerek, ısı, gaz ve yakıt sağlayan sürdürülebilir bir güç kaynağı olarak kullanılabilir hale getirir. Biyoenerjinin kullanılması karbon salınımını azaltma ve çevreyi iyileştirme potansiyeline sahiptir. Biyoenerji, geleneksel fosil yakıtlarla aynı miktarda karbondioksit kullanırken, kullanılan bitkilere bağlı olarak etki en aza indirilebilir. Hızlı büyüyen ağaçlar ve bazı tarla bitkileri biyoenerji hammaddeleri olarak kullanılabilir ve karbondioksit salınımını azaltılabilir.

Ham kaynakları enerjiye dönüştürmek için üç işlem vardır: kimyasal, termal ve biyokimyasal. Kimyasal işlem, doğal kaynağı parçalamak ve onu sıvı yakıtı dönüştürmek için kimyasal maddeler kullanır. Mısır tanesinden oluşturulan bir yakıt olan

mısır etanolü kimyasal işlem sonuçlarına bir örnektir. Termal dönüşüm, enerji kaynağını yanma veya gazlaştırma yoluyla enerjiye dönüştürmek için ısı kullanır. Biyokimyasal dönüşümde ise, enerji kaynağını dönüştürmek için kompostlama veya fermentasyon gibi bakteri, akre veya diğer organizmalar kullanılır. Teknoloji ilerledikçe biyoenerji; küresel ısınma ve iklim değişikliği ile bağlantılı zararlı gazların salınmasını önemli ölçüde azaltma potansiyeline sahip bulunmaktadır. Biyoenerjide ormanların ve tarım alanlarının kullanılması, karbondioksit salınımına karşı mücadelede ve ekolojik dengenin sağlanmasında önemli rol oynamaktadır. Biyoenerji, bir tür dönüşüm işlemine tabi olan veya olmayan biyokütle besleme stoklarından yapılan katı, sıvı veya gaz yakıtların yakılmasıyla yaratılmaktadır.

Biyokütle:

Biyoenerji için hammadde olarak farklı şekillerde biyo-kütle kaynakları kullanılabilir. • Gıda ve yem üretiminde kullanılan bitkiler, özellikle şeker, nişasta ve yağ bitkileri önemli biyokütle kaynaklarıdır ve enerji eldesinde kullanımları yaygındır. Yakıt olarak kullanılan gıda ürünlerinin başında buğday, mısır, sorgum, soya, palm yağı ve şeker kamışı gelmektedir.

- Tarımsal kalıntılar, buğday samanı ve tohum kabuğu gibi mahsullerin yanı sıra posalar ve gübre de dahil olmak üzere diğer tarımsal yan ürünlerdir.
- Ormancılık ve orman kalıntıları, var olan ormanlardan elde edilen odunsu malzemeyi (yönetilebilecek ya da yönetilemeyecek) kereste fabrikaları artıklarından, orman zeminlerinden ve ağaç budama kalıntılarından elde edilen malzemeler önemli biyo kütle kaynaklarıdır.

- Atık, kullanılmadığı durumda atılma eğiliminde olan, evsel veya endüstriyel yiyecek atıklarını, atık suları ve diğer biyolojik atıkları ifade etmektedir.
- Yiyecek amaçlı olmayıp enerji üretimi amaçlı üretilen bitkilere enerji bitkileri adı verilir. Örnekler arasında *Miscanthus* (fil otu) ve söğüt gibi yüksek lignin içerikli hızlı büyüyen ağaçlar, otlar ve jatropha (Hint fıstığı) gibi yağ bitkileri sayılabilir.

Dönüşüm işlemleri:

Biyokütle doğrudan ısı ve güç elde etmek için yakılabilirken, hammaddeyi kullanılabilir bir yakıtla dönüştürmek için genellikle kimyasal işlemler uygulanmaktadır. Burada iki önemli süreç tanımlanmaktadır:

- Mevcut dönüşüm süreçleri, fermantasyon ve anaerobik sindirim dahil, endüstriyel ölçeklerde biyoyakıt üretmek için yaygın olarak kullanılan olgun teknolojilerdir.
- Gelişmiş dönüşüm süreçleri ise, bazı tanıtım tesislerinin işletmedeki hali hazır araştırmalarının konusudur, ancak henüz yaygın bir şekilde kullanılmamaktadır. Örnekler arasında selülozik etanol üretimi, Fischer-Tropsch sentezi ve piroliz yer alır.

Biyokütle, biyogaz gibi diğer faydalı enerji biçimlerine dönüştürülebilir. Biyogaz tipik olarak, oksijensiz (anaerobik) bir ortamda organik malzemelerden üretilen farklı gazların karışımını ifade eder. Elde edilen biyogaz, çoğunlukla yenilenebilir elektrik ve ısı enerjisi üretmek için kullanılmaktadır. Biyogaz fermantasyon sürecinin sonucudur. Fermantasyon ile kapalı bir sistem içinde materyali sindiren anaerob olarak da bilinen mikro-

organizmalar kullanılarak organik maddelerin parçalanma işlemi kastedilmektedir. Bu kapalı sistem anaerobik bir sindirici, biyodizel üretici veya bir biyoreaktör olarak adlandırılır.

Biyogazın organik materyalden çıkarılması için anaerobik sindirim tekniği tüm dünyada uygulanmaktadır. Örneğin, gelişmekte olan birçok ülkede insanlar dışkı, idrar ve mutfak atıklarıyla çalışan kendi küçük ölçekli biyogaz tesislerine sahiptir. Küçük çaplı tesislerde elde edilen biyogaz genellikle yemek pişirmek için kullanılır. Daha teknolojik olarak gelişmiş ülkelerde, biyogaz üretimi daha büyük ölçekte kullanılmaktadır. Bu ülkelerde, biyogaz üretimi ve kullanımı, fosil yakıtlara daha az bağımlı hale gelmenin bir yolu olarak görülmektedir. Diğer bir neden, biyogaz üretiminin doğrudan kullanımıyla metan gazını (karbondioksitten 21 kat daha zararlı sera gazı) değerlendirerek daha az sera gazı emisyonuna yol açmasıdır. Dolaylı etki, diğer çevre dostu olmayan enerji kaynaklarından kaçınılmasıdır (birinci sebeple bağlantılı).

Biyogaz, temel olarak bir metan (CH_4) ve karbon dioksit (CO_2) karışımından oluşur ve az miktarda hidrojen sülfür (H_2S), nem ve siloksanlar içerebilir. Gaz, anaerobik bir sindirim işleminin bir sonucudur: “Metan üretimi ile sonuçlanan, oksijensiz bir ortamda organik materyali metabolize ederek mikro organizmaların enerji ürettiği ve büyüdüğü bir süreçtir”. İyi bir anaerobik sindirim işlemi için, biyokütle girişleri karbonhidrat, protein, yağ, selüloz ve hemiselüloz içermelidir. Nihai gaz verimi karbonhidrat, protein ve yağ içeriğine bağlıdır. (Economic and Institutional Aspects of Biogas Production, 2012). Biyogaz çevre dostu bir enerji kaynağı olarak bilinir. Çünkü aynı anda iki ana çevre sorununu azaltır:

1. Her gün tehlikeli düzeyde metan gazı salgılayan küresel atık salınımını önler.
2. Küresel enerji talebini karşılamak için fosil yakıt enerjisine bağımlılığı azaltır.

Organik atıkları enerjiye dönüştüren biyogaz üretimi, aynı zamanda doğal organik maddeleri kompost gibi verimli kaynaklara dönüştürür. Biyogaz üretimi, atık depolama alanlarını kirletebilecek atık maddelerden kurtarmaktadır. Atık su arıtma tesislerinde toksik kimyasalların kullanılmasını önler ve atıkları yerinde işleyerek para, enerji ve malzeme tasarrufu sağlar. Ayrıca biyogaz kullanımı, enerji üretmek için fosil yakıt kullanımını gerektirmez.

1.2. Temel terimler

Bir biyogaz tesisinin devreye alınması birçok paydaş dahil edilmeden yapılamaz. Gelişme aşamasında, inşaat ve/veya işletme sırasında rol oynayan teknik ve ekonomik konular hakkında güvence almak için hemen hemen her paydaş gerekli görünmektedir. Burada iyi bir sonuç için, tüm paydaşlarla iyi işbirliğini göz ardı etmemek gerekir.

Biyogaz tesisine yatırım planlanırken dikkat edilecek faktörler ve paydaşlar:

Banka: Sermayenin kaynağı. Bir biyogaz tesisi için yatırım maliyeti, tesisin büyüklüğüne göre değişebilir, ancak her zaman yüksektir. Batı Avrupa ülkelerinde gübre ve yan ürünler kullanan bir biyogaz tesisinin yatırım maliyetinin yaklaşık 2740 €/kWe olduğu tahmin edilmektedir. Bu tür yatırım maliyetleri genellikle banka kredileriyle karşılanmaktadır. Bu nedenle, kredi almak için banka ihtiyaç duyulmaktadır.

Biyogaz tesisi sahibi: Merkezi paydaş biyogaz tesisinin sahibidir. Mal sahibi, çiftlik faaliyetlerini biyogaz üretimi ile genişleten bir çiftçi olabilir. Biyogaz üretimi ile işlerini genişleten tarımsal hizmet sağlayan firmalar da bulunmaktadır. Yenilenebilir enerjiye yatırım yapan kooperatifler veya yatırım yapan şirketler gibi başka mülkiyet biçimleri de mevcuttur.

Müteahhit: Bir biyogaz tesisinin fiili yapımı genellikle böyle bir tesisin nasıl inşa edileceğine ilişkin teknik bilgiye sahip uzman şirketler tarafından yapılır. Bu inşaat şirketleri ayrıca sıklıkla uluslararası olarak da faaliyet göstermektedir.

Danışman: Bazen bir danışman aynı zamanda bir yüklenici olarak da faaliyet gösterir. Ancak birçok durumda, belirli bir sorun hakkında tavsiye almak için dış danışmanlık şirketlerine başvurmak gerekebilir. İnşaat aşamasından önce, kamu destekleri, sübvansiyon ve izin taleplerinde bir danışmandan hizmet alımı yapmak yararlı olabilir. Biyogaz tesisi kurulduktan sonraki başlangıç aşamasında, koku sıkıntısı, düşük metan üretimi veya menü bileşimi gibi problemlerde de danışmanlardan yardım alınabilir.

Digestat müşterisi: Her bekleme süresinden sonra, biyogaz tesisleri yeni biyokütle ile beslenir ve kalan sindirilmiş materyal, kompost (digestat) atılmalıdır. Toprak düzenleyici ve besleyici olarak cazip özelliklerine rağmen digestat, gübre pazarındaki yüksek maliyetlere rağmen kullanımı yavaş kalmaktadır. Yanmış çiftlik gübresinden daha iyi özelliklere sahip olmakla birlikte, tam tanımlaması yapılmamıştır. Bazı durumlarda, digestatı çiftlik sahipleri kendi arazisinde kullanmaktadır. Eğer kendi arazisi mevcut değilse, pazarlamak zorundadır. Bunun için eleme, temizleme ve paketleme tesislerine de ihtiyaç duyulmaktadır.

Kompostun preslenmesi, kurutulması ve paketlenmesi pazarlamayı kolaylaştırmaktadır.

Elektrik tedarik şirketi: Üretilen elektrik, elektrik tedarik şirketlerine satılmaktadır. Biyogaz tesisi sahibi ve elektrik alıcısı, şebekeye bağlantı ve elektriğin taşınması için bölgesel bir şebeke operatörüne ihtiyaç duymaktadır.

Enerji, enerji talebi ve tesis verimliliği: Biyogazın kullanımı, sıklıkla elektrik ve ısı üreten bir kombine ısı ve güç ünitesi vasıtasıyla yapılmaktadır. Aşırı ısı genellikle kullanılmaz, bu nedenle en çok ne tür enerjinin talep edildiği ve ne miktarda olduğu tanımlanmak zorundadır. Biyogaz tesisine yatırım planlanırken, çiftlik veya şirketin enerjiye olan talebi en önemli belirleyici faktörlerden biridir. Biyogaz tesisinin enerji verimliliği, yatırım maliyetlerini ve geri dönüş oranını ifade etmektedir.

Giriş tedarikçisi: Biyogaz birçok durumda gübre ve yardımcı ürünlerden üretilir. Çiftçi aynı zamanda bir biyogaz tesisinin sahibi olduğu zaman, örneğin mısır gibi bazı ortak ürünler ile kendi çiftliğinden gübre elde edebilir. Ancak, mal sahibi sıklıkla farklı ortak ürünler ve ekstra gübre almak zorunda kalır. Tedarikçileri, diğer çiftçiler veya organik atığı çıkan gıda endüstrileri olabilir. Sindirim menüsünün en az % 51'inin gübre içermesi gerektiğinden, bazen ilave gübre gerekir. Biraz ekstra gübre edinmek genellikle bir sorun değildir. Birçok bölgede aşırı miktarda gübre bulunmaktadır.

Hükümet: Bir paydaş olarak hükümet üç farklı noktada destek olabilir. Avrupa Birliği (AB) fonlarının kullanımında, ulusal ve yerel kaynakların kullanımında paydaş olabilir. Yerel düzeyde hükümet, belirli bir yerde biyogaz üretimine yatırım yapılmasına izin yetkilerine sahip olduğu için büyük öneme sahiptir. Bu izin-

lerin arazi kullanım planlaması, genel olarak çevre konularında ve reaktörlerin kurulması ve girdi düzenlemesi ile ilgili özel kuralların oluşturulması gerekmektedir. Ulusal düzeyde hükümet, fosil yakıtlara daha az bağımlı olma ve sera gazı emisyonlarını azaltma gerekliliğinin farkında olup, öncelikler tanımaktadır.

Şebeke operatörü: Elektrik şebekesi, yüksek ve orta / düşük gerilimli olmak üzere ikiye ayrılır. Orta/düşük gerilimli şebekelerden bölgesel şebeke operatörleri (elektrik dağıtım şirketleri) sorumludur. Bir biyogaz tesisi sahibi üretilen elektriğini bir elektrik tedarik şirketine satmak istediğinde, bölgesel şebeke operatörü şebekeye bağlantı ve elektriğin taşınmasından sorumludur.

Komşuluk: Biyogaz tesisinin kurulacağı bölgede yaşayanlar yöre halkını NIMBY (Arka Planda Değil) davranışını gösterebilir, örneğin artan taşıma hareketleri, kirleticilerin salınımı, koku ve hastalıkların taşınması gibi endişeler yöre halkını bu türden bir davranışa itebilir. Bu tür davranışların sonucu, protestolar nedeniyle izinlerin verilmemesi durumu ile karşılaşılabilir. İnşaat aşaması ertelenebilir hatta bu aşamaya hiç geçilemeyebilir. Bu nedenle, seçilen yerin çevresinde yaşayan insanların olası kaygıları dikkate alınmalıdır.

Ticaret acentesi (potansiyel): Gübrenin sindirim sürecine yardımcı ürünler eklemek, biyogaz üretimini önemli ölçüde artırır. Bu nedenle, ticaret acentaları girdi tedarikçileri ve biyogaz tesisi sahipleri arasında aracı ticaret yapma fırsatları görüyorlar. Bununla birlikte, bu ortak ürünler pek mümkün değildir. Önemli bir yardımcı ürün tedarikçisi olabilen gıda endüstrisi, günümüzde biyokütlenin çoğunun gıda ve yem amaçlı olarak verimli bir şekilde kullanıldığını göstermektedir. Biyogaz enerji üretimi için kullanılacaksa, biyokütlenin düşük kaliteli enerji amaçlı kullanıl-

dığı anlamına gelir. Bu nedenle, gıda endüstrisi için biyokütle için enerji üretimi için kullanılması daha az çekici bir uygulamadır. Ticari ajanlar aynı zamanda gübre pazarında da yer almaktadır. Başlıca rolleri taşımacılıktır ancak bazen daha iyi homojen bir kalite elde etmek için geçici depolar ve araziler satın alırlar. Bu tür tesislere sahip olarak, fiyatlar ve ücretler hakkında spekülasyon yapma imkânı da vardır.

Bilim: Biyogaz tesisinin düzgün bir şekilde kurulması için, biyogaz sektörünü (temel) bilgi ile desteklemekte büyük rol oynayan üniversiteler, araştırma ve/veya özel Ar-Ge şirketleri tarafından temsil edilen bilimsel sektörle işbirliği yapmak bazen çok önemlidir. Bilim insanları yeni ve kanıtlanmamış teknolojilerle denemeler yapıyorlar. Bu araştırmalar örneğin, biyogaz sektörünün bazı verimlilik iyileştirmeleri yapmasına yardımcı olabilir. Hükümetler ayrıca, politikalarını bilimsel desteklerle desteklemek için bu araştırma enstitülerinden yararlanmaktadır.

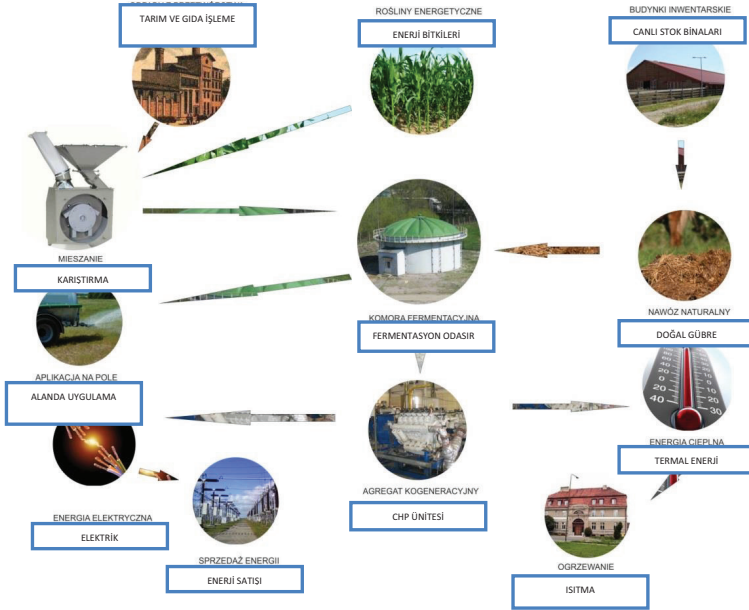
2. AGRO BIYOGAZ ENERJİ KAZANIMI VE KULLANIM PRENSİPLERİ

2.1. Tarımsal biyogaz tesisi nedir?

Bir tarımsal biyogaz tesisi, bir tarım çiftliğinde üretilen organik substratların metan fermantasyonunu gerçekleştirmek ve fermantasyon işleminin tamamlanmasından sonra uygulamalarını sağlamak için kullanılan bir cihaz setidir. Yasal düzenlemelere göre tarımsal biyogaz, atık su arıtma tesislerinden ve depolama alanlarından gelen işlenmemiş hammaddeler hariç olmak üzere tarımsal atık ürünler, sıvı veya katı hayvan gübresi, tarımsal ürünlerin veya orman biyokütlelerinin işlenmesinden kaynaklanan atık ürünlerinin fermantasyonu sonucu elde edilen gazdır. Tarımsal biyogaz, böylece hem hayvansal hem de bitki üretimin-

den elde edilen tüm tarımsal ürünlerden elde edilebilir. Biyogaz hemen hemen her türlü tarımsal malzemeden üretilebilir ve bu madde (substrat) belirli bir miktarda metan üretme potansiyeli olan çeşitli enerji değerlerine sahiptir.

Biyogazdan elde edilen enerjiyi elde etmek ve yönetmek için çeşitli olasılıklar vardır. Şekil-1 de bu olasılıklar gösterilmektedir.



Şekil 1. Yenilenebilir enerji döngüsü

2.2. Tarımsal biyogaz tesisinin elemanları – gaz üretiminin çeşitli aşamaları

Her tarımsal biyogaz tesisi birkaç temel unsurdan oluşmaktadır. Biyogaz tesislerinde kurulu olan ilave elemanlar kullanımlarına ve güçlerine bağlıdır.

Böylece, her biyogaz tesisinin temel elemanları şunlardır:

- substrat depolama alanı,
- substratı tanktan reaktöre taşıyan cihaz,
- sindirici,
- gaz tutucu,
- fermantasyon artıkları depolama tankı.

Biyogaz tesisinin kullanımına bağlı elemanlar:

- jeneratör,
- gaz yakan ve ısı üreten cihaz,
- kojeneratör.

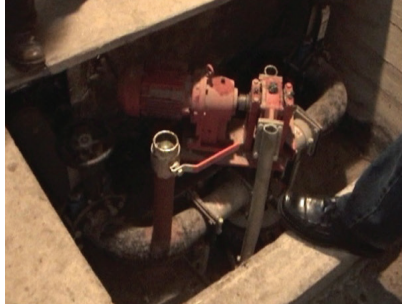
Substrat deposu: Her biyogaz tesisi bir depo ile donatılmalıdır. Sabit bir biyogaz üretim hacmini korumak için depolama alanı gereklidir. Depolama sahasının kapasitesi, gün-



lük üretilen substratın hacminin 0,5 - 2 katı olmalıdır. Sıvı substratlar için depolama tankı, beton, çelik veya plastik gibi farklı malzemelerden yapılabilir. Depoyu yapmak için kullanılan malzeme depolanan malzemeye bağlıdır. Yeraltı ve yer üstü tanklar olmak üzere iki çeşit tank mevcuttur. Sıvı ve yarı sıvı substrat depolama tankları hermetik olmalı ve substrat üretimi ile ilgili olarak yeterince büyük olmalıdır. Bitki sübstrat depolama tankı, sızıntı suyunun toprağa girmesini önlemek için uygun bir sızıntı suyu boşaltma tesisatı ile donatılmalıdır. Substratın kurummasını veya yağmur suyunun tankın içine girmesini önlemek için bu tank sıkıca kapatılmalıdır.

Substratın taşınması

İçin cihaz: Sabit, uygun bir biyogaz üretim seviyesi sağlamak için, sindiriciye yeterli kalitede sürekli bir substrat temini sağlamak gerekir. Substratın tipine bağlı olarak, pompaların (sıvı substrat, örn. Sıvı gübre), vidalı konveyörlerin (yarı-sıvı substrat) ve sindiricilerin içine yerleştirilen haznelerin, yeterli miktarda substrat miktarı ile doldurulmasına izin verecek günlük kapasitede kullanılması mümkündür.



Sıvı substratı taşımak için Sıvı Pompası

Fermantasyon odası (biyoreaktör): Metan fermantasyon işleminin gerçekleştiği biyogaz tesisinin en önemli elemanı. Tüm yatırımın etkinliği, tasarımın doğruluğuna ve sindiricinin uygun şekilde yapılmasına



bağlıdır. Sıvı ve gaz sızıntısını önlemek için sindiricinin duvarları kapatılmalıdır. Minimum ısı kaybını sağlayan iyi yalıtım da gereklidir. Yalıtım ne kadar iyi olursa, dış sıcaklığa o kadar az bağımlı kalır. Fermantasyon haznesi, iç muayenenin yapılmasını ve olası onarımın yapılmasını sağlayan bir kapağa sahip olmalıdır. Kullanılan teknolojiye bağlı olarak, biyogaz tesisi bir veya daha fazla oda ile donatılabilir. Fermantasyon odaları, çelikten, betondan veya plastikten yapılmış yatay veya dikey olabilir. Oda, gerekli fermantasyon sıcaklığını elde etmek ve sabit bir seviyede tutmak için, içeriği karıştırmak için bir cihaz (karıştırıcı veya di-

ğer karıştırma sistemi) ve bir ısıtma sistemi ile donatılmalıdır. Fermente kütle, biyoreaktörden genellikle bir taşma borusundan boşaltılır.

Karıştırma sistemleri:

Tanktaki hamur fermantasyonunun karıştırılması, biyogaz üretim sürecinin önemli bir parçasıdır. 3 tip karıştırıcı vardır: pnömatik, hidrolik ve mekanik. Biyogaz tesislerinin çoğunda mekanik karıştırıcılar kullanılmaktadır. Mekanik karıştırıcılar 3 gruba ayrılabilir: çapraz, yatay ve dikey. En yaygın 2-3 çapraz veya yatay karıştırıcı sistemidir. Dikey (merkezi) karıştırıcılar, yalnızca sabit, güçlendirilmiş taavanlı bir tankta kullanılabilir. Eksik karıştırma, fermantasyon ve pislik oluşumunun bozulmasına neden olabilir.



Karıştırıcı

Isıtma sistemleri: Beton tanklardaki ısıtma sistemi, yan duvarların iç kısmına, metal tanklarda ise normal olarak dış tarafa yerleştirilmelidir. Her iki tank tipi de ısı yalıtımına sahip olmalıdır. Diğer bir çözüm,



tankın dibinde yerden ısıtma kullanılmasıdır. Bazen besleme stoğunu ısıtmak için tankın dışında bulunan bir ısı eşanjörü kullanılır. Isıtma açısından yenilikçi fikir, yatay sindiriciyi, içeriğini ısıtmak için sıcak suyun pompalandığı merkezdeki çelik borulardan

yapılmış bir karıştırıcı ile donatmaktır. Bu sistemin avantajı, sıvının tüm hacmi boyunca eşit şekilde ısıtılmasıdır.

Fermantasyon artıkları (digestat) depolama tankı: Fermente substratın, değerli bir gübre olan ve sıvı bir biçimde kullanılabilen veya piyasa ihtiyaçlarına cevap vermek amacıyla kompost yapmak için kullanılabilen ayrı bir harici tank.



Gaz tutucu: Gaz şebekesinde gerekli basınçta çalışan ayrı bir biyogaz depolama tankı. Tankta biriken biyogaz, enerji talebi ortaya çıkana kadar depolanır. Biyogaz tutucusu, üretilen biyogaz miktarının artmasıyla

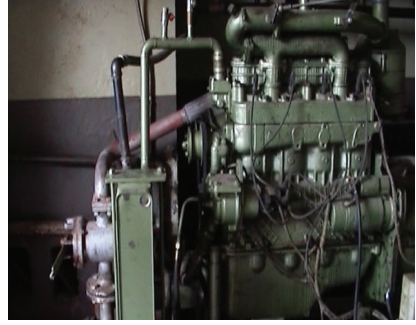


doldukça büyüyen esnek bir balon biçimine sahiptir. Tank doğru- dan reaktörün üzerine yerleştirilebilir veya yatay bir reaktör sö- z konusu olduğunda reaktörün yanına yerleştirilebilir. Bu durum- da tank, tankın güvenli çalışmasını sağlayacak uygun bir binaya yerleştirilmelidir. Her tankta, aşırı basınç artışını önlemek için bir emniyet valfi bulunur. İzin verilen basınç aşıldığında, valf dışarıya fazla biyogazı salar.

Biyogaz arıtma cihazı: Kullanımdan önce biyogaz arıtma, tesislerin ve ekipmanların aşınmasını önlediği ve çevre koruma yönetmelikleri gerektirdiği için gereklidir.

Biyogaz tesisinin kullanımına bağı cihazlar

Biyogaz elektrik, ısı enerjisi veya her ikisini aynı anda üretmek için kullanılabilir. Uygulamada, en yaygın sistemler elektrik ve ısı enerjisi üretmek için biyogaz kullanır. Böyle bir sisteme CHP sistemi denir. Elektrik ve termal enerji üretmek için CHP ünitesi



Cogenerator

adı verilen bir cihaz kurmak gerekir. Biyogaz tesisinin büyüklüğüne bağı olarak entegre bir jeneratör ile metan yanması için uyarlanmış bir içten yanmalı motordur. Yanmalı motorda üretilen ısı, termal enerji kaynağı olarak kullanılır.

Biyogaz kullanmanın daha az yaygın bir yolu ısıtma amacıyla yakmaktır. Bu tür bir biyogaz tesisinde biyogazı termal enerjiye dönüştüren cihaz metan yakmak için uygun şekilde modifiye edilmiş bir gaz ocağıdır.

2.3. Biyogaz nasıl elde edilir?

Adından da anlaşılacağı gibi, “biyogaz” biyolojik bir süreç aracılığıyla oluşturulur. “Biyogaz” adı verilen gaz karışımı, oksijenin yokluğunda organik maddeden üretilir. Başlangıçta, biyogaz, doğal oluşumundan dolayı, “bataklık gazı” veya “çöp gazı” olarak adlandırılmıştır. Yaygın olarak görülen bu doğal işlem, örneğin demirlerin üzerinde, denizin dibinde, sıvı gübrede ve geviş getiren hayvanların işkembelerinde gerçekleşir. Organik madde neredeyse tamamen biyogaza dönüşür ve ek olarak küçük miktarlarda yeni biyokütle veya ısı oluşur.

Biyogaz başlıca metan (% 50-75), karbondioksit (% 25-45), su (% 2-7), hidrojen sülfid (% 0,1-5,5) ve bir miktarda azot, oksijen ve hidrojen karışımından oluşur. Biyogaz ve ana bileşenin(metan) özellikleri ve kalorifik değerleri 1776'da İtalyan fizikçi Alessandro Volta tarafından keşfedildi. Çiftlik hayvanı gübresi ve tarımsal atıkların anaerobik sindirimi sırasında oluşan gazların karışımı için "biyogaz" adı, 1955 yılında Werner Noack tarafından önerilmiştir. Metan oluşturma işlemi ayrıca, biyogazın anaerobik sindirim (metan fermantasyonu) sonucu oluştuğu odalarda yapay olarak yaratılmış koşullarda da gerçekleşebilir.

Anaerobik sindirim: Organik bileşiklerin (karbonhidratlar, proteinler, yağlar) anaerobik mikroorganizmalar tarafından metan ve karbondioksite dönüştürüldüğü oksijen yokluğunda meydana gelen bir mikrobiyolojik süreç. "Metan fermantasyonu" adı bu işlemin özü bilinmeden önce yanıltıcı olabilirdi. Aslında, oksijen yokluğunda meydana gelen bir dizi biyokimyasal değişikliktir, dolayısıyla "anaerobik sindirim" adı da kullanılır.

Organik bileşiklerin fermantasyon gazına dönüşümünde üç grup mikroorganizma bulunur:

1. İşlemin ilk iki aşamasından sorumlu olan bakteriler organik bileşikleri hidrolize eden bakterilerdir. Bu mikroorganizmalar için en uygun ortam koşulları yaklaşık olarak pH 6 ve 30 °C.dir.
2. Asetat bakterileri - asetatların üretiminden sorumludur.
3. Metanojenik bakteri - mutlak anaerob grupları arasındadır. 0.01 mg / dm³ oksijen bile varsa, inhibe edilir, organik asitlerin konsantrasyonu artar ve ortamın pH'ı düşer. Çok çeşitlidir ve belirli substratların kullanımı konusun-

da uzmanlaşmıştır. Optimum metanojeniz sıcaklığı 35-45 °C ve pH 7'dir.

Biyogaz üretim süreci birkaç aşamaya ayrılabilir. İlk adım olan hidrolizde, giriş materyali bileşikleri (örneğin, karbonhidratlar, proteinler, yağlar) hidroliz basit organik bileşiklere (örneğin aminoasitler, şeker, yağ asitleri) ayrıştırılır. Bu sürece katılan bakteriler, materyali biyokimyasal reaksiyonlarla parçalayan enzimleri serbest bırakır. Daha sonra, oluşan ara ürünler asitojeniz denilen asidojen bakteriler tarafından yağ asitlerine (asetik asit, propiyonik asit ve bütirik asit), karbondioksit ve hidrojene ayrılır. Ayrıca, az miktarda laktik asit ve alkol de oluşur. Bir sonraki aşamada (asetojenez), bu ürünler bakteriler tarafından biyogaz oluşumundan önceki maddelere dönüştürülür (asetik asit, hidrojen ve karbon dioksit). Çok yüksek hidrojen içeriği asetik asit bakterilerine zararlı olduğu için metanojenik bakterilerle işbirliği yapmaları gerekir. Metan üretimi sırasında, hidrojen tüketirler ve böylece asetik asit bakterileri için yeterli yaşam koşulları sağlarlar. Bir sonraki aşamada (biyogaz üretiminin son aşaması olan metanojeniz), metan asetojenez ürünlerinden elde edilir.



Şekil 2. Biyogaz üretim süreci

Çevre koşulları

Çevresel koşulların tanımında, esasen hidrojen içeriğine bağlı olarak yaş ve kuru fermantasyona işaret edilebilir. Biyolojik bakış açısından, metotların yaş ve kuru fermantasyona ayrılması aslında yanıltıcıdır. Çünkü fermantasyona katılan bakterilerin hayatta kalmak için her zaman yaş ortama ihtiyacı vardır. Fermente edici substratın kuru kütle içeriğinin tanımı, ayrıca karışıklığa

neden olabilir. Çünkü farklı kuru kütle içeriğine sahip substratlar çok sık kullanılır. Bu nedenle, yaş veya kuru fermantasyona ayırma, fermantasyon haznesindeki kuru kütle içeriğine dayanır. Her iki durumda da bakterilerin yakın çevrelerinde su ortamına ihtiyaç duyduğu belirtilmelidir. Yaş ve kuru fermantasyon arasındaki sınırın kesin bir tanımı olmamasına rağmen, pratikte, dijestördeki kuru kütle içeriği %12 ila %15 olduğunda ve malzemenin bu su içeriğine pompalanabildiği zaman ıslak fermantasyonun gerçekleştiği varsayılmaktadır. Kuru kütle içeriği %16'nın üzerine çıkarsa, malzeme genellikle pompalanma kabiliyetini kaybeder ve ardından kuru fermantasyon başlar.

Oksijen

Metanojenik bakteriler, dünyadaki en eski canlılar arasındadır. Dünya etrafındaki atmosferin oluşmasından çok önce üç veya dört milyar yıl önce ortaya çıktılar. Bu nedenle, bugün bile, bu bakteriler oksijensiz yaşam koşullarına bağımlıdır. Bu bakterilerin bazıları, az miktarda oksijen varlığında bile ölür. Sindirici içindeki oksijen içeriğini tamamen ortadan kaldırmak genellikle imkânsızdır. Metanojenik bakterilerin etkisini hemen engellemenin veya bunları tamamen ortadan kaldırmanın mümkün olmama nedeni, önceki adımlardaki bakteriler ile birlikte yaşadıkları gerçeğidir. Bu bakterilerin bazıları şartlı olarak anaerobiktir. Yani hem anaerobik hem de aerobik koşullar altında yaşayabilirler. Oksijen kaynağı yeterince etkili olmadığı sürece, bu bakteriler, yalnızca anaerobik koşullar altında yaşayabilen bakterilere zarar vermeden önce oksijen tüketirler.

Sıcaklık

Temel olarak, ortam sıcaklığı ne kadar yüksek olursa kimyasal reaksiyonların o kadar hızlı gerçekleştiği söylenebilir. Biyo-

lojik ayrışma ve dönüşüm süreçleri birlikte düşünüldüğünde bu süreç (artan sıcaklık-artan reaksiyon hızı) sadece belirli koşullar altında geçerlidir. Metabolik işlemlerde yer alan her bakteri türünün farklı bir sıcaklığa ihtiyaç duyduğu akılda tutulmalıdır. İstenilen sıcaklık aralıkları aşıldığında, inhibisyona veya bakterilere geri dönüşü olmayan bir hasara neden olabilir. Sıcaklık gereklilikleri dikkate alınarak, ayrıştırma işlemine katılan bakteriler, **Psikrofilik**, **Mezofilik** ve **Termofilik** bakteriler olmak üzere üç guruba ayrılır.

- Psikrofilik bakteriler için optimum sıcaklık yaklaşık 25 °C'dir. Bu sıcaklıkta substratı ısıtmaya gerek yoktur, ancak ayrışma ve gaz üretiminin etkinliği belirgin şekilde sınırlıdır.
- İnsanlar tarafından bilinen metanojenik bakterilerin çoğu, 32 ila 42 °C arasındaki mezofil sıcaklık aralığında en iyi şekilde çoğalırlar. Mezofil aralığında çalışan tesisler, en yaygın kullanılanlardır. Çünkü bu sıcaklık aralığı iyi işlem stabilitesini korurken nispeten yüksek gaz verimi sağlamaktadır.
- Patojenik bakterileri öldürmek için hijyenik önlemler kullanmaya ihtiyaç varsa veya yüksek sıcaklıktaki substratlar (örneğin proses suyu) kullanılıyorsa, fermantasyon için termofilik bakteri kültürlerinin kullanılması önerilir. Optimum çalışma sıcaklıkları 50 ila 57 °C arasında değişmektedir. Prosesin yüksek sıcaklığı nedeniyle, yüksek gaz verimi elde edilir. Bu durumda, fermantasyon işlemi için ek enerji miktarının gerekli olduğu bilinmelidir. Ek olarak, bu sıcaklık aralığındaki fermantasyon işlemi, substrat tedarikinde veya fermantasyon odasının çalışma-

sındaki bozulma ve düzensizliğe karşı daha duyarlıdır. Bakteriler aktivite sırasında çok az ısı ürettiklerinden, bakterilerin optimum sıcaklık koşullarını elde etmek için mezofilik ve termofilik çalışma sırasında sindirim ortamının zorunlu olarak ısıtılması ve yalıtılması gerekir.

pH

Ortam pH'sı, sıcaklıkta olduğu gibi benzer etkilere sahiptir. Prosesin farklı aşamalarında yer alan bakteriler, optimum çoğalmalarını sağlayan farklı pH değerlerine sahiptir. Asidik ve hidrolize edici bakterilerin optimum pH'ı isteği 4.5 ila 6.3'tür. Bununla birlikte, bu değerler mutlak bir durum değildir ve bu bakteriler biraz daha yüksek pH'ta bile hayatta kalabilir. Ancak, o zaman etkinlikleri çok daha düşük olmaktadır. Asetik asit ve metan oluşturuç bakteriler söz konusu olduğunda, pH değerinin tam olarak 6,8 ila 7,5 arasında olması gerekir. Eğer fermantasyon işlemi sadece bir sindiricide (reaktör) gerçekleştirilirse, pH bu aralıkta ayarlanmalıdır. İşlemin bir veya iki aşaması olsa da, pH genellikle anaerobik sindirim sırasında oluşturulan alkali veya asitli atık ürünlerin varlığıyla otomatik olarak ayarlanır. Normal olarak, pH serbest karbon dioksit ile nötr aralıkta tutulur. Karbon dioksitin tampon kapasitesi tükenirse, pH düşer. Metabolizmada rol oynayan metanojenik bakterilerin aktivitesi engellenir. Bu durumda, metanojenik sindirim, doğru şekilde çalışmadığı için, asitli fermantasyonuyla ilişkili asitlerin konsantrasyonuna gelir, bu da pH değerinin daha da azalmasına neden olur. Prosesin asitleşmesine neden olur ve bakteriler artık görevlerini yerine getiremez. pH'da bir azalma meydana gelirse, metanojenik bakterilerin ortaya çıkan asitleri ayrıştırmak için zaman kazanmasına fırsat verilmelidir. Bu nedenle organik materyal eklenmesi durdurulmalıdır.

Besin kaynağı

Sindirici içinde meydana gelen işlemler, geniş getiren hayvanların gastrointestinal kanalında meydana gelen işlemlerle karşılaştırılabilir. Bu nedenle bakteriler, hayvanlar gibi “beslenme hatalarına” çok kötü tepki verirler. Her şeyden önce, substrat sadece maksimum metan üretimini değil, aynı zamanda bakterilerin çoğalması ve hayatta kalması için gerekli olan demir, nikel, kobalt, selenyum, molibden ve tungsten gibi önemli eser elementlerin ve besinlerin varlığını da sağlamalıdır. Substratlardan elde edilebilecek son metan miktarı, protein, yağ ve karbonhidrat içeriği ile belirlenir. Sisteme giren organik materyalin-substratın C/N oranı düzenlenerek kararlı bir süreç oluşturulur. Bu oran çok yüksekse (çok fazla C ve çok az N), karbonun toplam dönüşümü gerçekleşemez ve bu nedenle oluşan metan potansiyeli de elde edilemez. Ters durumda ise, aşırı azotun varlığı, zaten düşük konsantrasyonlarda bakteri üremesini engelleyen ve hatta tüm popülasyonun yok olmasına neden olan amonyak (NH_3) oluşumuna yol açabilir. Sağlıklı bir süreç oluşturmak için, C/N oranı 10 - 30 aralığında olmalıdır. Bakterilere ortamda yeterli miktarda besin sağlamak için, C: N: P: S oranı 600:15:5:1 olmalıdır.

İnhibitörler

Gaz üretim sürecinin engellenmesinin çeşitli nedenleri vardır. Bunların bir kısmı teknik sorunlar ile ilgili olabilir. Öte yandan, süreçteki gecikmeler inhibitörlerden de kaynaklanabilir. Bunlar zaten az miktarda bulunan bakteriler için toksik olan ve ayrışma sürecine müdahale eden maddelerdir. Bu maddeleri tarif etmek için, substratı ve çeşitli ayrışma aşamalarında oluşan maddeleri ve sindiriciye giren maddeler olarak ayırmak gerekir.

Besin maddeleri sağlarken, substratın aşırı uygulanmasının, fermantasyon işlemini engelleyebileceği unutulmamalıdır. Çünkü daha yüksek konsantrasyonlarda sağlanan substratın her bileşeni bakterilere zararlı olabilir. Özellikle antibiyotikler, dezenfektanlar, çözücüler, herbisitler, tuzlar veya ağır metaller, küçük miktarlarda bile ayrışma sürecini engelleyebilen maddelerdir. Yüksek konsantrasyonlardaki bazı mikro elementler bile bakteriler için toksik olabilir. Bakteriler bu maddelere bir dereceye kadar uyum sağlayabilirler; Maddenin hangi konsantrasyonda bakteri için zararlı hale geldiğini belirlemek zordur. Bazı inhibitörlerin diğer maddelerle etkileşimi de bakterilerin çoğalmasını engelleyebilmektedir. Ağır metaller, serbest formda ise fermantasyona zarar verirler. Fermantasyon sırasında üretilen hidrojen sülfid, ağır metallerle birleşerek nötralizasyonuna neden olur.

Fermantasyon işleminde başka inhibitörler de ortaya çıkabilir. Özellikle, amonyak (NH_3), düşük konsantrasyonlarda bile, bakteriler için toksiktir. Fermantasyon işleminin bir başka yan ürünü, serbest formda bir hücre zehiri olan hidrojen sülfür (H_2S)'dir ve 50 mg/1 konsantrasyonda bile ayrışma işlemini engelleyebilir. Üstelik kükürt önemli bir eser elementtir ve metanojenik bakterilerin temel bir mikro besin maddesidir.

2.4. Biyogaz üretimi için substrat – çeşitleri ve enerji verimliliği

Tarımsal biyogaz, tarımsal hammaddelerden, tarımsal yan ürünlerden, sıvı veya katı hayvansal gübreden, tarımsal gıda endüstrisi yan ürünlerinden veya artıklarından veya metan fermantasyon işleminde kullanılan orman biyokütlesinden üretilen gazdır. Tarımsal biyogaz üretimi için hem tarımsal hem de endüstriyel üretimden elde edilen organik maddeler kullanılabilir.

Biyogaz üretiminde kullanılan tarımsal kökenli başlıca substratlar arasında hayvan gübresi, enerji bitkileri ve bitkisel üretimden çıkan atıklar bulunurken, endüstriyel substratlar gıda, süt ürünleri, şeker ve et üretim işlemlerinden ortaya çıkan atıklar bulunmaktadır (Pajak 2010).

Biyogaz üretimi için ham maddeyi oluşturan biyokütle, karbohidratlar, proteinler ve yağlar olmak üzere üç temel organik bileşik grubundan oluşur. Ek olarak, fermantasyonu gerçekleştiren mikroorganizmaların çoğalması, çözünür potasyum, sodyum, demir, magnezyum, kalsiyum ve iz elementlerin varlığına da bağlıdır. En fazla biyogaz, yağların ayrışmasından elde edilmektedir.

Substrat	Biyogaz üretimi dm^3/kg	Metan içeriği [%]	CO_2 içeriği [%]
Karbonhidratlar	790	50	50
Yağlar	1250	68	32
Proteinler	700	71	29

Çizelge 1. Substratların biyogaz üretim potansiyeli

Biyogaz üretiminde ilgili parametreler şunlardır:

- Kuru kütle içeriği (KM) [%]
- Organik kuru kütle içeriği (OKM) [% KM]
- CH_4 verimliliği [$\text{m}^3/\text{kg ODM}$]

Prosesin sıcaklığı ve substratların reaktör içinde tutulduğu zamanın yanı sıra, fermente organik bileşiklerin kimyasal bileşimi biyogazın miktarını ve kompozisyonunu belirler.

2.5. Doğal gübreler – Hayvan gübresi

Hayvan gübresi, tarımsal biyogaz tesisi için en önemli substrat türlerinden biridir. Sıvı gübre ve gübre çok sık kullanılır, ancak kilit rol domuz ve sığır sıvı gübresine aittir. Do-



muz sıvı gübresi kesinlikle sığır sıvı gübresinden çok daha verimlidir. Ayrıca, sığır sıvı gübresi daha düşük bir biyometan içeriğine sahiptir. Bu gübreler koku nedeniyle pek istenmez. Ancak fermentasyon bu sorunu ortadan kaldırmaktadır. Bu substratlar biyogaz tesisinde öncelikle geri dönüşüm için kullanılır. Daha- sı, yüksek oranda su seviyesine sahiptirler. Bu da onları besleme stoğuna değerli bir katkı maddesi yapar ve bu da fermente substratın gerekli kuru kütlelerinin elde edilmesini sağlar. Kanatlı hayvan çiftçileri için en büyük sorun tavuk gübresi yönetimidir. Genellikle gübre olarak kullanabilecekleri yeterli otlak yoktur. Bu durumda ideal çözüm fermasyon ve enerji üretimidir.

Enerji Kaynağı	Kuru kütle içeriği (%)	Organik kuru kütle içeriği (%)	Biyogaz verimi (m ³ /t s.m.o.)	Metan içeriği CH ₄ (% vol.)
Doğal gübreler				
İnek sıvı gübresi	8-11	75-82	200-500	50-60
Dana sıvı gübresi	10-13	80-84	220-560	50-57
Domuz sıvı gübre	7	75-86	300-700	60-70
Koyun sıvı gübre	12-16	80-85	180-320	50-56
Sığır gübresi	25	68-76	210-300	55-60
Domuz gübresi	20-25	75-80	270-450	55-60
Tavuk gübresi	30-32	63-80	250-450	57-70
At gübresi	20-40	65-95	280-350	55-65

Çizelge 2. Farklı kaynakların biyogaz üretim potansiyeli

2.6. Bitkiler

Biyogaz üretimi için bir substrat olarak kullanılan bitki materyalleri homojen değildir. Bu durum fermentasyonun etkinliğini ve yoğunluğunu etkiler. Şeker veya nişasta gibi pancar veya tahıl tanelerinde, melas veya mısır silajında bulunan kolayca mayala-



nabilen karbonhidratlar, mayalama işleminde lignin ve selüloz içeriği yüksek olan saman veya samandan daha hızlı ayrışır. Günümüzde, özellikle Almanya’da, enerji bitkileri ekimi biyogaz üretiminde giderek daha sık uygulanmaktadır. Biyogaz üretimi için kullanılan enerji bitkileri, hayvanlar için, özellikle de geviş getiren hayvanlar için yem olarak kullanılması amaçlanan biyokütle ile aynı gereklilikleri karşılamaktadır. Bunun nedeni, metan fermantasyon işleminin, geviş getirenlerin sindirim kanalında meydana gelen fermantasyon ile benzer olmasıdır. Enerji bitkilerinden elde edilen silajlar, fermantasyon kütesine mükemmel bir destektir. Biyogaz üretimindeki yüksek verim nedeniyle, fermantasyon sürecinde çok önemli bir unsurlardır.

Bitki seçimi için kriterler, birim alan başına kuru kütle verimini, kolayca mayalanabilir malzeme içeriğini ve depolama kolaylığıdır. Polonya koşullarında en iyi substratlar mısır, küçük taneli tahıllar, tahıl-baklagil karışımları, ayçiçeği, çimen, yonca veya şeker pancarının yaprakları ve kökleridir.

2.7. Tarımsal gıda endüstrisinin yan ürünleri

Sebze ve meyve atıkları, üzüm posası, bira posası, pancar küspesi, mezbaaha atığı, yağ üretiminden elde edilen atıklar gibi organik atıklar, ucuz malzemelerdir. Bu organik maddelerin bazılarının bertarafı masraflıdır. Bu nedenle, bu substratların kullanımı ekonomik açıdan avantajlıdır. Bu tür atıkları bertaraf etmek için para bile kazanılabilir. Mezbaaha atıkları biyogazda kullanılabilir ve organik malzemenin verimini artırır.



Biyogaz tesisinde kullanımından önce hiyenezasyon yapılmalıdır (yaklaşık 60 dakika boyunca yaklaşık 70 °C sıcaklıkta tutularak). Biyogaz tesislerinde sanayi atıkları veya süt işlemlerinde ortaya çıkan peynir altı suyu gibi ürünler gübreye karıştırılabilir ve biyogaz üretimi için temel bir substrat oluşturabilir.

Substrat	Kuru kütle içeriği (%)	Organik kuru kütle içeriği (%)	Biyogaz verimi (m ³ /t s.m.o.)	Metan içeriği CH ₄ (hacim%)
Bitkiler				
Mısır slajı	20-35	85-95	450-700	50-55
Çavdar	30-35	92-98	550-680	ok. 55
Çimenler				
Kesilmiş çim	12	83-92	550-680	55-65
Çimen slajı	25-50	70-95	550-620	54-55
Tarımsal yan ürünler				
İçecek ssektörü	20-25	70-80	580-750	59-60
Tahıl damıtma sektörü	6-8	83-88	430-700	58-65
Patates posası	6-7	85-95	400-700	58-65
Meyve posası	25-45	90-95	590-660	65-70
Biyogaz tesisi için diğer substratlar				
Manav artıkları	5-20	80-90	400-600	60-65
Rumen içeriği	12-15	75-86	250-450	60-70

Çizelge 3. Bazı materyallerin biyogaz verimleri-Kaynak: Land TechnikWeitherStephenH.Mitterleitner (Latocha 2009)

3. TARIMDA AGRO BİYOGAZDAN ENERJİ ÜRETİMİ

Biyogaz, ortalama enerji değerine sahip bir yakıttır. Evlerde, endüstride, tarımda ısıtma/soğutma, elektrik enerjisi üretimi veya biyoyakıt olarak kullanılabilir.

3.1. Biyogaz iyileştirme

Ham biyogaz, enerji içeriğini azaltan veya biyogazı dönüştüren ekipmanın ömrünü kısaltan bileşikler içerdiğinden, enerji amaçlı uygulamadan önce biyogaz saflaştırılması işleminin yapılması gerekir. En önemli arıtma işlemleri arasında kükürt giderme, kurutma ve CO₂'nin giderilmesi bulunmaktadır.

Kükürtsüzleştirme

Anaerobik metan fermantasyonunun yarattığı biyogaz, hidrojen sülfid içerir. Bu, sindiricide kullanılan besleme stoğundaki proteinlerin ve diğer organik maddelerin ayrışması ile oluşur. Biyogazdaki hidrojen sülfid içeriği hammadde cinsine bağlıdır ve %0,1 ile %2 arasında değişmektedir. Hidrojen sülfid toksik özelliklere sahip bir maddedir. Zehirlenmeye ve hatta ölüme neden olabilir. Hoş olmayan bir kokuya sahiptir. Biyogaz tesislerinden çıkan koku çevreyi olumsuz yönde etkiler. Ekipmanın korozyonunu hızlandırır ve fermantasyon işlemini engeller. Kritik konsantrasyonun, gaz içindeki H₂S'nin %1'den (hacimce) daha büyük olduğu varsayılmaktadır. Belirli hidrojen sülfür konsantrasyon değerlerinin aşılmasının kojenerasyon ünitesi için amortisman kaybına neden olabileceği akılda tutulmalıdır. Ana hammaddesi sıvı gübre ve silaj içeren tarımsal biyogaz tesisi tarafından üretilen biyogazda hidrojen sülfid konsantrasyonu 1500 ppm'i geçmez. Bu değer birçok gaz motoru tipi için çok yüksektir. Kükürt giderme tesisinin seçimi, hammadde tipi ve substrat-

ların miktarlarının bir fonksiyonu olarak hesaplanabilen hidrojen sülfid oranına göre belirlenir.

Kurutma

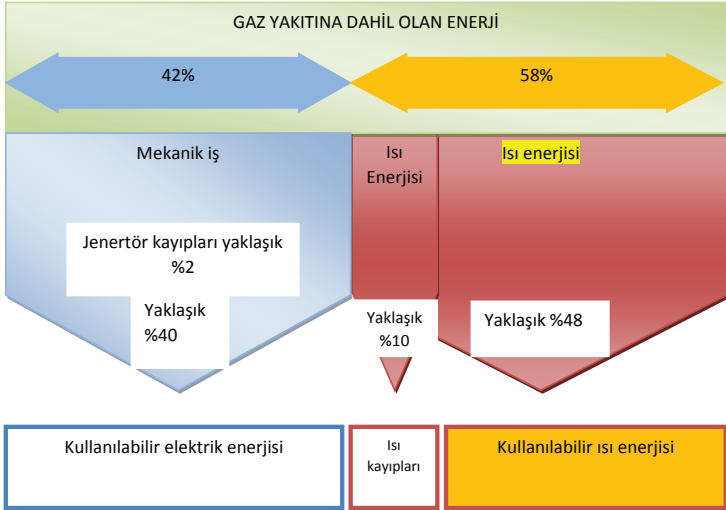
Biyogaz suya doyurulur, bağıl nemi % 100'dür. Buharın bir kısmı buhar kapanı içinde veya bir soğutucuda yoğunlaştırılır. Biyogaz üretim birimlerini yüksek ve erken aşınmadan korumak için biyogaz içerdiği buhardan arındırılmalıdır. Buharın kalan kısmı, biyogazın bazı fizikokimyasal parametrelerindeki değişimi etkiler. Biyogazda bulunabilecek su buharı miktarı, biyogazın sıcaklığına bağlıdır. Buharın yoğunlaşması için gaz soğutulmalıdır. Biyogazın soğutulması için genellikle kurulum aşamasında gerekli işlemler yapılmış olmalıdır. Düzgün eğimli elemanlar, tesisin en alt noktasında yoğunlaşan sıvıların toplanmasına elverişlidir. Kurulum aşamasında biyogazın uygun şekilde soğutulması koşulu onun yeterli uzunluğa sahip olmasıdır. Düzenli olarak boşaltmak için yoğunlaşma kabına erişim sağlamayı unutmamak ve yoğunlaşma kabının donmasına izin vermemek gerekir.

Zenginleştirme

Yeterli kalitede metan için, CO₂'yi ayrıştırarak biyogazın zenginleştirilmesi gerekir. Bu durum biyogazın gaz şebekesine gönderilmesi veya araçlar için yakıt olarak kullanılması gerektiği durumlarda gerçekleştirilir. CO₂, absorpsiyon, kimyasal emilim, membran ayrılması, yoğunlaşma gibi çeşitli fizikokimyasal yöntemler kullanılarak uzaklaştırılabilir. Biyogazın zenginleştirilmesi, ayrıca diğer bileşiklerden arındırılmasına yardımcı olur. Teknolojik harcamalar ve artan yatırım maliyeti nedeniyle, günde en az 2500 m³ biyogaz üreten tesislerde biyogazın zenginleştirilmesi ekonomik olarak verimli görülmektedir.

3.2. CHP birimleri

CHP (Kombine Isı ve Güç), biyogaz yanma işleminde hem elektrik hem de ısı enerjisi üreten kojenerasyon motorlarının bir tanımıdır. Biyogaz üretim yerinde kullanılır. Bu çözüm hem ekonomik hem de çevresel nedenlerden dolayı çok faydalıdır. Isıl enerji ya da elektrik üreten geleneksel çözümlerin enerji verimliliği yaklaşık %40 olup kojeneratörde bu oran %90'dır. Yeni büyük ünitelerdeki elektrik kazancının verimliliği % 30 ila %40, ısı verimlilik %40 ila %44 arasında değişmektedir. Daha küçük tesislerde, elektrik verimliliği %25 ila %33 arasında değişirken, termal verimlilik genellikle %50'den yüksektir. Verimlilik oranları tipik olarak tesisin elektrik gücünün artmasıyla artar.



Şekil 3. Enerji verimliliği

Düşük güçlü CHP sistemleri için en yaygın çözüm pistonlu motorlardır.

Bu motorlar aşağıdaki biçimde karakterize edilir:

- Çok çeşitli elektrik gücünde kullanılabilirlik (5 kW - 50 MW)
- Sistemi bireysel müşterinin ihtiyaçlarına en iyi şekilde ayarlama imkanı,
- Daha büyük güç sistemlerinin modüler tasarım imkanı,
- Biyogaz dahil farklı yakıtların kullanılması imkanı,
- Isı alımı olmadığında bile soğutma ihtiyacı,
- Büyük boyutlar ve düşük güç ağırlık göstergesi,
- Akustik kalkanların kullanılmasını gerektiren yüksek sesler,
- Titreşim damperlerinin kullanılmasını gerektiren nispeten yüksek titreşim seviyesi. (A. Kowalczyk-Juško, Biogazownieszansa...)

Yakıt olarak kullanılması amaçlanan gazda gerekli olan minimum metan seviyesi, genellikle hacimce %30'dan fazla üreticiler tarafından belirlenir. bu, gazın kalorifik değerine karşılık gelir ve 13 MJ / Nm³'ten düşük olmayan bir seviyededir. Pistonlu gaz motorlu (içten yanmalı motor) CHP sistemleri çoğunlukla birleşik jeneratörde elektrik üretimi için kullanılır ve atık ısı, sıcak su veya ilave bir kazanda doymuş buhar üretmek için kullanılır. Isı, sıkıştırılmış biyogaz eşanjöründen, motor ceket eşanjöründen, yağ eşanjöründen ve egzoz gazları eşanjöründen geri kazanılır. Biyogaz motorlar binaya entegre edilebilir ya da mobil (konteyner) olarak kullanılabilir.

3.3. Kojenerasyon sisteminin ana unsurları

Kojenerasyon ünitesi iki ana sistemden oluşur: bir tahrik elemanı (motor) ve motor sıvıları, gaz karışımları ve dumanda bu-

lunan ısıyı geri kazanmak için eşanjör üniteleri ile donatılmış bir jeneratörden oluşur. Ek olarak ekipman, ölçüm ve ayar sistemi elemanları, gaz besleme sistemi, karıştırıcı ve otomatik yağlama yağı dolum sistemi içerebilir.

3.4. CHP sistemlerinde motor tipleri

Pistonlu motorlar

Pistonlu yanmalı motorlar - düşük güçlü kojenerasyon için en yaygın çözümdür. Genellikle sıcak su üretiminde, su buharı (ve elektrik) üretimi için kullanılırlar. Isı geri kazanımı düşük sıcaklık kaynaklarından (90 °C'nin üzerinde - motor soğutma sistemi, yağlama yağı soğutma sistemi) ve yüksek sıcaklık kaynaklarından (380-550 °C - egzoz gazları) gelebilir. Tasarım ve kullanılan yakıt dikkate alındığında, CHP sistemleri iki grupta incelenebilir:

- **Pozitif ateşlemeli gaz motorları** - genellikle yüksek basınç altında beslenen düşük yakıt karışımlarını, ateşleme bujisinin kıvılcım ile ateşlenmenin meydana geldiği yanma odasında yakarlar. Bu tür motorlar genellikle Dizel motorlar temelinde inşa edilir. Düşük kapasite ile karakterize edilirler.
- Çift yakıtlı motorlar - ateşlemeyi başlatmak için motora az miktarda motorin verilmesi gerekir. Sorun, zayıf karışımların sınırındaki aşırı havanın kontrolüdür. Bu motorların gücü genellikle 1 MW'tan fazladır.

Çoğu motor bir turboşarj ve giriş havası soğutma sistemi ile donatılmıştır.

Isı kazanımının kaynakları: Motor yağı, turbo şarj ünitesi ve egzoz gazlarının soğutulması ile ısı kazanımı yapılır. Dolaylı

kabuk ve borulu ısı eşanjörleri, su/su veya hava/su plakası tipi ısı eşanjörleri çok yaygın şekilde kullanılır. Gaz/su eşanjörü, egzoz gazlarının sıcaklığını yaklaşık olarak 120 °C'ye kadar düşürür. Düşük sıcaklıklı ısı talebi durumunda (örneğin seraların ısıtılması veya serada kullanım için sıcak su üretimi) yoğunlaşmalı ısı eşanjörleri kullanılarak daha fazla ısı geri kazanımı gerçekleştirilebilir. Genel verimlilik %80 ila %90 arasında değişmektedir. Elektrik verimi %40'ı geçmez.

Gaz türbinleri

Kojenerasyon sistemlerinde kullanılan en yaygın cihazlardan bir diğeri ise genel olarak elektrik gücü 1 MW'tan yüksek olan sistemlerde kullanılan gaz türbinleridir. Pistonlu motora kıyasla gaz türbini, oldukça küçük bir boyut ve ağırlık ile karakterize edilir. Gaz türbinleri daha düşük enerji verimliliğine ve daha düşük elektrik enerjisine/termal güç oranına sahiptir. Türbinde soğutma sistemi bulunmadığından, tek ısı kaynağı egzoz gazlarıdır. Isı rejenerasyonlu gaz türbinlerini temel alan teknik çözümlerin geliştirilmesinin bir sonraki aşaması, mikro gaz türbinleridir. Bunlar, yaklaşık olarak küçük bir elektrik gücü ile karakterize edilen sabit gaz türbini setleridir. 25-500 Kw arasında enerji kapasitesine sahiptirler. Radyal türbin, kompresör ve tüm sisteme entegre edilmiş rejeneratif bir hava ısıtıcıdan oluşur. Mikro türbinler çoğunlukla sıcak suyun üretildiği CHP sistemlerinde kullanılır. Biyogazdaki yabancı maddeler mikro türbinlere zarar verebilir. Bu nedenle biyogazın önceden temizlenmesi ve kurutulması gerekir. Mikro türbinler %35 ila %100 metan içerikli biyogaz yakar ve önemli ölçüde daha düşük egzoz emisyonuna sahiptir. Tarımsal kurutucularda veya seralarda CO₂ gübrelemesinde kullanılabilir. Geri kazanılan ısı nispeten yüksek bir sıcaklığa sahiptir ve sade-

ce egzoz gazları tarafından taşınır. %40 ila %60 arasında termal verim elde ederler ve %20 ila %35 arasında elektrik verimi sağlarlar, kojenerasyon sisteminin toplam verimi %80'den fazladır.

Bir çeşit yenilik sayılan, biyogazla çalışan trijenerasyon sistemleridir. Elektrik, sıcak ve soğuk talep edildiğinde, soğutma sistemine bağlı bir CHP sistemi kurmak mümkündür. Böyle bir sistem CHCP - Kombine Isı, Soğutma ve Güç olarak adlandırılır. En sık kullanılan, egzoz gazlarından ve motor soğutma sisteminden alınan ısı ile çalışan absorpsiyon soğutucularıdır. Bu, sistemde üretilen ısının çok verimli bir şekilde kullanılmasına izin verir (ısıtma mevsiminde ısı üretmek için ve yaz mevsiminde klima için).

4. TARIMDA ÜRETİM YÖNTEMLERİ

4.1. Birkojenerasyon sistemi seçim ilkeleri

Yatırımın ilk aşamasında yapılması gereken teknik ve ekonomik analiz bir kojenerasyon sisteminin seçimini içerir:

1. Enerji taşıyıcılarına olan ihtiyacın belirlenmesi.

Özellikle belirtilmesi gerekir:

– Enerji talebinin türü: teknolojik işlemler, binalar için elektrik ve ısı;

– Gerekli enerji taşıyıcılarının tipleri ve parametreleri: voltaj, faz sayısı, taşıyıcı tipi (buhar, sıcak hava), sıcaklık, basınç;

– Çeşitli talep hacmi;

2) Dış tedarikçilerden ısı, yakıt ve elektrik edinme koşullarının analizi ve üretilen ısının dış müşterilere satışı. Fazla enerjinin kıtlığı ve yeniden satılması durumunda satın alma maliyetini ve koşullarını belirtmek gerekir.

3) Cihaz ve ekipmanların teknik durumunun belirlenmesi; Kojenerasyon sistemine göre alternatif cihazların teknik etkinliğinin belirlenmesi.

Teknik durumu, gerekli onarımların ve modernizasyonun kapsamını, gerekli finansal harcamaları ve mevcut elektrik sisteminin daha fazla kullanılması için beklenen süreyi belirtmek gerekir. Eski ekipmanın mevcut norm ve standartlara göre ayarlanmasıyla ilgili tüm yatırım maliyetlerini veya bunları yerine getirememeye ilişkin maliyetleri dikkate almak da gereklidir. Yeni bir tesis söz konusu olduğunda, seçilen cihazların verimliliğini, çalışmalarının esnekliğini, çalışmalarının gerekliliği ve karmaşıklığını, yardımcı ekipmana olan ihtiyacı, bakım aralıklarının süresini vb unsurları göz önünde bulundurmak gerekir. Bu bilgi, sistemin işletimi ile ilgili maliyetleri tahmin etmenin yanı sıra, teknik çözümün son seçimini etkileyebilecek faydaları ve sorunları açıklamaktadır.

4) Çevresel maliyetlerin tahmini - çevresel zararlar ve ilgili maliyetler (zararlı maddelerin emisyonu, ham maddelerin depolanması, atıkların depolanması).

5) Kurulu cihazların niteliği, sayısı ve gücünün belirlenmesi. Nominal kapasite, verimlilik, olası çalışma modları vb koşulların belirtilmesi gerekir. Kojenerasyon sistemi seçildikten sonra, bir diğer önemli karar, örneğin, en yüksek ısı talebini karşılayacak ek ekipman seçimi olmaktadır. Gaz kazanı, ısı depolama tankı veya daha düşük güce sahip ek termo-elektrik modülü seçimi kojenerasyon sistemine bağlıdır. Tesisin maksimum ısı ve enerji ihtiyacını karşılayacak güce sahip bir kojenerasyon cihazı seçmek yanlıştır. Fazla elektrik şebekeye boşaltılabilirken (tesisteki elektrik kesintilerini de kapsar), fazla ısı ilave soğutucuların kullanılmasını veya cihazın kısmi yükte çalıştırılmasını gerektirir.

6) Seçilen sistemler için yatırım hacminin ve işletme maliyetlerinin tahmini. Bu adım, seçilen cihazların satın alma veya yükseltme maliyetlerine, onarımların maliyetine, bakım, yakıt satın alma maliyetine, örneğin petrol kazanları ve önceki aşamalarda yer alan diğer giderler için tahminler yapılmalıdır.

7) Optimizasyon. Son adım, seçim kriteri olarak kabul edilen rakamın en iyi değeri ile karakterize edilen en iyi çözümün seçimi olmalıdır. Çoğu durumda bu değer ekonomik koşulları etkilemektedir (azami veya asgari geri ödeme süresi). (A.Myczko, Budowa, eksploatacjabiogazownirolniczych, 2011)

4.2. Taşıtlarda biyogaz kullanımı

Biyogazın araç yakıtı olarak kullanılması için, otomotiv motorları tarafından kabul edilebilir bir kaliteye ulaşmak için işlenmesi gerekir. Genellikle doğalgazın kalite seviyesi anlamına gelir. Aracın montajı, gaz kaynağına da uygun şekilde uyarlanmalıdır. Aynı zamanda otomotiv şirketleri, motorun iki tür yakıt üzerinde çalışmasına izin verecek çözümler üzerinde çalışmaktadırlar. Dizel + biyogaz çalışabilen motor geliştirilmektedir. Özellikle çiftliklerde bu motor çok fonksiyonel olacaktır.

5. AGRO BİYOGAZ TESİSİ VE ENERJİSİNİN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

İlk bakışta biyogaz üretimi ve biyogaz tesisinin yönetimi, belirgin avantajlar ve dezavantajlar getiriyor gibi görünmektedir.

Avantajları:

1. Biyogaz çevre dostudur. Biyogaz yenilenebilir ve aynı zamanda temiz bir enerji kaynağıdır. Biyolojik sindirim yoluyla üretilen gaz kirletici değildir. Aslında sera gazı emisyonlarını azaltır (yani sera etkisini azaltır). İşlemden yanma olmaz, yani at-

mosfere sera gazı salınımı sıfır demektir. Bu nedenle, atıklardan elde edilen gazı bir enerji şekli olarak kullanmak, aslında küresel ısınmayla mücadelede harika bir yoldur. Şaşırtıcı bir şekilde, çevreye yönelik endişe, biyogaz kullanımının daha yaygın hale gelmesinin ana nedenidir. Biyogaz tesisleri sera etkisini önemli ölçüde azaltır. Bitkiler bu zararlı gazı yakalayarak ve yakıt olarak kullanarak metan emisyonlarını azaltır.

Biyogaz üretimi, petrol ve kömür gibi fosil yakıtların kullanılmasına bağlılığın azaltılmasına yardımcı olur. Temiz yakıt üretir, gaz yaymaz, kirlilik oluşturmaz. Diğer yenilenebilir enerji türlerinin aksine, süreç doğaldır, üretim süreci için enerji gerektirmez. Ayrıca, biyogaz üretiminde kullanılan hammaddeler yenilenebilir kaynaklardır. Gübre, yiyecek artıkları ve ürün kalıntıları her zaman mevcut olacak hammaddelerdir ve bu da biyogaz üretimini sürdürülebilir bir seçenek haline getirir.

2. Biyogaz üretimi toprak ve su kirliliğini azaltır. Taşan atık depolama alanları kötü koku yaymaz, aynı zamanda zehirli sıvıların yeraltı su kaynaklarına akmasına izin verir. Sonuç olarak, biyogazın bir başka avantajı da, biyogaz üretiminin su kalitesini iyileştirmesidir. Ayrıca, anaerobik sindirim, patojenleri ve parazitleri devre dışı bırakır; Bu nedenle, su kaynaklı hastalıkların görülme sıklığını azaltmada oldukça etkilidir. Benzer şekilde, atık toplama ve yönetimi, biyogaz tesislerinin bulunduğu alanlarda önemli ölçüde iyileşir. Bu da çevre, sağlık ve hijyen alanlarında iyileşmelere yol açmaktadır.

3. Biyogaz üretimi organik gübre üretir. Reaktörde sindirilmiş malzeme ideal gübredir. Toprağı iyileştiren humik ve fulvik asitlerce zengindir. Anaerobik sindirim işleminden sonra kalan malzeme tamamen organikdir. Biyogaz üretim işleminin yan ürü-

nü, kimyasal gübrelerin mükemmel bir takviyesi, aynı zamanda etkilerini artırıcı özelliklere sahiptir. Sindiriciden çıkan gübre deşarjı bitki büyümesini ve hastalıklara karşı dayanıklılığı arttırırken, ticari gübrelerin diğere sentetik kimyasalların toksik etkilerini, gıda zehirlenmesine neden olabilecek kimyasalların oranını düşürür.

4. Belirli koşullarda, dairesel bir ekonomiyi teşvik eden basit ve düşük maliyetli bir teknolojidir. Biyogaz üretmek için kullanılan teknoloji oldukça ucuz olabilir. Kurulumu kolaydır ve küçük çapta az yatırım yapılması gerekir. Mutfakta atıkları ve hayvan gübresinin kullanılacağı küçük biyo-sindiriciler evde dahi kullanılabilir. Bir ev sistemi bir süre sonra kendini öder ve nesiller boyu kullanılan malzemelerin maliyeti yoktur. Çıkan gaz doğrudan pişirme ve elektrik üretimi için kullanılabilir. Biyogaz üretiminin maliyetinin göreceli olarak düşük olmasını sağlayan unsur da budur. Bir ineğin atık ürünleri bir gün boyunca bir ampulü çalıştırmak için yeterli enerji sağlayabilir. Büyük tesislerde, doğal gaz kalitesini elde etmek için biyogaz da sıkıştırılabilir ve otomobillerde kullanılabilir. Bu tür tesislerin kurulması nispeten düşük sermaye yatırımları gerektirir ve yeşil uygulamalardır. Hindistan'da, çoğunlukla kırsal alanlarda, bitkisel artıkların, organik atıkların toplanmasıyla 10 milyon civarında küçük biyogaz tesisleri kurulmuştur.

5. Sosyal etki. Biyogaz jeneratörleri, kırsal kesimde kadınları ve çocukları yakacak odun toplama işinden kurtarmaktadır. Sonuç olarak, aileye yemek pişirmek ve temizlemek için daha fazla zaman kalmaktadır. Daha da önemlisi, açık ocak yerine bir gaz ocağında yemek pişirmek, ailenin mutfakta dumana maruz kalmasını önlemektedir. Bu da ölümcül solunum yolu

hastalıklarının önlenmesine yardımcı olmaktadır. Ne yazık ki, kırsal kesimde dünyada yılda 4,3 milyon insan, açıkta yemek yaparken soluduğu duman ve buna bağlı hastalıklardan erken ölmektedir.

Dezavantajları:

1. Çiftçilerin mahsul üretmek için ekilmesi gereken değerli alanlarını çalmaktadır ve yoğun metropol alanlar için çok uygun değildir. Endüstriyel biyogaz tesisleri, yalnızca hammaddelerin bol miktarda arz edildikleri alanlar (gıda atığı, gübre) için anlamlıdır. Bu nedenle, biyogaz üretimi kırsal ve banliyö bölgeleri için çok daha uygundur.

2. Bugün biyogazın talihsiz bir dezavantajı, biyogaz üretiminde kullanılan sistemlerin verimli olamamasıdır. Süreci basitleştirmek ve onu bol ve düşük maliyetli hale getirmek için henüz yeni teknolojileri yoktur. Bu durum, büyük bir popülasyon için tedarik için büyük ölçekli üretimin hala mümkün olmadığı anlamına gelmektedir. Günümüzde mevcut olan biyogaz tesisleri bazı enerji ihtiyaçlarını karşılayabilmesine rağmen, birçok hükümet sektöre yatırım yapmak istememektedir.

3. Genişlemiş biyogaz santralinin yapısı yüksektir - özellikle gelişmiş ülkelerde (düşük gelişmişe kıyasla) iş, dokümantasyon ve yönetim maliyetleri nedeniyle yüksektir. Ayrıca biyogaz üretimi ve güvenlik önlemleri teknolojileri toplam yatırım maliyetini arttırmaktadır.

4. Biyogaz saf değildir. İyileştirme ve sıkıştırma işleminden sonra, biyogazda hala bazı istenmeyen maddeler bulunabilir. Üretilen biyo-yakıt, otomobillere güç sağlamak için kullanılmışsa, motorun metal parçalarını paslandırabilir. Bu korozyon bakım

maliyetlerinde artışa yol açabilir. Gaz karışımı, mutfak sobaları, su kazanları ve lambalar için çok daha uygundur.

5. Sıcaklığın biyogaz üretimine etkisi. Diğer yenilenebilir enerji kaynakları (örneğin güneş, rüzgar) gibi biyogaz üretimi de hava koşullarından etkilenir. Atıkları sindirmek için gereken optimum sıcaklık, fermentasyon bakterileri için yaklaşık 37 °C'dir. Soğuk iklimlerde, sindiriciler, sabit bir biyogaz tedarikini sürdürmek için ısı enerjisi gerektirir. Soğuk iklim koşullarına sahip ülkelerde biyogaz tesisinin bakımının yapılması, inşaatta izolasyon maliyeti, yüksek maliyete neden olabilir.

6. Biyogaz santralleri peyzajın görsel etkisini etkileyebilir.

Daha derin bir analiz söz konusu olduğunda, göz önünde bulundurulması gereken daha da fazla faktör olduğu ortaya çıkmaktadır.

Biyogaz tesisi yatırımları yüksek bir varlık özelliğine sahiptir (işleme övgü varlıklar). Bu durum, biyogaz üretimine övgü olması nedeniyle yatırımın başka amaçlar için kullanıldığında daha düşük bir değere sahip olduğu anlamına gelir. Bunu daha belirgin hale getirmek için dört farklı özellik öne çıkmaktadır:

- Mekansal varlık övgüllüğü veya saha övgüllüğü, envanter ve nakliye maliyetlerini en aza indirmek için yer seçimi önem taşır, başka bir deyişle; yer bağımlılık yaratır. Biyogaz tesisinin kurulduğu yer, nakliye ve stok maliyetini minimize etmek için önemlidir. Bir biyogaz tesisinin yeri önemli olduğundan, mekansal varlık övgüllüğünün yüksek olması muhtemeldir. Kombine bir ısı enerjisi ünitesine (CHP) sahip bir biyogaz tesisinin yatırım maliyeti bölgeler arasında farklılık göstermektedir ve bunun dijestanın bertaraf maliyetleri ile ilgisi vardır. Konum, nakliye ve

envanter maliyetlerini asgariye indirecek şekilde seçilmelidir. Olumlu bir konum, girdi tedarikçilerinin yanı sıra son ürünlerin müşterileriyle de komşusudur.

- İnsan varlığının özgüllüğü: iş için özel insan becerilerine ihtiyaç vardır. Egzersiz yaparak öğrenilir. Yüksek metan verimi elde etmek için özel insan becerilerine ihtiyaç vardır. Beceri, bilgi ve tecrübe biyogazın üretim sürecine özgüdür. Bir biyogaz tesisinin verimli bir şekilde işletilmesi, hangi girdilerin bir araya getirilebileceğini bilmek ve iyi bir sindirim menüsü ile sonuçlanır. Hangi sıcaklığın arzu edildiğini bilmek gibi teknik koşulları bilmek gerekir. Sindirim işlemi, metan üretim anlayışı olan profesyonel bir operatöre ihtiyaç duyar. Bir biyogaz tesisinin sahipleri her zaman bu bilgiye sahip değildir. Süreci kontrol etmek ve optimize etmek için sindirim sürecinden sorumlu bir profesyonelin hizmetine ihtiyaç vardır.

- Özel varlık özgüllüğü, yatırımın çok özel bir ürünü belirli bir müşteriye satma ihtimali üzerine yapıldığı anlamına gelir. Yatırım, belirli bir işlem ilişkisine dayanarak yapılır. Burada müşteri sözleşmeyi ihlal ederse, yatırımcı çıktıyı depolamada sıkıntı çeker. Fiziksel varlık özelliği, belirli bir ürün yapmak için tasarlanmış varlıkları ifade eder. Dar bir kullanım alanı vardır. Halen, çoğu biyogaz tesisi, biyogazdan elektrik (ve ısı) elde etmek için bir CHP kullanıyor. Elektrik, elektrik tedarik şirketine satılabilir. Kalan çıktı, digestat, bazen daha fazla işlenir ve diğer alanlara hayvan gübresi olarak atılır veya işletmenin kendi toprağına yayılır.

- Önemli bir özellik de zaman veya geçici varlık özgüllüğüdür: Varlığın kullanımının zamanlaması belirli ve önemlidir. Biyogaz işleme bir zamanlama yönü içerir, bunu bir profesyonel operatörün sindirim sürecinin zamanlama yönleri hakkında

bilmesi gereken insan varlığı özgüllüğünün bir parçası olarak görülür.

Ayrıca, özellikle AB ve ulusal düzeydeki hükümetin, biyogaz üretimi için doğru koşulları ve beklentileri şekillendirmek için sorumluluk alması gerektiğine dikkat etmek önemlidir. Biyogaz üretim sektörünün gelişimini yavaşlatan açıklamalar, tehditler ve dezavantajlar göz önüne alındığında, bu zor bir görevdir. Ayrıca, çeşitli piyasa başarısızlıklarının varlığı da muhtemelen devlet müdahalesini haklı kılmaktadır.

6. AGRO BİYOGAZ TESİSİ VE ENERJİ ÜRETİMİ BAĞLAMINDA ATIK YÖNETİMİ

Fermantasyon sonrası madde (kütle, gübre hamuru), başka bir deyişle, “digestat”, fermente edilmemiş organik bileşikleri, sürece katılan bakteri biyokütlesini ve mineralleri içerir.

Anaerobik sindirim sürecinde, hammadde olarak kullanılan yardımcı substratların sadece bir kısmı biyogaza dönüşür. Fermantasyon sonrası kütle, uygun kullanılırsa fayda ve hatta gelir getirebilecek değerli bir yan üründür.

Fermantasyon sonrası atığı yönetmenin üç ana yolu vardır:

- doğal bir organik gübre olarak
- yem katkı maddesi kaynağı olarak
- kazanlarda yanma için biyokütle olarak

6.1. Digestanın özellikleri

Sindirim sisteminin bileşimi, biyogaz tesisinde hammadde olarak kullanılan alt tabakalara bağlıdır. Kalınlaşma ve verim arttırıcı yardımcı substratların tipine ve oranına bağlı olarak,

dijestat daha yüksek veya daha düşük bir gübre değerine sahip olabilir.

Metan fermantasyonunun bir sonucu olarak oluşan hammad-
denin dönüşümü şunları içerir:

- kolayca dönüşüme uğrayan karbon bileşiklerinin uzaklaştırılması;
- Lignin, lifler, vs. gibi çözülmesi zor olan karbon bileşiklerinin ayrılması;
- Kolloidal, mukozal maddelerin ve benzerlerinin ayrışması;
- Azot bileşiklerinin amonyak azotuna dönüşümü (%90);
- Patojenik bakteri ve virüslerin yanı sıra zararlı yumurtalarının yok edilmesi;
- Amino asit ve B12 vitamin içeriğinin artırılması;
- Oksijen tüketen maddelerin miktarının azaltılması;
- Makro ve mikro besinlerin içeriğinde önemli bir değişiklik meydana gelmez,
- Biyo-metan içerisine karbon eklenmesi sonucunda karbon azot oranının değişmesi. (A. Kowalczyk-Juško, Biogazownieszansa...)

Örneğin, ham sıvı gübrede C/N oranı 6,8/1'dir, 4,8-8,4/1 arasında dalgalanırken, sindirim sisteminde 15-25/1'dir.

6.2. Digesta sisteminin yönetimi

Biyo gazın ekonomik uygulanabilirliğini geliştirmeyi amaçlayan çözümlerin kullanımı, yalnızca atıkların bir substrat olarak kullanılmasıyla değil, aynı zamanda dijestatin, genellikle bir gübre olarak kullanılması ile de ilgilidir. Genel olarak, fermantasyon sonrası malzemenin yüksek değerli bir gübre olarak kulla-

nım için ideal olduğunu ve böyle bir kullanımın ekonomik olarak gerekçeli olduğu söylenebilir. Przewodnikdłainwestorówzainteresowanychbudowąbiogazownirolniczych, 2011).

Fermantasyon sonrası madde, tarım alanlarında toprağın iyileştirilmesi ve meraların gübrenmesi için kullanılır. PH'ı 7-8'dir ve bu nedenle toprağın asitleşmesine neden olmaz ve diğer organik maddelere göre çevresel avantaj ve faydalara sahiptir:

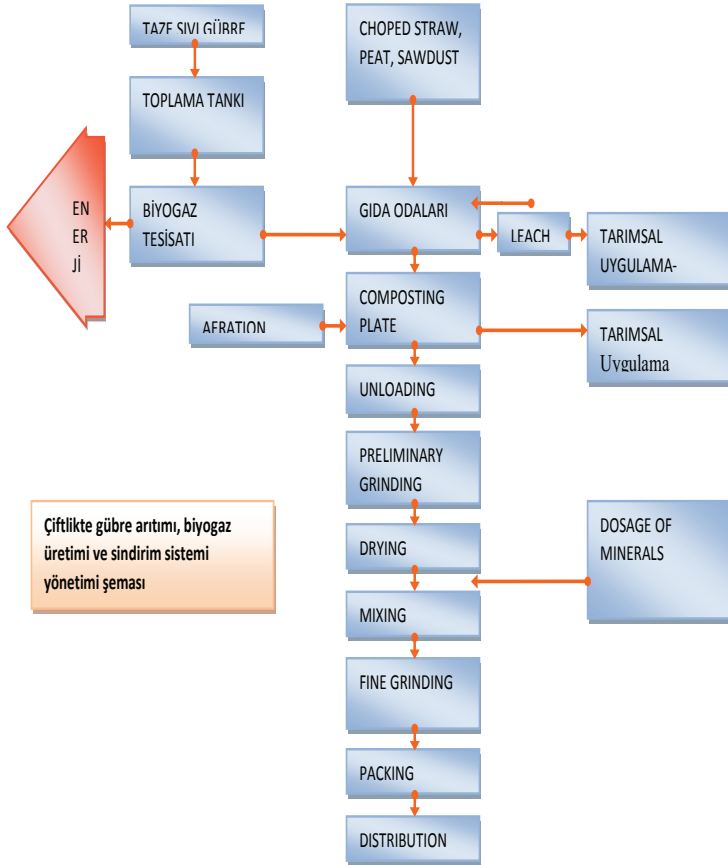
- Bileşenlerin bitkiler tarafından daha iyi kullanılması,
- Bitki koruma ürünlerinin daha az tüketimini etkileyen yabancı ot tohumlarının imhası,
- Yeraltı suyu ve yüzey suyunun kirlenme riskini azaltmak, Özellikle azot ve fosforlu bileşikleri ile hayvan dışkılarında bulunan patojenler biyogaz çıktısında sorun oluşturmaz.

Sıvı gübre, geleneksel olarak doğal organik gübre olarak kullanılır. Biyogaz tesislerinde stratejik seyreltici bir substrat olarak kullanılır. Fermantasyon sırasında, organik madde içeriği azalır, azot ve mineral içeriği artar. Domuz veya büyükbaş hayvan sıvı gübre durumunda, organik madde kullanım oranı yaklaşık % 48'dir ve sıvı gübre, silaj ve mısır taneciklerinden oluşan substrat durumunda, %75-80'e yükselir. Fermantasyon, amonyum azotu (N-NH₄) içeriğinin %90'a kadar artmasını sağlar (ham sıvı gübrede bu içerik yaklaşık %48'dir). Bu sayede azot, bitkiler için daha elverişli ve yüzeyden ve yeraltı sularından sızmaya daha az eğilimli hale gelir. Bu, organik gübrelerin depolanmasında olduğu gibi suyun ötrofikasyon riskini (biyofilik elementlerde su rezervlerinin zenginleştirilmesi işlemi) ve atmosfere metan emisyonu riskini azaltır. Gübre kullanılmadan önce, digestatın kullanılması amaçlanan toprağın özelliklerinin belirlenmesinin

yanı sıra, digestat bileşiminin kimyasal bir analizinin yapılması tavsiye edilir.

6.3. Digesta

Sindirilmiş biyogaz çıktısı, digestat, tarım alanlarını ve otlakları gübrelemek için sıklıkla kullanılır. Substratlara bağlı olarak %90 ila %97 arasında değişen yüksek bir hidrasyon seviyesi ile karakterize edilir. Sıvı gübreden biyogaz elde edilmesi durumunda özellikle büyük hidrasyon meydana gelir (yaklaşık% 94). Substrattaki yüksek su içeriği biyogaz tesisinden tarlaya taşıma maliyetinin artmasına neden olur. Ayrıca, tankların boyutunun nispeten daha büyük olması gerekir. Tesisin işletme maliyetini artırır. Bu problem, tortunun kalınlaştırılması ve gazı alınmış biyokütleyi katı ve sıvı fraksiyona ayıran ayırıcıdaki azot ve fosforun ayrılmasıyla çözülebilir. Sıvı kısım, tanka sıvı gübre ile veya besinleri sudan ayıracak modüle geri döndürülebilir.



Sıvı fraksiyon yaklaşık %20 fosfor ve %80 azot içerir (amoniyum formunda yaklaşık %90 dahil, bitkiler için daha kolay bulunur) ve kuru kütle içeriği % 2-2,5'dir. Daha fazla kurutma işleminde, %90'a kadar kuru kütle içeren konsantre fraksiyon elde edilebilir. Bu işlem, taşıma maliyetinin düşürülmesine izin verir. Katı fraksiyon organik formda yaklaşık %80-85 fosfor ve %20-25 azot içerir. Bu fraksiyondaki kuru kütle içeriği %30-35'tir.

Daha kalınlaştırmanın ardından, örneğin ufalanmış dolomit ekleyerek ve uygun katkı maddeleri veya mikro elementlerle zenginleştirerek, satılabilir ve çiftliğe gelir getirebilecek bir gübre elde edilebilir (örneğin bahçecilik ve çiçekçilikte kullanılabilir ürün yapılabilir).

Digestatın dozu, mineral gübrelerle benzer olmalıdır. Bu maddenin gübreleme için kullanılması (sıvı ve koyulaştırılmış biçimde), azot miktarını 17 kg N/da (hem mineral hem de organik gübrelerde) sınırlayan gübreler ve gübreleme ile ilgili hususları düzenleyen yasal hükümlere uyması gerekir). Dekara 17 kg saf azotu aşacak kadar vermemek gerekir.

Sindirilmiş materyali bir gübre olarak kullanmak dışında, yem katkı maddesi olarak kullanmak da mümkündür. Gübrenin fermantasyonundan sonraki çamur, taze gübrenin neredeyse iki katı daha fazla amino asit içerir ve yemdeki bazı protein katkı maddelerinin yerini alabilir.

Biyogaz çıktısının katı kısmının yönetiminin bir başka olasılığı, onu biyokütle yakmaya uygun kazanlarda yakmaktır. Sıvı kısmı, denitrifikasyondan (su tüketiminin azaltılması) sonra sindiriciye geri döndürülebilir veya bir sıvı gübre olarak kullanılabilir. Ön mekanik susuzlaştırma işleminden sonra katı kısım, termal yöntemlerle kurutulabilir ve granüle edilebilir (uzun süreli depolama, gazlaştırmada veya pirolizde veya birlikte yakma işleminde katı biyoyakıt olarak kullanılması olasılığı vardır).

6.4. Digestanın kokusu

Anaerobik sindirim prosesinde önemli bir unsur, sıvı gübrede belirli substratlarda meydana gelen koku-koku seviyesinin azaltılmasıdır. Sosyal kaygıların ve protestoların temeli olan sindirim

sisteminin koku sıkıntısı, ham sıvı gübre durumundan çok daha düşüktür.

Polonya'daki biyogaz tesislerinde koku azalmasının %80'e ulaştığı tahmin edildi. Amerikan araştırmalarına göre, anaerobik koşullar altında kontrollü fermantasyon sayesinde, taze sıvı gübreyle kıyasla koku seviyesi %97'ye kadar azaltılabilir. Buna karşılık, sıvı fermente edilmemiş gübrenin üç günlük bir süre için depolanması kokunun yoğunluğunu %77 oranında arttırır. (K. Weglarzy (ed.) Agrobiogazownia)

BIOMASS (BİYOKÜTLE) ENERJİSİ

Prof.Dsn. Jivko Krastanov, Assos.Prof. Teodora Angelova,

Prof.Dr.Staika Laleva, Prof.Dr. Yovka Popova

Agricultural institute – Stara Zagora, Bulgaristan

1. BİYOKÜTLE NEDİR?

1.1. Tanımlama ve temel terimler

Biyokütle, güneşten depolanmış enerji içerir. Bitkiler güneş enerjisini fotosentez adı verilen bir işlemde emer. Biyokütle yakıldığında, biyokütlerde kimyasal enerji ısı olarak salınır. Biyokütle doğrudan yakılabilir veya yakıt olarak yakılabilecek sıvı biyoyakıt veya biyogaza dönüştürülebilir.

Biyokütle, elektrik ya da diğer güç biçimlerini oluşturmak için kullanılan yenilenebilir ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı olan organik malzemelerden geliştirilen yakıttır. Biyokütle gücü, depolama alanlarına atılan, açık yanan ya da orman yangınlarını önlemek için boş olarak bırakılan alanlardan sağlanan; yenilenebilir organik atıklardan elde edilen karbona dayalı elektriktir. Yandığında, biyokütle içindeki enerji ısı olarak salınır. Evlerdeki söminelerde yakılan odunla biyokütle kullanımı zaten yaygındır.

Biyokütle, doğal kimyasal enerji içeriğine sahip Dünya yüzeyindeki herhangi bir organik maddedir. Biyoenerji, ısı, elektrik veya hareket enerjisi üretmek için biyokütle (genellikle ölü organizmalar ve atık ürünler) kullanır.

Biyokütle enerji santrallerinde, elektrik üretmek için türbin çalıştıran veya sanayi ve evlere ısı sağlayan sistemlerde buhar

üretmek için odun atıkları veya diğer atıklar yakılmaktadır. Yeni teknolojiler, endüstriyel tesislerde yanan biyokütleden kaynaklanan emisyonların genellikle fosil yakıtlar (kömür, doğal gaz, petrol) kullanıldığında üretilen emisyonlardan daha az olmasını sağlamaktadır. Biyokütle yakıtlarını oluşturan bazı malzeme örnekleri şunlardır:

- Kereste parçaları;
- Orman enkazı;
- Bazı tarımsal ürünler;
- Çiftlik gübreleri;
- Ve bazı işleme paketleme atıkları.

Dünyada biyokütle üretiminin, yılda 146 milyar mt olduğu tahmin edilmektedir. Çoğunlukla yabancı bitkiler kullanılır. Biyokütle, gelişmekte olan ülkelerde birincil enerji tüketiminin %35'ine tekabül etmekte ve dünyayı birincil enerji tüketiminin %14'üne yükseltmektedir. Gelecekte, biyokütle, düşük maliyetli ve sürdürülebilir bir enerji arzı sağlama potansiyeline sahipken, aynı zamanda ülkelere sera gazı azaltma hedeflerini karşılamada yardımcı olmaktadır. 2050 yılına gelindiğinde, dünya nüfusunun %90'ının gelişmekte olan ülkelere yaşayacağı tahmin edilmektedir.

Biyokütleden enerji üretmek, insanlığın kullandığı en eski enerji teknolojilerinden biridir. Biyokütle, Taş Devri'nden bu yana ısı ve ışık üretmek için kullanılmış ve 400.000 yıldan uzun bir süre sonra büyük bir enerji kaynağı haline gelmiştir. Fosil yakıtların ortaya çıkması ve elektrifikasyon ile liderliğini kaybetmiştir.

2. BIYOKÜTLE TÜRÜ

Biyokütle iki farklı kategoriye ayrılabilir:

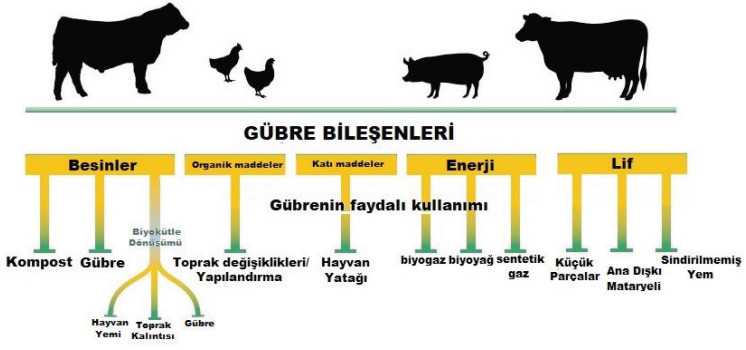
- Atık biyokütle
- Enerji bitkileri

2.1. Atık Biyokütle

Orman Kalıntıları - Orman atıkları; tomruk artıklarını, kusura ticari ağaçları, ölü odunları ve kalabalık, sağlıklı, yangına eğilimli ormanların seyreltilmesiyle ortaya çıkan ticari olmayan ağaçları içerir. Bazı ormanların gençleştirilmesi ve daha düzgün kerestelik ağaç üretimi için ormanların seyreltilmesi gerekir. Ancak daha küçük ormanlık alanlarda ağacın sökülme maliyeti düşük kaliteden dolayı kereste satışlarıyla geri kazanılamaz. Atıklarının enerji kaynağı olarak değerlendirilmesi gerekir. Orman hasadı enerji için önemli bir biyokütle kaynağıdır. Hasat, genç sürgünlerde seyreltme veya biyoenerji için kullanılan eski kütüklerin kesimi şeklinde gerçekleştirilebilir. Hasat işlemleri genellikle hacminin yalnızca %25 ile 50'sini çıkarır ve artıkları enerji elde etmek için biyokütle olarak ayrılır. Böceklerden, hastalıklardan veya yangından zarar gören orman alanları da biyokütle kaynaklarıdır. Orman kalıntıları normalde düşük yoğunluklu ve taşıma maliyetlerini yüksek tutan yakıt değerlerine sahiptir ve bu nedenle ormandaki biyokütle yoğunluğunu azaltmak ekonomiktir.

Hayvansal Üretim - Hayvan gübreleri, yüksek konsantrasyonda katı madde içeren sulu bir yan üründür. Çiftlik gübreleri temel olarak domuz yetiştiriciliği, kümes hayvanları ile küçük ve büyük baş hayvancılıktan elde edilir. Bunlar, temelde anaerobik sindirim için bir biyogaz yakıt kaynağı olarak kullanılabilir. Sığır yetiştirme teknikleri, anaerobik sindirim sistemine verilebilecek gübre miktarını ve kalitesini önemli ölçüde etkiler. Çiftlikler ta-

rafından kullanılan inek sayısı, barındırma, taşıma ve yataklı sistemleri, kullanılması gereken gübre miktarını ve dolayısıyla üretilen enerji miktarını belirler.



Mezbaha ve Balık Atıkları -- Mezbahada veya balık işleme tesislerinde büyük miktarda organik atık vardır. Bunların çevre, insan veya hayvan sağlığı için tehlike olma olasılığı yüksektir. AB Hayvansal Yan Ürünler Yönetmeliği (2003), bu hayvan atıklarının güvenli bir şekilde bertaraf edilmesi gerektiğini belirtir. Bu oldukça maliyetli bir işlem olabilir, ancak bu tür atıklar Anaerobik sistemlerde biyogaz üretimi veya yem katkısı olarak da kullanılabilir.

Hasat Harman Kalıntıları -Mahsul artıkları; tahıllardan (pirinç, buğday, darı, mısır, sorgum, arpa, akdarı), pamukdan, yer fıstığından, hint kenevirinden, baklagillerden (fasulye, börülce, soya) kahveden, kakaodan, çaydan, meyvelerden (muz, mango, koko, kaju) ve hurma yağından ortaya çıkan saman, gövde, sap, yaprak, kabuk, küsbe, anız gibi tüm tarımsal atıkları kapsar. Pirinç işleme tesislerinde rahatlıkla ve kolayca enerjiye dönüştürülebilen kavuz ve pirinç kabuğu ortaya çıkar. Mısır hasat edildiğinde önemli miktarlarda enerjiye dönüştürülebilen biyokütle

kalmaktadır. Şeker kamışı hasadında, tarlalarda oluşan hasat artıkları da iyi biyomass enerji kaynaklarıdır.



2.2. Enerji Bitkileri



Özel enerji bitkileri, diğer bir odunsu biyokütle enerjisi kaynağıdır. Bu ürünler hızlı büyüyen bitkiler, ağaçlar veya özel olarak enerji üretimi için yetiştirilen diğer otsu biyokütle kaynaklarıdır. Biyomühendislikten faydalanarak hızla büyüyen, zararlı böceklere dayanıklı, yer ve toprağa özgü bitkiler tespit edilmiştir.

Enerji bitkileri kullanan tipik bir 20 MW kapasitedeki bir buhar çevrimli elektrik santraline, enerji dönüşümü için yaklaşık 8.000 hektarlık bir alan gerekmektedir. Otsu enerji bitkileri, çok veya tek yıllık olabilmekte, ancak her yıl hasat edilmektedir.

Endüstriyel bitkiler, belirli endüstriyel kimyasalları veya materyalleri üretmek üzere yetiştirilirler. Örneğin; lif için hint keneviri bitkisi, şeker için pancar, tanesi için hububat, ricinoleik asit için hint yağı yetiştirilir ve esas ürün elde edildikten sonra geriye çok önemli miktarlarda biyomass kaynağı kalır. Yosun, dev yosun, deniz yosunu ve mikroflora gibi su kaynakları da biyoenerji stoğuna katkıda bulunabilir.

Kısa Rotasyonlu Enerji Bitkileri

Park ve bahçelerin yeşillendirilmesinde kullanılan ağaçsı türler önemli biyonass kaynaklarıdır. Bu türler belirli aralıklarla budanırlar ve dalları budakları enerji kaynağı olarak kullanılır. Bu türler her yıl genç sürgünler verir. Akasya, kavak ve söğüt gibi ağaçlar kısa rotasyonlu enerji bitkileri içinde popüler seçeneklerdir. Kısa rotasyonlu ormancılık, bir alana ağaç dikimi ve daha sonra gövde çapları 10-20 cm çapa ulaştığında kesilmesini kapsar. Bu döngü daha uzundur ve her 8-20 yılda bir gerçekleşir. Bu amaçla kullanılabilir bitkiler, arasında çınar, diş budak, kavak, söğüt, okaliptüs ve kayın bulunur.

Odun Dışı Ürünler ve Tek Yıllık Bitkiler

Miscanthus-fil otu, odunsu olmayan tüm bitkisel ürünler arasında en popüler olanıdır ve sadece her 2-20 yılda bir verim sağlayan kısa rotasyonlu enerji bitkilerinin aksine iyi bir yıllık verim sağlar.



Tarımsal Enerji Bitkileri

Karbon içeriği yüksek olması nedeniyle, şeker bitkileri (şeker pancarı), nişasta bitkileri (buğday, mısır ve patates) ve yağ bitkileri (kolza, ayçiçeği) gibi birçok geleneksel bitki ya doğrudan yakıt olarak kullanılır ya da biyoyakıt amacıyla değerlendirilir.

Sucul Bitkiler (Hidroponik)

Sucul bitkilerin avantajı, toprağı kullanmamaları ve ihtiyaç duydukları her şeyi sudan besinler şeklinde almaları, böylece fotosentezde mükemmel olmalarıdır. Mikroskobik ve makroskobik (deniz yosunu, yosun gibi) ve diğer gölet ve göl florası gibi algler, enerji bitkilerinin iyi örnekleridir. Bunların dezavantajları, yüksek su içeriğinden dolayı biyokütle olarak kullanılmadan önce kurutulması zorunluluğudur.

Enerji Bitkilerinin Avantajları

Enerji tarımının gelişmesi, fosil yakıtlara daha az bağımlılık olması ve dolayısıyla madencilik ve fosil yakıt ticaretinde düşüş anlamına gelir. Bir diğer büyük avantaj, biyokütlenin serbestçe kullanılabilir olmasıdır. Büyüyen bitkiler veya bir tarla, karbondioksit tüketmeleri ve oksijen üretmeleri ile daha fazla oksijenli bir atmosfere neden olmaları anlamına gelir. Tarımsal atıkları işlemek için inşa edilmiş devasa atık depolama alanlarının bulunduğu gelişmiş ülkelerde, biyokütle enerjisi kullanışlı olabilir, bu nedenle bu toprakları başka ve daha faydalı amaçlar için kullanmak mümkündür. Devletler ayrıca, ilgilenen çiftçilere birçok hibe sağlamaktadır

Enerji Bitkilerinin Dezavantajları

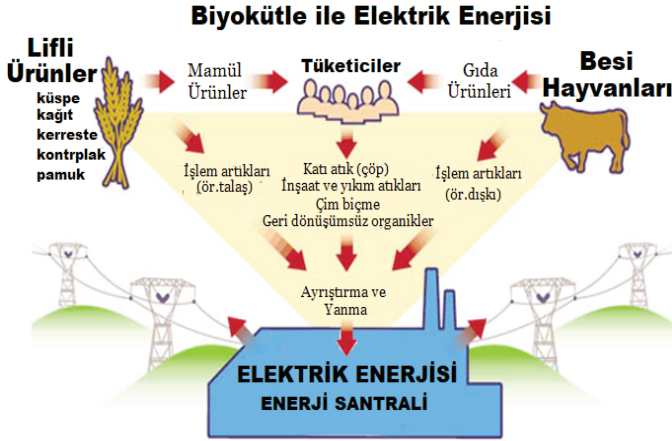
Biyokütle tarımı için kullanılan araziler; aslında gıda üretimi için kullanılabilir. Enerji-gıda rekabeti ortaya çıkabilir. Son olarak, enerji mahsullerinin büyük dezavantajlarından biri, bazen dönüşümün çevre kirliliğine neden olmasıdır.



3. BİYOKÜTLEDEN ENERJİ ÜRETİM SÜREÇLERİ

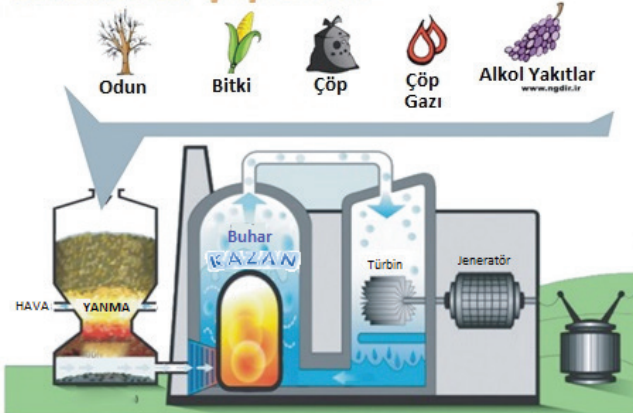
Biyokütleden enerji kullanımında beş temel form vardır:

1. Gelişmekte olan ülkelerde (yakacak odun, odun kömürü ve zirai artıklar) ev içi yemek pişirmede (örneğin, “üç taş ateşi”) aydınlatma ve yerden ısıtma için “geleneksel ev” kullanımı. Bu şekilde biyokütlenin faydalı enerjiye dönüşümünün etkinliği genellikle %5 ile %15 arasındadır.
2. Geleneksel endüstriyel kullanım: Biyokütle tütün, çay vb ürünlerin işlenmesinde kurutulmasında kullanılabilir. Bu şekildeki kullanımda verimlilik %15’ten azdır.
3. Modern sanayide kullanım: Endüstriler, teknolojik olarak gelişmiş termal dönüşüm teknolojilerini kullanır. Bu alanda beklenen dönüşüm verimleri %30 ile %55 arasındadır.
4. Isı birimlerinin maksimum teorik dönüşüm verimlerini tanımlayan entropi-dikte Carnot limitini geçebilen yeni “kimyasal dönüşüm” teknolojileri (“yakıt hücresi”).
5. Biyogaz üretimi için anaerobik sindirim ve alkol için fermentasyon dahil “biyolojik dönüşüm” teknikleri.



Genel olarak, biyokütle-enerjiye dönüşüm teknolojileri, kütle ve enerji yoğunluğu, boyut, nem içeriği ve aralıklı arzda oldukça değişken olabilen bir besleme stoğu ile uğraşmak zorundadır. Bu nedenle, modern endüstriyel teknolojiler, genellikle; biyokütle arzı kesintiye uğradığında ürünün ısıtılması için fosil yakıt kullanan hibrit fosil yakıt/biyokütle teknolojileridir.

BİYOKÜTLE ÇEŞİTLERİ



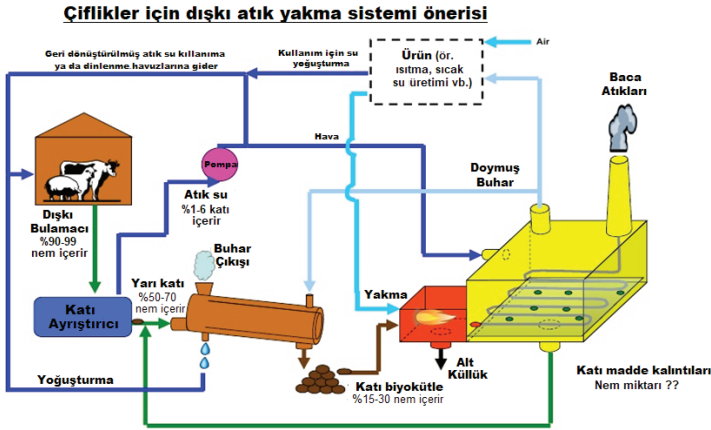
Tanım olarak, biyokütle enerjisi, yakıt olarak kullanılacak herhangi bir organik maddenin yakılması (yanması) veya biyokimyasal dönüşümü ile yaratılır.

Yanma

Biyokütle atıklarından hem ısı hem de elektrik enerjisi üretmek için en yaygın teknik doğrudan yanmadır. %80-90'a varan termal verimler, büyük ölçüde azaltılmış atmosferik emisyonları olan gelişmiş gazlaştırma teknolojisi ile sağlanabilir. Küçük ölçekli teknolojiden büyük şebekeye bağlı tesislere kadar birleştirilmiş ısı ve güç (CHP) sistemleri, yalnızca elektrik üreten sistemlerden çok daha yüksek verimlilik sağlar. Anaerobik sindirim ve sıhhi atık depolama alanları gibi biyokimyasal işlemler ayrıca bir gaz motoru kullanılarak güç ve ısıya dönüştürülebilen biyogaz ve üretici gaz formunda temiz enerji üretebilir. Verimli yanma için aşağıdakileri sağlamak gereklidir:

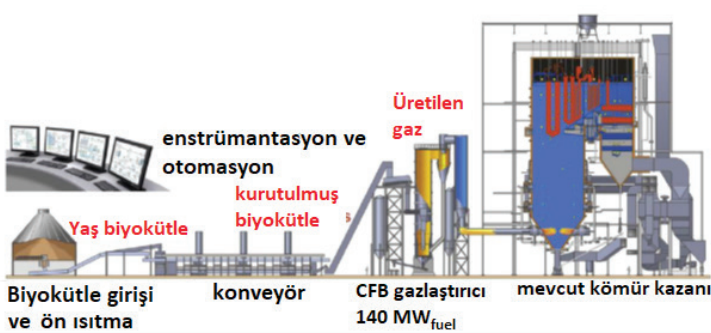
- Yeterince yüksek sıcaklık,
- Yeterince hava,
- Biyokütlenin tamamen yanmasını sağlamak için yeterli zaman.

Doğrudan yanma, biyokütle enerjisini kullanmanın en basit ve en yaygın yöntemi olmasına rağmen, her zaman verimli bir işlem değildir. Bu nedenle, önemli ölçüde daha yüksek verim ile nitelendirilebilecek bir yanma kazanı tasarlamak gerekir. Önemli bir adım, suyun ahsaptan buharlaşmasını, yani enerji tüketen bir süreci anlamaktır. Ancak tüketilen enerji, mevcut toplam enerjinin sadece küçük bir yüzdesini temsil eder. Modern yakma sistemleri kömür için kullanılanlara çok benzer ve %90'a varan yanma verimine sahiptir.



Eş Ateşleme Sistemi

Eş-ateşleme işlemi verimsiz bir yanma yöntemi olarak kabul edilir. Bu süreçte, biyokütle, bir enerji santralinde kullanılan kömürün %15 ila %20'sinin yerini alır. Bu, kömür yakıtından kaynaklanan emisyonları azaltmaya yardımcı olur ve hatta işletme maliyetlerini düşürür. Yanma işlemi bir miktar hava kirliliği yaratır ve üretilen enerjinin büyük bir kısmı kaçtığından diğer yöntemler kadar verimli değildir.



Termal Dönüşüm

Termal dönüşüm işlemleri, çeşitli kimyasal reaksiyonlar ve oksijen ile etkileşimi yoluyla biyokütleyi farklı bir kimyasal maddeye değiştirilerek enerji elde etmek için ısı kullanır. Bu akış şeması şu süreçleri **içerir:**

Gaz Haline Getirme

Gazlaştırma işlemi, yüksek sıcaklıklar kullanarak ve petrol, kömür, biyokütle ve biyoyakıt gibi karbon malzemelerini hidrojen ve karbon monoksit'e dönüştürürken oksijen ve buhar miktarını kontrol ederek gerçekleştirilir. Bu dönüştürme işlemi, syngas olarak bilinen ve yanma işleminden daha etkili bir biyokütle ürünüdür. Syngas doğrudan yakılabilir, metanol ve hidrojen oluşturmak için kullanılabilir ve hatta sentetik bir yakıt haline dönüştürülebilir.

Piroliz

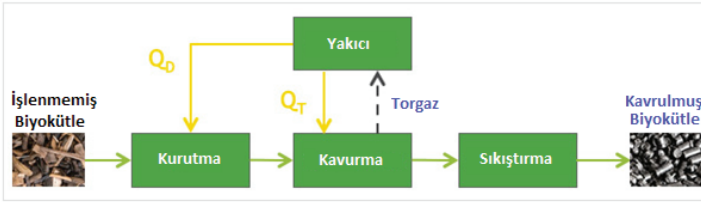
Piroliz, biyokütle hazinede oksijen olmadan ısıtıldığında meydana gelir. Su, kömür, katran, yağ ve hidrojen, metan, karbondioksit ve karbon monoksit gibi gazlar, biyokütle pirolizinin ürünleridir. Bu kimyasal değişimler, işlenmekte olan biyokütle nin türü ve ısınmanın ne kadar süreceği ile belirlenir. Kömür, metalürjide absorpsiyon uygulamaları için kullanılan piroliz işlemlerinden elde edilen en yaygın son üründür.

Torrefaction-Kavurma

Biyokütle üretimi için torrefaction (kavurma), ısı kullanılarak yapılan bir termo-kimyasal işlemidir. Bu işlem için gereken sıcaklık 200 ila 320 °C arasındadır. İşlem sırasında oksijen uzaklaştırılır, biyokütle içerisindeki nem giderilir ve uçucu madde olarak adlandırılır. Gereksiz uçucular, daha kullanışlı bir biyo-

kütle formu için de uzaklaştırılır. Gereksiz uçucular, selülozu ve parçalandıklarında bir dizi uçucu madde veren diğer biyopolimerleri içerebilir. Bu işlemin sonucu, biyo-kömür olarak bilinen kuru siyah bir katı biyokütledir. Biyo-kömür tipik olarak peletler veya briketler haline getirilir ve evlerde ısıtma veya sanayide yakıt için kullanılır. Biyo-kömürün diğer yanıcılardan daha az dumanı vardır.

TEMEL KAVURMA PRENSİBİ



Kimyasal Dönüşüm, Yanma Olmayan İşlemler

Biyokütlenin yanma gerektirmeden enerjiye dönüştürülmesi için başka işlemler de vardır. Bu yöntemler, biyokütle materyallerini ham maddeye dönüştürebilir ve çeşitli katı yakıt, gaz ve sıvı formlarına dönüştürebilir. Enerji santralleri daha sonra bu dönüştürülmüş enerjileri daha fazla işlem yapmadan doğrudan kullanabilir.

Biyokütlenin çoğu bol miktarda karbonhidrat içerdiğinden, uygulanabilir yakıt kaynakları olarak kabul edilen birkaç farklı kimyasala indirgenebilir.

Biyokütle Yağları

Mısır, şeker kamışı, soya fasulyesi ve diğer yenilenebilir bitki türleri yakıt olarak sıvı formlara dönüştürülebilir; dizel ve benzin yerine kullanılabilir. Yemeklik yağlar genellikle restoranlardan toplanır ve biyodizelle geri dönüştürülür.

Fermantasyon, Metan ve Alkol

Bitkilerin yanması, bitkinin kimyasal yapısını parçalamak amacıyla bitkilerin ısıtılmasını gerektirir. Bu kimyasallar katı, gaz ve sıvıdır. Bu kimyasalların bazıları doğrudan kullanılabilirken, diğerlerinin diğer arıtma yöntemleri ile daha da parçalanması gerekir. **Örneğin, metan kullanmak amacıyla metanı çıkarmak için bir biyokütle** gazlaştırıcısı gerektirir. Metan daha sonra, elektrik üreten türbinlere güç sağlamak için gaz halinde kullanılır. Metan ayrıca, çok düşük emisyonlu elektrik üretmek için kullanılan bir hidrojen yakıtına dönüştürülür.

Biyokimyasal, Fermantasyon Süreci

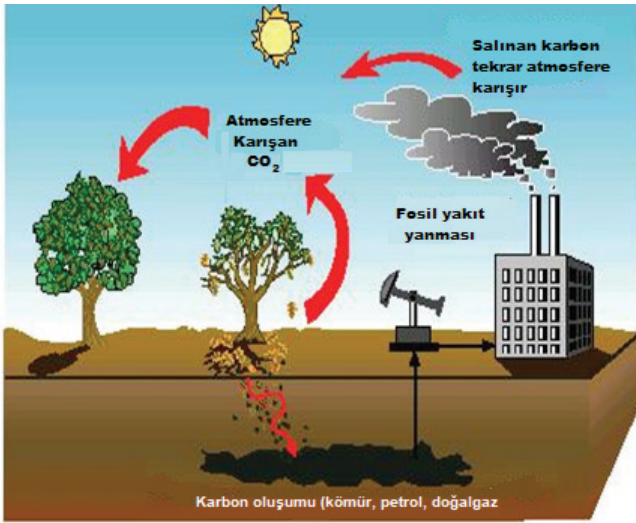
Fermantasyon çoğunlukla likör, bira ve şarap yapmakla ilişkilendirildiğinden garip gelebilir; ancak biyoenerjiyi dönüştürmenin mantıklı bir yoludur. Bu, mısırın bir tahıl alkolüne (etanol) dönüştürüldüğü bir fermantasyon **işleminde geçer**. Bu işlemin bir yan gazı elektrik üretiminde kullanılacak metandır.

4. BİYOKÜTLENİN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

4.1. Avantajları

- Biyokütlenin bir enerji kaynağı olarak kullanılması, sera gazlarının toplam çıktısını azaltmaya yardımcı olur. Bugün, bunun hızlı büyüyen ürünler için (örneğin sorgum ve mısır gibi) ve organik atıklar için doğru olduğu, ancak ormanlar için zorunlu olmadığı kabul edilir.
- Biyokütle kullanmak organik atık miktarını azaltmaya yardımcı olabilir
- Biyokütle her zaman mevcuttur ve yenilenebilir bir kaynak olarak üretilebilir.

- Biyokütle, tarım kaynaklı yakıt, belki de tarımsal ürüne değer katan ikincil bir üründür.
- Büyüyen biyokütle bitkileri oksijen üretir ve karbondioksit tüketir.
- Biyokütle yakıt yakıldığında açığa çıkan karbondioksit tesislerden alınır.
- Yabancı petrole harcanan para azalır.



Basitleştirilmiş karbon döngüsü. Fosil yakıtların aksine biyokütle yandığında atmosferde sera gazı etkisi oluşturmaz.

4.2. Dezavantajları

- Biyokütle üretmek için mahsüller ekmek gerekir. Gıda ile rekabet edebilir.
- Hasat yöntemleri gibi alanlarda ilave çalışmalara ihtiyaç vardır.

- Enerji bitkileri için kullanılan araziler, koruma, barınma, tatil köyü veya tarımsal kullanım gibi başka amaçlar için de talep edilebilir.
- Biyokütlenin yakıt olarak kullanılması, karbon monoksit, NOx (azot oksitler), partiküller ve diğer kirleticiler şeklinde, bazı durumlarda kömür veya doğal gaz gibi geleneksel yakıt kaynaklarından daha yüksek seviyelerde hava kirliliği oluşturur.
- Ormanlardan gelen biyokütlenin kullanılması, ağaçların yeniden yetişmesi için uzun zaman aldığından CO₂ tüketimi sürekli değildir.

5. BİYOKÜTLE HAKKINDA HABERLER

Modern teknolojiyi kullanan biyokütle, iki temel özellikte geleneksel biyokütleden farklıdır. İlk olarak, organik madde kaynağının sürdürülebilir olması ve ikincisi, enerjiyi elde etmek için kullanılan teknolojinin baca gazı emisyonlarını sınırlandırması veya azaltması ve kül kalıntısı yönetimini hesaba katması gerekir. Ayrıca, dönüşümün etkinliği daha az yakıt kullanımına yol açar. Modern biyokütle, bazı bölgelerde, özellikle kuzey Avrupa ve Kuzey Amerika'nın bazı bölgelerinde kullanılır. Finlandiya'da, biyoenerjinin yaklaşık %60'ı siyah likör, ağaç kabuğu, talaş ve diğer endüstriyel odun artıkları kullanılarak orman endüstrisinde üretilmektedir. İsveç'te, biyoenerji kullanımının yaklaşık %40'ı, havacılık, cips, siyah likör ve uzun yağ gibi artıkları kullanan orman endüstrisinde bulunmaktadır. Benzer bir gelişme, ethanol ve şeker endüstrisinde samanın işlemlerde ve güç üretiminde kullanıldığı yerlerde meydana gelmiştir.

Modern biyokütle teknolojileri, otomobilleri güçlendirmek ve kazanlarda ısı üretmek için kullanılan sıvı biyoyakıtları, endüstriyel ve konut kojenerasyonunu ve elektrik, sıvı biyoyakıt ve pelet ısıtma sistemlerinde kullanılan biyo rafinerileri içerir. Kombine ısı ve enerji (CHP) veya kojenerasyon, ısı ve/veya buhar ve elektriğin eşzamanlı üretimi ve kullanımı anlamına gelir. CHP, özellikle bölgesel ısıtma ve soğutma (DHC) ile birlikte, bağımsız sistemler ile karşılaştırıldığında daha yüksek verimlilik ve daha az yakıt ihtiyacı nedeniyle sera gazı (GHG) emisyon azaltma stratejilerinin önemli bir parçasıdır. Elektrik üretimi katı, sıvı veya gaz halindeki biyoyakıtlarla beslenebiliyor ve günümüzde en büyük biyoyakıt oranı katı biyoyakıt kullanılarak üretilmektedir.

Termokimyasal Biyokütle Gazlaştırma, temizlemeden sonra uygulamalarda iyi bir çevresel performans ve yüksek esneklik sağlayabilen bir yakıt gazı üreten yüksek sıcaklıkta bir işlemdir. İşlem, biyokütleyi (katı biyokütle, atıklar) farklı amaçlar için kullanılabilir yanıcı bir gaza dönüştürmek için kullanılır. Gazlaştırma için tipik besleme stoğu, odun yongaları, peletler veya odun tozu gibi selülozik biyokütle, saman veya kabuk gibi tarımsal yan ürünlerdir.

Peletler modern biyoenerji kaynağının başka bir şeklidir. Pelet, orijinal bir malzemeyi sıkıştırarak üretilen küçük bir silindirik form parçacığı için kullanılan bir terimdir. Şu anda, peletler esas olarak ahşap artıklarından üretilmektedir; oysa saman, ayçiçeği çekirdeği kabukları, sapları ve mısır yaprakları gibi tarımsal yan ürünlerden üretilen peletlerin hacmi artmaktadır. İşlenmemiş biyokütle ile karşılaştırıldığında peletlerin önemli bir avantajı, birim alan başına yüksek yoğunluklu ve yüksek enerji içeriğidir. Bu, uzun mesafeli taşıma için uygundur. En büyük pelet değir-

menleri, çoğunluğu Kuzey Amerika ve Avrupa'daki bulunduğu 21 ülkede bulunmaktadır. Tesislerin yapım aşamasında planlanan tesislerin yıllık kapasitelerinin 42 milyon tonun üzerinde olması muhtemeldir. Mevcut üretim 2014 yılında 27 milyon tondur ve Kuzey Amerika ve Avrupa tüm üretim hacimlerinin %97'sini oluşturmaktadır. Bu bölgelerde, biyoenerji sistemleri de genellikle kağıt hamuru ve kağıt endüstrisi ile entegredir. Örneğin, ahşap atıklar konut ısıtmada (özellikle İtalya, Almanya ve Avusturya'da), site ısıtmada (örneğin İsveç, Danimarka ve Finlandiya) ve büyük ölçekli enerji üretiminde (örneğin Belçika, Hollanda ve İngiltere) kullanılmaktadır.

Diğer modern biyokütle tesislerinin örnekleri, biyokütle bitkilerini, ağaçları veya diğer hızlı büyüyen enerji bitkilerini ve sürdürülebilir bir şekilde toplanan orman kalıntılarını içermektedir. Bazı bölgelerde biyokütle tesisleri, enerji üretiminin toplam enerji verimliliğini artırmak ve hem biyokütle yanma işlemi tarafından üretilen elektriği hem de atık ısıyı verimli bir şekilde kullanmak için yaygın olarak birleşik ısı ve enerji teknolojisine sahiptir.

Günümüzde, biyokütlenin asıl kullanımı kırsal ve gelişmekte olan ülkelerde ısı şeklindedir. Tüm biyoenerji tüketiminin yaklaşık% 90'ı geleneksel kullanımdadır. Dünyada kullanılan orman biyokütlesinin birincil enerji arzının yaklaşık 56 EJ olduğu tahmin edilmektedir, yani odunsu biyokütle, yıllık olarak sağlanan tüm enerjinin %10'unun kaynağıdır. Genel olarak, odunsu biyokütle, her yıl tüm biyokütle kaynaklarından elde edilen birincil enerjinin yaklaşık% 90'ını sağlar.

Böyle bir tesiste ısının kullanılması, her bir yerel müşteriye, örneğin, büyük miktarda ısı veya buhar gerektiren bir sanayi

tesisine veya suyu kullanım sıcaklığına kadar ısıtılmasında ve kullanılmak üzere sıcak suyu bir yerleşim yerindeki kullanıcıya götürmek için bir bölgesel ısıtma şebekesine gereksinim vardır.

6. ÖRNEK TESİSLER

6.1. Roves Çiftliği Biyokütle Merkezi Isıtma

Roves Çiftliği İngiltere’de (www.rovesfarm.co.uk) bir aile işletmesidir. 166 hektarlık arazisi olan bu çiftlikte hayvancılık ve bitkisel üretim yapılmaktadır. Aynı zamanda ekoturizm faaliyetlerine uygundur. Her yaştan insanın geldiği bu çiftlikte eğlence ve maceraya yönelik etkinlikler gerçekleştirilmektedir.

Çiftlikte yeni tesis edilen biyokütle ısıtma sistemi mevcut binaları ve aynı zamanda ziyaretçiler için yapılan misafirhaneleri de ısıtmaktadır. Çiftlikte yeni sistemle sadece çiftlikte ortaya çıkan organik atıklar değerlendirilmekte ve en sürdürülebilir düşük karbonlu ısıtma sistemi olarak kabul edilmektedir.

6.2. Bulgaristan Örnek Tesis İncelemesi - Biyokütle tesisleri

Biyokütle enerji üretimi geçtiğimiz yıl Bulgaristan’da keskin bir sıçrama yaptı. Elektrik Sistem İşletmecisi (ESO) sitesinde yayımlanan verilere göre, 2014 yılının ilk dokuz ayında üretilen elektrik %849,53 oranında artmıştır.

En büyük iş merkezi şu anda Bella Bulgaristan’a yakın olan Green Forrest Projesi’ndedir. Filibe’deki Kostievo köyünde bulunmaktadır ve 4.99 megawatt kapasitelidir. ASW siciline göre Ağustos 2013’te faaliyete geçmiştir. Tesis Bella et işleme tesisinin yanındadır ve elektrik dışında işletme ihtiyaçları için de ısı üretmektedir. Basında çıkan haberlere göre, Green Forrest, bu

yıl Mayıs ayında faaliyete geçen 1487 kilovatlık bir merkeze ve Plovdiv Saedinenie köyüne yakın bir yerde bulunmaktadır. Anaerobik fermantasyon teknolojisi ile biyogaz üretimi için en yüksek enerji değerine sahip mısır silajından elektrik üretmektedir. Haziran 2014’te, 1.5 megawatt kapasiteli Filibe yakınlarındaki “Biona Gas” genel merkezi çalışmaya başlamıştır. Yakındaki inek çiftliğinden gelen gübre ve mısır silajını kullanacaktır.

Diğer bir işletme tesisi Balçık yakınlarındadır. 0.999 megawatt kapasiteye sahip ve 2013 yılında faaliyete geçmiştir. Mısır silajını da yakmaktadır. Suhodol’da, Sofya Belediyesine ait, 0,8 MW kapasiteye sahip ve çöp gazı atık depolama alanını kullanan bir tesis bulunmaktadır. Şirketin seralarına 0.495 megawatt’lık Pazardjik santrallerden biri üretilmektedir ve ürettikleri atıkları kullanmaktadır.

6.3. Copys Green Farm, Norfolk

Copys Green Farm, Copys Green Farm, Norfolk, ülkedeki birkaç anaerobik çürütücüye ev sahipliği yapıyor. Stephen Temple’ın mandıra çiftliğinden sığır gübresi ve silajı ve peynir yapım işletmesinden peynir altı suyu, ısı ve elektrik üretimi için kullanılabilir. Biyogaz üreten tesisle beslenir. Şebekeye satılan fazla enerji ile, yan ürün “digestat”, serbest bir gübre değişimi olarak kullanılır ve gübre, silaj ve peynir altı suyu kullanımının azaltılmış maliyeti, bu bir zekice bir yatırımdır.

Elektrik satışından ve elektrik almak zorunda kalmamanın faydalarından önemli miktarda geri dönüş var. Çiftlikte kullanım için ısı mevcuttur ve sindirilmiş katıların yayılması, gübre maliyetlerini düşürmenin yanı sıra, tarım alanlarımızın verimliliğini ve değerini artırır. Çevre, özellikle de hayvancılık gübrelerinin kirlilik potansiyelini azalttıımızdan, fayda sağlayacaktır.

6.4. Stefan Nordmyr Aile Çiftliği ve Seralar

Narpio, Finlandiya'daki iki büyük, uzun serada domates ve salatalık yetiştiren bir aile çiftliğidir ve tamamen biyokütle ile ısıtılmamaktadır, üç adet termal MW (10 MMBtu / saat) üretebilen modüler bir kazan sisteminde turba yakmakta ve turba almaktadır. Çiftliğin kazan tesisi Nakkila tarafından inşa edilmiş ve iki parçaya ulaşımıştır - kazanı barındıran bina da dahil olmak üzere ısıtma tesisinin üst ve alt yarısı. Çiftçiler sadece betonarme bir levha döşemek ve basit bir yakıt depolama binası inşa etmek zorunda kalmışlardır. Bu sistemi kurmak için sadece altı ay almıştır. "Bunun gibi büyük çiftlik seralarının, gündüzleri daha az ve soğuk gecelerde çok daha az ısı ihtiyacı vardır. Bu nedenle, Nordmyr çiftliğinin ısıtma tesisinde ayrıca depo binasının yanında açık havada duran bir akümülatör tankı bulunmaktadır. Yalıtımlı tank küçük bir siloya benzemektedir. Kazandan ısıtılmış su alır ve dalgalı talebi karşılamak için düzenlenen akışlarda seralara göndermektedir. Biyokütle sistemi toplam 15.000 metre-karelik bir alanı (160.000 fit kare) ısıtmaktadır. Sistemin, temel çalışmaları ve akaryakıt depolama binaları dahil toplam maliyeti 1.4 milyon Euro ya da 1.8 milyon dolardır. Uygulamada, Nordmyr ailesi, daha ucuz bir yakıt olsa da, turba üzerinde talaştan daha sert olduğunu düşünüyordu. In practice, the Nordmyr family has found peat, though a cheaper fuel, to be harder on its system than chips.

Nordmyr, "Yağışlı bir yaz olduğunda, turba hasadı yapmakta zorlanıyor ve fiyat yükseliyor - o zaman ağaç yongası yakıyoruz" diyor. "Her yıl turba uzaklardan geliyor gibi görünüyor."

Kaynakça

1. Mustafa Balat Besikduzu, Trabzon, Turkey & Günhan Ayar. Besikduzu, Trabzon, Turkey Biomass Energy in the World, Use of Biomass and Potential Trends. Pages 931-940. Received 02 Oct 2003, Accepted 05 Nov 2003, Published online: 17 Aug 2006. Journal , Volume 27, 2005 - Issue 10.
2. World Energy Resources Bioenergy | 2016.
3. World Energy Council 2018.
4. Bioenergy conversion technologies. FAO.
5. Kar, T., S. Keles. 2016. Environmental impacts of biomass combustion for heating and electricity generation. Journal of Engineering Research and Applied Science, Volume 5(2), December 2016, pp 458-465.

Website:

http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/03-04/biomass/background%20info4.html

https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=biomass_home

<https://www.reenergyholdings.com/renewable-energy/what-is-biomass/>

<http://www.alternative-energy-news.info/woody-biomass-resources/>

www.rovesfarm.co.uk

http://www.spaceteacher.org/Biomass/biomass_theory.html

https://www.capital.bg/biznes/kompanii/2014/10/22/2405000_raboteshtite_centrali_na_biomasa_sa_pod_deset/

GÜNEŞ ENERJİSİ

Maciej Dymacz, ARID Laçjum, Polonya

1. BÖLÜM GÜNEŞ ENERJİSİ

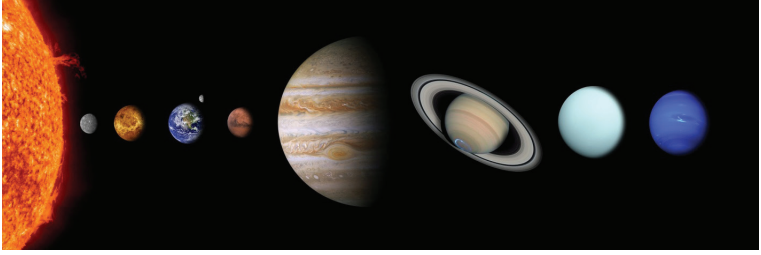
1.1. Tanım

Güneş enerjisi: Güneşin içindeki termonükleer dönüşümlerin sonucu olarak ortaya çıkan enerji, esas olarak hidrojen atomlarının sentezidir.



Güneş, etrafında dünya, diğer gezegenler ve gök cisimlerinin bulunduğu güneş sistemimizin merkezidir. Gökyüzündeki en parlak cisim olup dünyaya ulaşan enerjinin ana kaynağıdır. Güneş her gün dünyaya, dünyanın tüketmiş olduğu enerjinin 15bin katı kadar enerji ulaştırır. İnsanlığın en büyük ve en verimli enerji kaynağıdır. 150 milyon kilometrelik büyük bir mesafeden bize sonsuz miktarda enerji sağlar. Güneşin bir saat içinde gezegenimize, tüm insanlığın yıllık enerji tüketimine karşılık gelen

enerji miktarını sağladığı tahmin edilmektedir. Bir enerji kaynağı olarak, bol ve çevre dostu Güneş, en az 5 milyar yıl boyunca mevcut olacak. Güneş tarafından yayılan enerji Güneş Enerjisi (SE) olarak tanımlanır. Güneş enerjisi potansiyeli coğrafi konuma bağlıdır.



1.2. Güneş enerjisinin sınıflandırılması

Güneş enerjisi, yakalanma, dağıtılma ve elektrik enerjisine dönüştürülme şekline bağlı olarak **AKTİF** ve **PASİF** olarak ikiye ayrılabilir.

Aktif güneş teknikleri:

- ✓ FOTOVOLTAİK SİSTEMLER (PV)
- ✓ YOĞUNLAŞTIRILMIŞ GÜNEŞ ENERJİSİ (CSP)
- ✓ GÜNEŞ SU ISITMA SİSTEMLERİ

Pasif güneş teknikleri:

- ✓ BİNAYI GÜNEŞE UYGUN KONUMLANDIRMA
- ✓ TERMAL KÜTLE veya IŞIK DAĞITICILAR İLE DONANIMLI MALZEMELER
- ✓ DOĞAL SICAK HAVA AKIŞI

1.3. Solar radyasyon

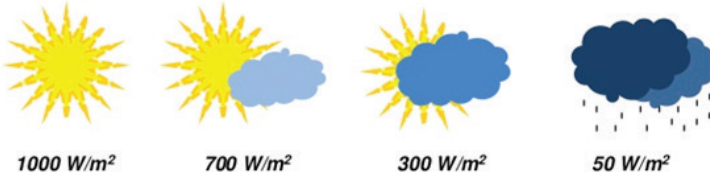
Güneş tarafından yayılan enerji Güneş Enerjisi (SE) olarak tanımlanır. Güneş enerjisi potansiyeli coğrafi konuma bağlıdır.

Güneş enerjisini açıklayan parametreler:

- solar radyasyon şiddeti W / m^2
- güneşlenme $kWh / m^2 / yıl$
- güneşlenme süresi $h / yıl$

Solar radyasyon yoğunluğu, atmosfere bağlı olan dünya yüzeyine ulaşan solar radyasyonunun anlık gücüdür.

Dünya'nın yüzeyine ulaşan güneş enerjisi miktarı o kadar büyük ki, bir yıl içinde Dünya'nın yenilenemeyen tüm kömür, petrol, doğal gaz ve madenlerden çıkarılan uranyum kaynaklarından elde edilebileceğinin yaklaşık iki katı kadardır.



Güneşlenme

Güneşlenme, belirli bir yüzeye belirli bir anda düşen solar radyasyonun toplamıdır. Bu, güneşten dünya yüzeyine ulaşan güneş enerjisi miktarını tarif eden en önemli parametredir. Güneşlenme, $kWh / m^2 / yıl$ cinsinden ifade edilir.

Güneşlenme süresi

Güneşlenme süresi güneş ışınlarının dünya yüzeyine doğrudan ulaştığı bulutsuz saatlerin toplamıdır.

1.4. Güneş enerjisi kullanımının avantaj ve dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
<ul style="list-style-type: none"> - ücretsiz, - tüm dünyada mevcut - ekolojik, - güvenli, - Atmosferik kirletici madde ve sera gazı emisyonu olmaması, - cihazlarının kolay bakımı, - yüksek verim, - diğer enerji kaynaklarından uzak olan çiftliklerde kullanma imkanı, 	<ul style="list-style-type: none"> - yüksek ilk yatırım maliyeti, - hücreler geniş alanı kaplar, - güneş ışımalarının günlük ve mevsimsel değişkenliği, - iklim değişiklikleri, - fotovoltaiik hücrelerde bulunan maddelerin zararlılığı, - enerji depolamak gerekliliği,

2. BÖLÜM GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANIMININ TARİHÇESİ

2.1. Güneş Enerjisi Kullanımındaki İlk Başlangıçlar

Güneş enerjisi, henüz daha geçtiğimiz yüzyılda elektrik enerjisi üretmek için kullanılmaya başlandı, ancak kullanma girişimleri uygun yaşamkoşullarını oluşturmak amacıyla bina endüstrisinin binaları oldukça güneşli alanlara inşa etmeye başladığı antik çağlara dayanır. Güneş enerjisi potansiyelini tam olarak kullanabilmek için güneye bakan yamaçlarda evler inşa edildi. Ancak, güneş ışığı potansiyelini kullanma ustaları, M.Ö. 400

yıllarında, ateşi yakmalarına yardımcı olan odaklama merceğini (bilye şeklinde bir kap) keşfeden Yunanlılardı.

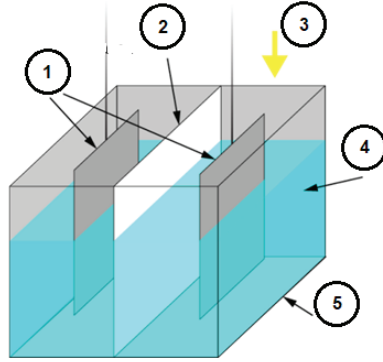
2.2. Güneş enerjisinin Ekonomik olarak ilk kullanımları

- Güneş ve yenilenebilir enerji birçok araştırmanın odağı haline geldi. İlk güneş kolektörü, 18. yüzyılda İsviçreli tarafından yapıldı. Güneş enerjisinin yemek pişirme için kullanılmasına odaklanıldı. Bu gelişme, bu alandaki araştırmanın yoğunlaştırılmasına neden oldu.
- Tamamen güneş enerjisi ile çalışan ilk batarya 1861’de yapıldı ve Fransız bilim adamı Auguste Mouchout’un eseri idi.
- 19. yüzyılın sonunda, tam olarak 1896’da, şu anda suyu ısıtmak için kullanılan güneş kolektörünün prototipi yaratıldı..
- 1921’de Albert Einstein, elektrik üretiminde fotoelektrik etkiler konusunda yaptığı araştırma ile Nobel Ödülü’ne layık görüldü. Bununla birlikte, fotoelektrik etkiler hakkındaki bilgiler, pratik kullanımlarına hızlı bir şekilde geçilemedi.
- 1950’ler, güneş enerjisinin uzay projelerinde kullanılmaya başlandığı ve büyük çapta kullanılmaya başlandığı zamandı.

Polonya’da güneş enerjisi ile ilgili ilk bilimsel çalışma 1940’lara dayanmaktadır. 1973’te Varşova Yaşam Bilimleri Üniversitesi’nden bir bilim adamı olan J. Pabis, çalışan bir güneş kolektörü sundu, ancak 20 yıl sonra (politik değişikliklerden sonra) Polonya güneş kolektörü endüstrisi büyük ölçüde gelişti. Teknoloji geliştirme, güneş kolektörlerinin artan verimlilik elde etmesini sağladı ve üretimleri daha az ve daha pahalı hale geldi. Şu anda, güneş kolektörleri alanının lideri Japonya olup, Batı Avrupa ülkeleri takipçisidir.

1839 – Fransız bir fizikçi olan Alexander Edmund Becquerel, fotoelektrik etkiyi keşfetti. Elektrotlar ve elektrolit deneyleri sırasında, sistemin ışığa maruz kalması nedeniyle iletkenliğin arttığını fark etti. Fransız bilim adamı o zaman 19 yaşındaydı. Deney sırasında farklı ışık türleri kullandı ve mavi ışık ve ultraviyole ışınımı ile en iyi efekti elde etti.

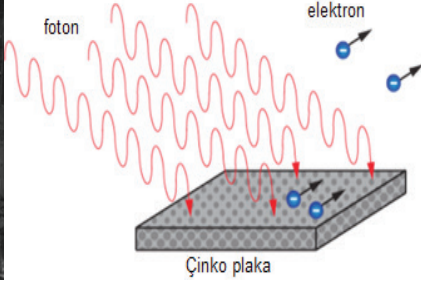
1. elektrotlar
2. İnce membran
3. ışık
4. Elektrolit
5. Şeffaf olmayan kutu



Alexander Edmund Becquerel Laboratuvarında

1905 – Albert Einstein, Planck'ın kuantum hipotezini kullanarak fotoelektrik etkisini açıkladı. Enerjinin, elektronlara kısımlar halinde (enerji kutanı) aktarıldığını kabul etti. Ona göre ışık, miktarı kesin olarak tanımlanmış parçacıkların (foton) akışı ile oluşan bir kuantum enerjisidir. Metal plakanın yüzeyinde bulunan elektron ile etkileşime giren foton tüm enerjisini elektrona aktarır. Elektronu plakadan uzaklaştıracak işe eşit olan elektron bağlanma enerjisi W fotonun enerjisinden büyükse herhangi bir

durum oluşmayacaktır. Ancak fotonun enerjisi elektronun bağlanma enerjisinden büyükse, elektron yüzeyden kopacaktır.

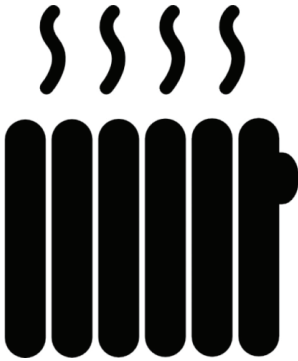


1921 – Albert Einstein fotoelektrik etkiyi açıklayarak Nobel Ödülü aldı.

3. BÖLÜM SOLAR GÜÇ

3.1. Solar radyasyon enerjisinin kullanımı

Yayılan güneş enerjisinin ortamdan alınıp dönüştürülebilmesi için en önemli teknikler:



Güneş kolektörleri–
güneş enerjisini ısı
enerjisine dönüştürür.



Fotovoltaik sistemler –
Güneş enerjisini elektrik
enerjisine dönüştürür.

3.2. Güneş kolektör çeşitleri

Kollektörlerin sınıflandırılması

Yapılarına bağlı olarak, aşağıdaki kolektör türlerini sayabiliriz:

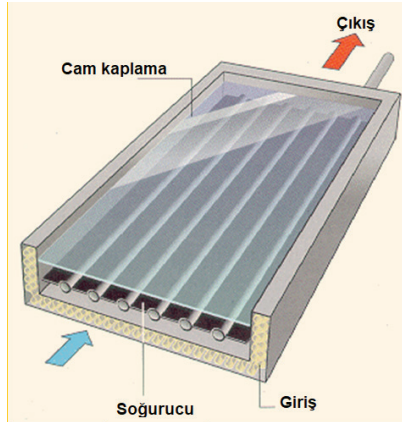
- Düşük sıcaklıkta düzlemsel kolektörler, poliüretan paspaslar),
- orta sıcaklıkta (vakum tüplü kolektörler),
- yüksek sıcaklıkta (yoğunlaştırıcı tip kolektörler).

Yapılarına bağlı olarak, düzlemsel ve yoğunlaştırıcı tip kolektörlere dikkat çekebiliriz. Soğurma ortamına bağlı olarak da sıvı bazlı ve hava bazlı kolektörler sayılabilir. Sıvı bazlı kolektörler:

- Düzlemsel kolektörler
- Vakum tipli kolektörler
- Esnek güneş kolektörleri

Gruplarına ayrılabilir.

Düzlemsel kolektör, soğurucu (absorber) ve solar camdan oluşur. Soğurucu güneş enerjisini emer ve ısı enerjisine dönüştürür. Güneş camının görevi ise güneş ışınlarının iyi iletilmesini sağlamaktır.



Vakumlu düzlemsel kolektör, düzlemsel kolektörle aynı bileşenlerden yapılmıştır. Kolektörün tümünde oluşturulan yüksek basınçlı vakum ile ayırt edilir ve camın vakum altında kaymasına engel olarak korumayı destekler.

Vakum tipli kolektör, vakum tipli kolektörün temel bileşenleri, ısı boruları denilen yapıları barındıran cam tüplerdir. Borular, aralarında bir vakum bulunan çift cidarlı yapılardır. Bu nedenle ısı kayıplarını önleyen mükemmel bir yalıtıktır. Kolektör, sıralı olarak dizilmiş 6-30 tüpten veya bağlı tüplerin bir kanalından oluşur. Ek olarak, her bir tüpün arkasında, güneş ışınlarına odaklanan bir ayna bulunabilir.



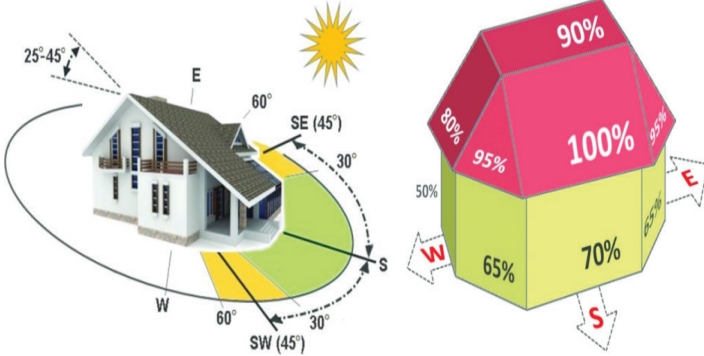
Yoğunlaştırıcı tip kolektör, solar radyasyona odaklanmış ayna veya merceklerden oluşur. Küçük boyutları ile dikkati çeker. Güneş ışığının yönüne dik olarak yerleştirilmeleri gerekir, bu nedenle güneşin hareketiyle birlikte dönmelerini sağlayan sistemler ile donatılmalıdırlar.



3.3. Güneş Kolektörü Oluşumunda Optimum Koşullar

Güneş kolektörlerinin güneşe (S) yönlendirilmesi önerilir. Hizalamanın $\pm 30^\circ$ hatalı yapılması, ısı miktarında belirgin bir azalma meydana getirmez. Güney yönünden $\pm 45^\circ$ yanlış hizalamada biraz daha düşük verim (% 5'e kadar) ortaya çıkar. Güneş kolektörünün konumunu belirleyen ikinci parametre, zemine

göre açıdır. Eğimli çatıların çoğu için 25-45° aralığındaki açı, tüm yıl boyunca en yüksek kolektör verimliliğini sağlar. Kolektörler yukarıda tarif edilen optimum durumun (güneye göre $\pm 45^\circ$ ve yere göre 25 – 45°) dışındaki koşullarda yerleştirilirse yıl boyunca elde edilecek enerji miktarında düşme meydana gelir.



Şekil 1. Hewanex Güneş kolektörlerinin inşası için en uygun koşullar - 25-45°'lik çatı eğimine göre $\pm 45^\circ$ değişkenlik olasılığı olan güney yönü.

3.4. Fotovoltaik Hücreler

Fotovoltaik hücre, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çevirir. Fotovoltaik hücreler gruplar halinde birbirlerine bağlanarak fotovoltaik panel oluşturulur. Mono veya polikristalin silikondan yapılan fotovoltaik hücreler, 1. nesil hücre grubuna aittir. Yeni çözüm,, yarı iletken malzemenin, ince bir silikon tabakasına (örneğin. kadmiyum tellür (CdTe), bakır, indiyum, galyum ve selenyum (CIGS) karışımı) uygulanmasıdır. Bu yapılar ince film hücreleri olarak adlandırılır.

Solar hücrelerin kullanılan malzemelere göre sınıflandırılması Szymański, “Instalacje fotowoltaiczne” p. 11



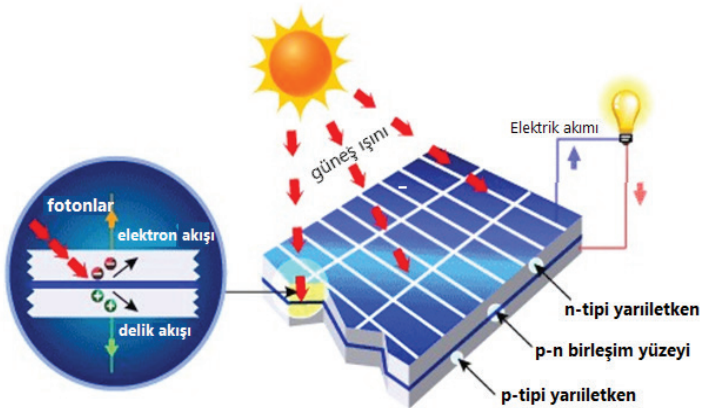
Fotovoltaik etki nedir?

Fotovoltaik etki, güneş ışığına maruz kalan yarıiletken malzeme üzerinde elektromotor kuvvetin oluşmasını ifade eden bir olgudur. İlk olarak 1839 yılında güneş ışığına maruz kalan bazı malzemelerin küçük elektrik akımları ürettiğini keşfeden Fransız fizikçi Edmund Bequerel tarafından keşfedilmiştir. Bu prensipler fotovoltaik güneş panellerine uygulanmıştır. Fotovoltaik hücrelerin ilk uygulaması 1960 yılında bir uzay aracı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Geçen zaman süreci içerisinde teknolojileri gelişmiş, paneller küçülüp ucuzlamıştır. Günümüzde güneş panelleri yerel uygulamalar için yeteri kadar ucuz ve efektif hale gelmiştir. (How Solar panels Work-A Guide for Dummies, 20/08/2012 The Go Green Team)

Solar hücreler nasıl çalışır?

Güneş pili içinde birbiri üzerine yerleştirilmiş iki ince kristal silikon tabakası vardır. Üst silikon katmanına ulaşan güneş ışığı elektronları aktive eder ve hareket etmeleri için enerji verir. Elektronlar, üst katmandan alt katmana doğru hareket etmeye başlar. Elektron demeti aynı yönde hareket etmeye başladığında, elektrik enerjisi üretilir. Hücrenin her iki tarafına iki metal bağlantı yerleştirilerek, dolaşımdaki elektrik enerjisi sisteme ulaştırılır. Ancak bu hücreler DC (doğru) akım üretirlerken kullanımda olan AC (alternatif) akımdır. Bu yüzden paneller tarafından üretilen akım invertör adı verilen sistemlere gönderilerek DC akımdan AC akıma çevrilmelidir. (How Solar panels Work-A Guide for Dummies, 20/08/2012 The Go Green Team)

Güneş panellerinin aktive olması için güneşin bulutların arasından sıyrılmış olması şart değildir. Bulutsuz havalarda daha yüksek enerji üretecekleri kesindir ancak bulutlu havalarda da enerji üretebilirler. Fotovoltaik güneş panelleri elektrik üretimi için ısı enerjisi değil, ışık enerjisi kullanırlar.



Güneş panelleri ile ilgili temel teknik bilgiler

- Hücreler 0,2mm.kadar ince olup sadece 20-25 cm² kadar alan işgal eder. Kullanım süreleri 20-30 yıl kadardır. Bir güneş paneli su geçirmez özellikli havalı cam ve alüminyum tabakası arasına yerleştirilmiş 2 ile 200 arasında hücreden oluşur.
- Tıpkı piller gibi fotovoltaik hücreler de daha büyük ya da spesifik akım ve gerilimleri oluşturmak amacı ile birbirlerine seri ya da paralel olarak bağlanabilirler. Örneğin 1-volt/1-amper'lik dört hücre seri bağlandığında elde edilen panel 4 voltluk bir panel olacak ama sağlayacağı akım miktarı 1 amper değerinde kalacaktır. Aynı hücreler paralel bağlanırsa 1 volt gerilim sağlayacak ancak sağladıkları akım miktarı 4 amper olacaktır. Panelin gücü sağlayacağı akım şiddeti ile gerilimin çarpımına eşittir (yukarıdaki örnekte 4X1 W)
- Uygulandıkları yere bağlı olarak paneller çeşitli büyüklük ve biçimde olabilirler. Standart güneş panelleri dikdörtgen, üçgen, katlanabilir veya ince filim biçiminde olabilir. Bu, teknelerden ve eğlence araçlarına, elektrikli arabalardan ve uzay istasyonlarına kadar çok çeşitli uygulamalarda kullanılabilirler anlamına gelir.
- Genellikle hücreler kendilerine ulaşan enerjinin %10-15 kadarını elektrik enerjisine çevirebilir. Bu durum panele ulaşan her 100 birimlik enerjinin sadece 15 biriminin kullanılabilmesine işaret eder.
- Teknolojilerine göre hücreler 3 ana gruba ayrılabilir:
 - **Polikristaller** (%11-14 verimlilik)
 - **Monokristaller** (%12-16 verimlilik)
 - **Amorf** (%6-8 verimlilik)

- Fotovoltaik sistemlerin verimliliği:
 - Eğim açısına (27,50)
 - Yönlendirilmelerine
 - Gölgelemeye bağlıdır.

Fotovoltaik sistemin elemanları

Fotovoltaik sistemin çalışmasını ve verimliliğini etkileyen ana bileşenler şunlardır:

- Şarj kontrolörleri - akünün şarj işleminden sorumlu, akünün aşırı şarj edilmesini ve deşarjını önler,
- Gerilim kontrol cihazı - akünün sıcaklığına göre boşaltma derinliğini ve hızını sınırlar,
- Akü - fotovoltaik modüller tarafından üretilmediğinde (gece) elektrik enerjisi sağlar. Bir anlamda yedek tank görevi görürler.
- Dönüştürücüler - fotovoltaik modüllerin ürettiği doğru akımı (DC), gerekli olan alternatif akıma (AC) dönüştürür,
- İnvörtörler - bir fotovoltaik enerji santralini şebekeye bağlamak için kullanılan özel cihazlardır. Fotovoltaik modüller tarafından üretilen elektriği, santralin gerektirdiği parametrelere uyarlar: doğru akımı alternatif akıma değiştirir ve alternatif akımın çıkış dalga biçimini şekillendirir.

4. BÖLÜM GÜNEŞ ENERJİSİNİN TARIMDA OLASI KULLANIM ALANLARI

Tarımsal ürünlerin üretiminde güneş enerjisinin kullanımı akaryakıt tüketimini yaklaşık %20 – 30 arasında azaltır. Hayvan ve bitki ürünlerinin üretiminin yanı sıra güneş kolektörleri hane halkının kullanımına da uygundur. Tarımsal ürünlerin kurutulması, örtü altı sebze üretimi amacıyla kullanılabilir. Hava sirkülasyonu sağlamak için elektrikli fanlara enerji sağlar. Fotovoltaik hücrelerin diğer bir uygulanması da tarım bina ve alanlarının aydınlatılmasıdır. Fotovoltaik sistemler, geleneksel pille çalışan sistemlerden, fenerlerden ve sıvı yakıtlı aydınlatma sistemlerinden daha ekonomik bir çözüm sunar. Dahası, daha yüksek kalitede ışık sağlarlar ve is ya da duman yaymazlar.

Fotovoltaik sistemlerin tarımdaki diğer uygulamaları:

- Yem veya diğer ürünlerin öğütülmesi için kullanılan ekipmana enerji sağlama,
- Hasat ve nakliye için elektrikle çalışan ekipman,
- Ürün soğutma,
- Sulama,
- Sığır sulama araçlarının motorları ve kontrol cihazları ile otomatik hayvanbesleyiciler,
- Kompresör ve pompalar, balık çiftliklerinde ısıtma suyu,
- Elektrikli mera çitleri,
- Pil şarjı,
- Seralar ve plastik tünellerin ısıtılması.

Seralar güneş ışığını ısıya dönüştürere yıl boyunca yerel iklim koşullarına uygun olmayan bitkilerin kapalı ortamlarda üre-

tilmesini ve büyümesini sağlarlar. İlk seralar ilk olarak Roma döneminde, Roma imparatoru Tiberius için yıl boyunca salatalık üretimi için kullanılmıştır. İlk modern seralar ise 16. yüzyılda, yurtdışındaki keşiflerden ithal edilen egzotik bitkileri korumak için Avrupa’da inşa edilmiştir. Pek çok domuz ve kümes hayvanı çiftliğinde, hayvan sağlığını korumak ve büyümelerini sağlamak için sıcaklığı ve hava kalitesi kontrol edilerek hayvanlar kapalı alanlarda yetiştirilmektedir. Bu tesislerde nemi, toksik gazları, kokuları ve tozu gidermek için havanın düzenli olarak değiştirilmesi gerekir. Havanın ısıtılması büyük miktarda enerji gerektirir. Güneş enerjili su ısıtma sistemleri binaların ön temizliği için sıcak su sağlayabilir ya da ekipmanlara sıcak su sağlayacak konvansiyonel kazanlar için ön ısıtma sağlayabilir. Gaz yada geleneksel elektrik enerjisi yerine kullanılacak diğer güneş enerjisi uygulamaları: Seralar, kurutma işlemleri, su pompaları, tavuk kümeslerinin aydınlatılması ve havalandırılmasıdır.



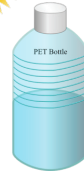
5. BÖLÜM GÜNEŞ ENERJİSİNİN ÇEŞİTLİ KULLANIM ALANLARI

Güneş termal teknolojileri, su ısıtma, alan ısıtma ve soğutma işlemlerinin yanı sıra ısıtılabilir proses üretiminde de kullanılabilir. (Solar Energy Technologies and Applications, Canadian Renewable Energy Network)

- **Solar distilasyon**, tuzlu ve acı suları içmeye uygun hale getirmek için kullanılabilir



- **Güneş enerjili su dezenfeksiyonu**, polietilen tereftalattan yapılmış su dolu plastik şişelerin birkaç saat güneşe maruz bırakılmasından ibarettir. Bu, Dünya Sağlık Örgütü tarafından hanehalkları için önerilen güvenli bir su arıtma ve depolama yöntemidir.
- **Güneş enerjisi**, atık suyun kimyasallar veya elektrik enerjisi kullanılmadan arıtıldığı stabilizasyon havuzlarında kullanılabilir.





- Parabolik çanak, oluk ve Scheffler reflektörleri gibi **güneş yoğunlaştırıcı teknolojileri** ticari ve endüstriyel uygulamalar için ısı sağlar
- **Güneş ocakları**, pişirme, kurutma ve pastörizasyon amaçlı kullanılabilir.



- **Güneşe maruz bırakarak ürün ve tahıl kurutma**, güneş enerjisinin en eski ve en yaygın uygulamalarından biridir. Bununla birlikte, bitkilerin mahsul alanındaki doğal olarak kurummasını sağlamak, onları kirlilik, kuşlar ve böceklere maruz bırakmaktadır. Modern güneş enerjisi bitki kurutucuları sadece çok basit değil, aynı zamanda daha etkili ve hijyenik-

tır. Bir güneş kurutucusunun temel elemanları destekleyici bir yapı veya bir kanopi, korumalı raflar veya tepsiler ve bir güneş kolektörüdür. Toplayıcı, havayı ısıtan güneş enerjisini emmek için tasarlanmış karanlık bir iç kısmı olan basit bir cam kabin olabilir. Doğal konveksiyon işlemi veya vantilatör kullanımı sayesinde, ısıtılan hava, kurutulması gereken malzemeden geçerek kollektörde yukarı doğru hareket eder.



6. BÖLÜM ENERJİ DEPOLAMA METOTLARI VE FİZİBİLİTE

Güneş enerjisi yalnızca gün boyunca kullanılabilir, bu nedenle depolanması gerekir. Gündüz ve ısıtma süreleri dışında, güneş enerjisini evsel uygulamalarda yararlı bir sıcaklıkta ısı şeklinde saklamak için termal kütle sistemleri kullanılabilir. Isı depolama sistemleri genellikle su, toprak ve taşlar gibi yüksek özgül ısıya sahip malzemeleri kolayca kullanır. İyi tasarlanmış sistemler en yüksek talebi azaltabilir, kullanım süresini yoğun olmayan saatlere transfer edebilir ve toplam ısıtma ve soğutma talebini azaltabilir.

Diğer ısı depolama ortamları, parafin ve Glauber tuzu gibi faz değiştirici materyallerdir. Bu malzemeler ucuzdur, kolayca temin edilebilir ve ev içi kullanım için uygun bir sıcaklıkta ısı sağlayabilir. Güneş enerjisi, erimiş tuz kullanılarak yüksek sıcaklıkta saklanabilir. Ucuzlukları, yüksek ısı kapasiteleri ve geleneksel besleme sistemleriyle uyumlu sıcaklıklarda ısı sağlama yetenekleri sayesinde, tuzlar verimli bir ısı depolama ortamıdır. Otonom fotovoltaik sistemler geleneksel olarak aşırı elektrik depolamak için pil kullandı. Elektrik şebekesine bağlı fotovoltaik sistemlerde, iletim şebekesine aşırı elektrik gönderilirken, elektrik kesintileri sırasında standart bir elektrik şebekesi kullanılabilir.

Güneş enerjisinin maliyetini değerlendirirken belirlenecek birçok faktör vardır. Borenstien (2008), birincil maliyetin sistemin çoğunluğunu temsil eden kurulum (parça ve işçilik) olduğunu tespit etmiştir. Kurulumdan sonra, güneş fotovoltaik sistemin sahibinin karşılaması gereken en büyük maliyet invertörün değiştirilmesidir. Bir invertörün ortalama yaşam süresi beş ila on yıl arasındadır. Bunlardan ilki yaşlanma etkisi iken Borenstien'e göre göz önünde bulundurulması gereken başka faktörler de var. Fotovoltaik hücrelerde enerji üretimi, yıllık orijinal kapasitenin yüzde biri aralığında en iyi tahminlerle zaman içinde azalır. İkinci sorun "kirletici" etkidir: kirli güneş panelleri daha az güneş ışığını emer ve daha az elektrik üretir. Bu, temizleme veya bakım maliyetlerinin sistemin net bugünkü değerine eklenmesi gerektiği anlamına gelir.

7. ÖRNEK OLAY

2011 yılında Wierzchosswice köyünde bir güneş çiftliği kuruldu. 1 hektarlık alana 4445 güneş paneli yerleştirildi (her panel 225 Watt gücünde bir cam paneldir). Toprağa sabitlenmiş çelik yığınlara tutturulmuş metal çerçevelerde düzenlendiler. Paneller

yaklaşık 350 açıyla sürekli olarak güneşe yönlendirilir ve toplam alanı 7000 m²'dir (yaklaşık 0.70 ha). Paneli oluşturan tüm modül ve hücreler hermetik kablolarla ve uyumlu konnektörlerle seri olarak bağlanır. Solar radyasyonun doğrudan DC akıma dönüşmesi panellerin içinde gerçekleşir ve AC akıma çevrilmesi için invertörlere yönlendirilir. Sonraki aşamada orta gerilim trafosundan geçerek en yakın servis sağlayıcıya satılır.



Projenin maliyeti 2,5 milyon Avro'dur. Üretilen enerji için devlet sübvansiyonlarının olmamasına rağmen, çiftlik kârlıdır ve güneşlenme miktarına bağlı olarak 120.000.00-170.000.00 EUR gelir elde etmektedir. Yaz ortasında güneşli günlerde saatlik en yüksek rekor 1060 kW / s'dir.

Wierzchoswice güneş çiftliği bölgesinde ve Polonya'da popüler hale gelmiştir. Turistler için sayısız gezi organizasyonları yapılmaktadır. Şirket, tesisi 3000 panel daha ilave ederek, projede daha önce benimsemiş olan 1.7 MW gücüne genişletmeyi planlamaktadır.

Sunny Poviát – Sucha Beskidzka

Suski Poviát, Małopolskie Voyvodalığının güneyinde, Beskidy Dağları'nda yer almaktadır. 82.000 kişi yaşamaktadır. Tipik bir dağlık alan olup, yaklaşık% 50'si ormanlarla ve Natura 2000 koruma altındaki alanlarla kaplıdır. Kirletici emisyonlarını ve tesislerin kullanım maliyetlerini azaltmak için, kamu binalarındaki

sıcak kullanım suyu hazırlama sistemi modernize edilmiştir. Tasarım çalışmaları Mayıs 2007’de başlamış olup sistemler Aralık 2008’de devreye alınmıştır. (kurulum 2 ayda tamamlanmıştır)

Proje kapsamında öncelikle Maków Podhalański’deki Sosyal Refah Evi, Łętownia’daki Sosyal Refah Evi, Sucha Beskidzka’daki kapalı yüzme havuzu ve Sucha Beskidzka’daki yatılı okul için bağımsız güneş enerjisi sistemleri yapıldı. Sistemler sürekli su talebine sahip tesislere kuruldu



Sucha Beskidzka Okul Kompleksi Letownia Sosyal Refah Evi

Toplamda, kullanım suyu 7 tesiste güneş enerjisi ile ısıtılmakta ve kapalı yüzme havuzunda da kullanılmaktadır. Okul Kompleksi binaları ve Kapalı Yüzme Havuzu binaları arasındaki ısı transfer sistemi sayesinde, Okul Kompleksi’nde, özellikle yaz tatillerinde kullanılmayan ısı, Kapalı Yüzme Havuzundaki suyu ısıtmak için transfer edilir. Böylece, tatillerde okullarda sıcak su fazlalığı sorunu çözülmüştür.

Toplamda 310 kW kapasitede 206 güneş kolektörü ve 375 m2 yüzey alanı kurulmuştur. Kirletici emisyonunu 87 ton / yıl azaltacaktır. Ek olarak, tesislere üç adet 800 litre, altı adet 1000 litre ve iki adet 1500 litre şebeke suyu deposu, dört adet JAD

havuzlu ısı eşanjörü, otomatik kontrol sistemi, destek yapıları, genleşme kapları ve ısı yalıtımlı boru tesisatı kuruldu.

Tahminlere göre, güneş kolektörlerinin kurulumu gaz tüketimini 38,100,00 m³ / yıl ve elektrik tüketimini 38,494,00 kWh / yıl azaltmaktadır. 2009 yılının Nisan ayında, her sistem bir ısı ölçerle donatıldı ve o zamandan beri elde edilen ısı miktarı izlendi. Şimdiye kadar yapılan gözlemler, varsayılan ekolojik etkinin, yani karbondioksit dahil sera gazlarının azaltılmasının da sağlandığını göstermektedir.

Sistemin eğitim değerleri de unutulmamalıdır, çünkü güneş kolektörleri yerel yönetimlerin ve bölge sakinlerinin çevreyi koruduğunun çok önemli ve görünür bir işaretidir.

HİDROELEKTRİK ENERJİ

PROF. DR. ZUZANA PALKOVA, NEW EDU, SLOVAKYA

Suyun gücü başlangıçta nehirlerde ulaşım için kullanılıyordu. İnsanlık daha sonra su çarkını geliştirdi ancak bu sadece suyu pompalama amacına hizmet ediyordu, yani bir enerji kaynağı olarak düşünülüyordu. Sulama amaçlı kullanılan bu kaynak, yüksek rezervuarlara pompalandı ve oradan yerçekimine göre tarlalara dağıtıldı. Ancak, bunlar yalnızca su gücü kullanma imkânı bulunmayan büyük olasılıkla sulama rezervleriydi. Öte yandan, mevcut bilgilere dayanarak, bilim adamları suyu pompalamak için bir su çarkı olmadan, eski dünyanın yedi harikasından biri olan Babil'deki Semiramis'in Asma Bahçelerinin (1987 iman, 1987) tarih kitaplarındaki iddialar gibi, ne sulanabileceğini ve ne de korunabileceğini ifade etmektedirler. Suyun bu gücünün ilk kullanımı, İskenderiye'de Ctesibius'un su kürek çarkını icat ettiği M.Ö. 135 yılına kadar uzanır. Hristiyanlık döneminde, su çarkı ilk önce Orta Doğu'daki değirmenlerde kullanmaya başlanmış ancak, Arles, Fransa yakınlarında büyük bir değirmen yapısının, M.S. AD'den 260 ila 300 yılları arasında iki paralel kanalda ve 18 m'lik bir gradyanla, 18 adet su çarkını kullandıklarına ilişkin tarihi kanıtlar bulunmaktadır. (Nechleba, 1962).

1. AVRUPA BİRLİĞİ'DE HİDROELEKTRİK SANTRALLER

AB'de 2011 yılı rakamları göstermektedir ki, yaklaşık 23.000 hidroelektrik santral bulunmaktadır. Bunun büyük çoğunluğu (%91) küçük çaplıdır (10 MWH'den az) ve hidroelektrik santrallerden elde edilen toplam elektrik üretiminin yaklaşık% 13'ünü oluşturmaktadır. Öte yandan, büyük hidroelektrik santralleri, tüm hidroelektrik santrallerinin sadece% 9'unu temsil etmek-

te, ancak hidroelektrik santralının toplam elektrik üretiminin% 87'sini oluşturmaktadır. Hidroelektrik tesisleri genellikle teknik nedenlerden dolayı dağlık alanlarda yoğunlaşmaktadır, ancak her çeşit farklı bölgedeki hem büyük hem de küçük nehirler ve göller üzerinde çok büyük etkileri vardır. Küçük nehirlerde, küçük bir akışın tükenmesi veya doğal ekolojik koşullara zarar verilmesi bile nehir için önemli olumsuz etkilere neden olabilir. Aşağıdaki hidroelektrik tesisleri en sık kullanılan tesislerdir.

Akarsu hidroelektrik santralleri

Akarsu hidroelektrik sistemlerinde, elektrik üretimi mevcut akıntı ve nehrin yükselişindeki düşüşünden kaynaklanmaktadır. Bu tür bir kurulum, elektrik üretmek için bir su kaynağının doğal akışını kullanır. Daha sonra su depolamak ve kullanmaöngörüsü sistemlerde yoktur. Bu tip santraller, küçük hidroelektrik santraller için en yaygın olanıdır, ancak büyük istasyonlarda da bulunabilir.

Nehir sularının hidroelektrik santrallerde depolanması

Bir depolama rezervuarı, düşük talep dönemlerinde su depolamak ve yoğun dönemlerde serbest bırakmak için bir fırsat sunar. Dolayısıyla üretim kapasitesi, su akışının mevcudiyetine daha az bağlıdır. Bu rezervuarlar günlük, mevsimsel veya yıllık depolamayı içerebilir, böylece en yüksek elektrik taleplerini karşılamalarına izin verir ve değişken yenilenebilir enerji üretimlerinin entegrasyonunu kolaylaştırır; Örneğin; rüzgar enerjisi sisteminedeki gibi.

Rezervuar hidroelektrik santralleri: Geleneksel rezervuar tesisi olup hem yağışlı hem de kurak mevsimlerde suyun depolanmasını sağlamak için yeterince büyük bir rezervuara sahiptir.

Su barajın ardında depolanır ve gerektiğinde bitkisel alanların sulanmasında kullanılabilir. Böyle bir bitkisel üretimde yıl boyunca verimli bir kullanım sözkonusu olur.

Pompalı depolama hidroelektrik santralleri: Bunlar elektrik üretmeyi mümkün kılan farklı kotlardaki (tepeler) rezervuarlara dayanmaktadır. Su, daha düşük bir talep bölgesinden daha yüksek rezervuarlara pompalanır ve talep alanı yüksek olduğunda türbinlerden boşaltılır. Pompalanan depolama hidroelektrik santralleri, Yenilenebilir Enerji Direktifinin kapsamı dışında değildir, ancak yenilenebilir enerji istatistikleri için dikkate alınmaz.

Hidroenerjik Potansiyel

Tüm yenilenebilir enerji kaynakları güneş enerjisine bağlıdır. Doğada su, mekanik, kimyasal ve termal enerji taşıyıcısıdır. Suyun mekanik enerjisi şunları içerir:

- Çökeltinin mekanik enerjisi;
- Buzulların mekanik enerjisi;
- Su yollarının mekanik (hidrolik) enerjisi;
- Okyanusların mekanik enerjisi.

Avrupa'nın iklim koşullarında, kalan tek enerji kaynağı su kaynaklarında depolanan mekanik enerjidir.

Hidrolojik döngü

Su döngüsü, dünya'nın hidrosferinde güneş ışığından güç alan sürekli bir su sirkülasyonudur. Su, durumunu değiştirme döngüsünde hareket eder. Atmosfere buharlaşan su, yağışta yağmur olarak aktarılır. Büyük kısmı denizlerden buharlaşır ve suyun çoğu tekrar denizlere düşer. Daha küçük bir kısım anakaraya aktarılır ve atmosferik ulaşım karadan suyun denizlere ve

okyanuslara akmasıyla dengelenir. Coğrafi bakış açısına göre iki devre var:

- Büyük su sirkülasyonu - değişim okyanus ve anakara arasında gerçekleşir.
- Küçük Su Döngüsü



Şekil 1. Suyun doğadaki dolaşımı
(Kaynak: <http://elkridge-engineering.com/hydrology.html>)

Su döngüsüne dâhil olan temel fiziksel süreçler şunlardır:

- Buharlaşma, sıvının buhar haline dönüştüğü gizli ısının dönüşümüdür.
- **Sıvılaşma veya yoğunlaşma**, bir maddenin buhardan sıvı faza geçtiği termodinamik bir işlemdir. Gaz fazında yeterli miktarda bağlı su molekülü varsa, Dünya yüzeyine yağmur yağan bir yağmur damlası vardır.

Hidroelektrik potansiyeli

Belirli bir akışta ne kadar elektrik üretilebileceğini belirlemek için hidroelektrik potansiyelini bilmek gerekir.

Hidroelektrik potansiyeli (HES), akan sudaki enerjinin toplam su akışıdır. Genellikle 1 yıl için ortalama değerdir. Bu değer elektrik için sadece teoriktir, çünkü nehrin bu bölgedeki gerilme akışını, toprağa buharlaşma veya soğurma nedeniyle değiştirmeyi dikkate almaz. Bu nedenle, toplam HES, nehrin ayrı bölümlerinin ürünü olarak hesaplanmaktadır.

Hidroelektrik potansiyeli:

Brüt hidroelektrik potansiyeli (GHPEP) - dikkate alınan akımın irtifalarından ve ortalama akışından belirlenir. HES, elektrik üretimi için kullanımını planlamak için hiçbir değere sahip değildir. Teknik olarak kullanılabilir hidroelektrik potansiyeli (TVHEP) - bölgeye büyük ve uygulanabilir küçük hidroelektrik enerji akışları için ortalama yıllık üretimin toplamı olarak tanımlanır. TVHEP ayrıca elektrik üretmek için kullanılacak toplam potansiyel olarak tanımlanmaktadır. Değeri brüt HES'in yaklaşık 0,4 katıdır. Dünya çapında teknik olarak kullanılabilen hidroelektrik potansiyeli yılda yaklaşık 20 000 TWh'dir.

2. HİDROELEKTRİK SANTRALLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Su santrallerini sınıflandırmanın birçok yolu vardır. Kurulu kapasiteye göre hidroelektrik santralleri şöyle sınıflandırılır:

- Küçük hidroelektrik santralleri - kurulu gücü 10 MW'a,
- Orta ölçekli hidroelektrik santralleri - 200 MW'a kurulu güç,
- Büyük ölçekli hidroelektrik santralleri - 200 MW'tan daha büyük kurulu güç.

Küçük hidroelektrik santralleri (SHPP) aşağıdakilere ayrılmıştır:

- Evsel su enerji santralleri (35 kW'a kadar),
- Su mikro gözenekleri (100 kW'a kadar),
- Su mini enerji santralleri (1 MW'a kadar),
- Endüstriyel su santralleri (10 MW'a kadar).

Geçiş miktarına göre:

- düşük basınç (20 m gradyan),
- orta basınç (100 m'ye gradyan),
- yüksek basınç (100 m üzerindeki gradyan).

Su yönetiminin türüne göre:

Akış - türbinlerin maksimum emme kapasitesine kadar doğal akış kullanan ve su birikiminin olmadığı,

Biriktirme - zamanla enerji ihtiyacına göre su çekebilme özelliğine sahip, doğal veya yapay birikimle birlikte,

Pompalama - iki su tankı ile olur. Düşük yük zamanlarında, düşük seviyeli su, yüksek konumdaki bir su tankına pompalanır. Yüksek yük anında, bu su daha sonra elektrik üretmek için hidroelektrik üretimini gerçekleştirir.

3. HİDROELEKTRİK SANTRALLERİ İÇİN ELEKTRİK MOTORLARI

Elektrik üretimi için kullanılan büyük hidroelektrik santralleri, hidroelektrik alternatörleri denilen senkron elektrikli döner makineleri kullanır. Bunlar, düşük hızlı büyük çaplı ve küçük uzunluklu 3 fazlı çok kutuplu AC jeneratörleridir (yüksek hızlı bipolar, küçük çaplı ve büyük uzunluktaki termik santrallerdeki

turbo-alternatörlerin aksine). 50 Hz harmonik frekansında 3 fazlı elektrik akımı üretirler ve hassas hız kontrolü gerektirirler.

Küçük hidroelektrik santralleri genellikle asenkron (endüksiyon) bir makine kullanır. Asenkron bir elektrik motoru şunlardan oluşur:

- motor,
- jeneratör,
- frenler.

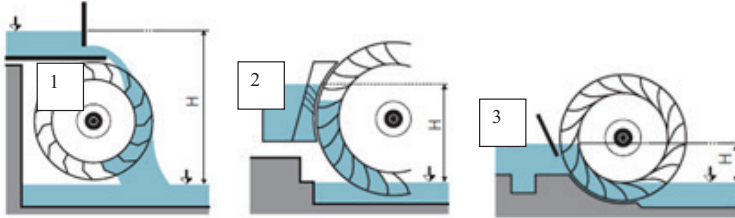
Küçük hidroelektrik santrali başlangıçta, ilk önce bir motor olarak motor ve türbin olarak çalışır. Bir sel sifonu aktıktan sonra, makine jeneratör moduna geçtiğinde su türbini tahriki ve asenkron bir makine akmaya başlar. Asenkron bir makinenin bu şekilde kullanılması, elektrik şebekesine bağlantı sağlar.

Su Çarkları

Su çarkı, su akışının potansiyel veya kinetik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürmek için kullanan en eski ve en basit su makinesi tasarımıdır. Su çarkları karışıma birçok önemli avantaj sağlar: 0,5 m'nin altında bile, çok düşük gradyanlı yerlerde su enerjisinin verimli bir şekilde kullanılmasını sağlar, 0,1 m³ gibi düşük debiler için uygun tasarımlara izin verir. -1 veya daha az - ve çok kirli su ile bile düzgün şekilde çalışabilirler. 1,5 m'nin altındaki gradyanlar için neredeyse yeri doldurulamazlar. Her zaman suyun mekanik enerjisini dönen şaftın kinetik enerjisine dönüştürme prensibi üzerine çalışan tasarım açısından, su çarkları aşağıdakilere ayrılır:

- Suyun potansiyel enerjisini kullanan kepçe tipi;
- Suyun kinetik enerjisini kullanan kürek tipi

Su akışı noktasına göre, su çarkları üst, orta ve alt su üzerinde akar olarak veya daha bilimsel terimlerle üst, orta veya düşük akıntı ile sınıflandırılır



1 - üstte, 2 - ortada, 3 – altta- DUŠIČKA, P., GABRIEL, P., HODÁK, T., ČIHÁK, F., ŠULEK, : Malévodníelektrárny, Jagagroup, v.o.s., Bratislava 2003

Spesifik olarak, taban suyunda akan çarkla, yaklaşık 0,1 m'den başlayan çok düşük gradyanlar kullanabilen tek cihaz sınıfidır, ancak bu gibi gradyanlardaki verim% 20'de oldukça düşüktür. Yeterli tasarım sağlayan daha yüksek gradyanlarda, su çarkı verimliliği yaklaşık% 70 kadar yüksek olabilir. Performansları 3 m'nin üzerinde olan yerlerde, üstte akan su çarkları yaygın tipti. Bu tür tasarımlardaki tekerlek çapı, gradyandan yalnızca biraz daha küçüktür ve tekerlek kuyruk suyu seviyesinin biraz üzerinde döner. Çarklara sahip tekerleğin yan taçları kovalar oluşturur ve sonuçta tekerlek verimliliği % 70'e yakındır. Bununla birlikte, bu gibi gradyanların bulunduğu yerlerde, sifirin altındaki sıcaklıklarda birincisinin sorunlu çalışması nedeniyle, su çarkları giderek modern su türbinleriyle değiştirilmiştir.

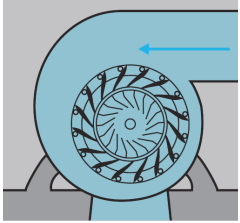
Su çarkları düşük devirlere sahiptir ve bu nedenle güçlerini tam olarak kullanabilmeleri için bir dişli kutusuna ihtiyaç vardır. Buna rağmen, bir bütün olarak tasarımları çok basit ve genellikle su türbinlerine kıyasla daha uygun maliyetlidir ve kullanımda

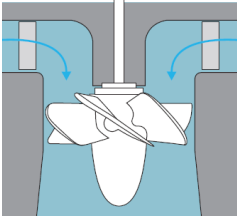
herhangi bir sorun yaratmazlar. Su çarkına bağlı tertibatın yapısal kısmı bile daha basittir ve su türbinlerine karşı karşılaştırılabilir çıktıda yatırım maliyetleri önemli ölçüde düşüktür.

Su Tribünleri

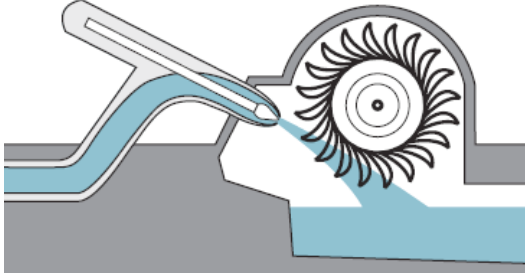
Farklı tasarım seçenekleri ve çözümleri içeren çok sayıda hidro türbin vardır. Su türbinleri uzun bir tarihsel gelişim geçirmiştir ve şu anda sertifikalıdır ve su bitkisinin (su çarkına kıyasla) önemli ölçüde geliştirilmiş bir versiyonudur. Modern hidroelektrik santrallerinde aşağıdaki su türbinleri kullanılır:

- **Francis türbin** -basınçlı türbin, sabit türbin tekerlek kanatlarına ve kontrollü dağıtım tekerlek kanatlarına sahip radyaleksenel, basınçlı bir türbindir. Dağıtım tekerleği kanatlarının açılma derecesi, türbin ve dolayısıyla türbin çıkışı boyunca su akış hızını kontrol eder; tamamen kapalı bir konum su türbini içine girişi engeller. Türbin, gradyanın yalnızca sınırlı bir aralıkta değiştiği veya hiç değişmediği kurulumlar için uygundur.

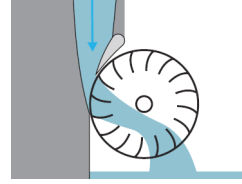

- **Kaplan türbin** - basınçlı türbin, genellikle radyal-eksenel tasarıma sahiptir, ancak şaftın yatay olarak yerleştirildiği yerde türbin de sadece ekstenel olabilir.



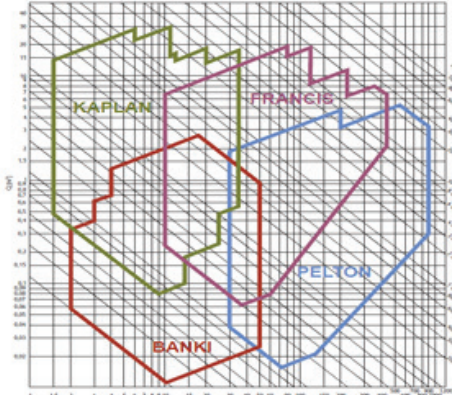
- **Peltontürbin** – Suyun türbin çarkına teğet yönde bir veya daha fazla ağız yoluyla beslendiği bir dürtü türbini-
dir. Yüksek gradyanların olduğu yerlerde ve dağlık arazi-
lerde hidroelektrik santrallerinde sıklıkla kullanıldığında
çok uygundur.



- **Bankitürbin** – basınçlı türbin, suyun bilyeden iki kez akmasıyla karakterize edilir. Düşük gradyanlı ve düşük debili küçük hidroelektrik santrallerinde başarı ile kullanılır.



Türbin tiplerinin farklı kapasiteler ve akış hızları için uygunluğu aşağıdaki resmi göstermektedir.



4. KIRSAL ALANLARDA SU ENERJİSİ

Su, enerji ve tarım sistemleriyle sıkı sıkıya bağlıdır. Gıda üretimi için, aynı zamanda enerji ve enerji üretimi için de suya ihtiyaç vardır. Yeraltı suyunu pompalamak ve bitkileri sulamak için yüzey suyunu taşımak için enerji gerekir. Günümüzde yeşil enerji arayışı içerisinde gıda üretimi giderek daha da zorlanmaktadır.

Avantajları:

- Hidroelektrik yenilenebilir bir elektrik kaynağıdır,
- Çevreyi kirletmez,
- Evsel enerji kaynağı
- Üretimin yerelleştirilmesi,
- Elektrik üretimi sırasında hava emisyonlarını azaltarak dolaylı olarak, minimum servis ve bakım gerektirir.
- Saniye cinsinden hemen başlayarak,
- Yoğun talebi karşılamak için kullanma imkanı,
- Hidroelektrik kullanımında güvenilirlik ve yüksek verimlilik,
- Uzun ekipman ömrü (genellikle 70 yıldan fazla),
- Düşük işletme maliyetleri.

Dezavantajları:

- Yüksek yatırım maliyetleri,
- Teknolojinin kullanılabilirliği,
- Çevre üzerindeki olumsuz etkinin yanlış uygulanması,
- Sabit su akışına bağımlılık,
- Mevsime ve havaya bağımlılık,
- Ekipman kurulumunda teknik zorluk,
- Uzun vadeli getiri

4.1. Küçük su santralleri ve kurulumları

Yüksek verimli ve çevreye dost bir yaklaşımla dağınık hidroelektrik potansiyeli olan küçük akarsularda etkili bir şekilde kullanılabilirler. Küçük hidroelektrik santrallerinin (KHES) kullanılması, çevre florasını ve faunayı olumsuz yönde etkilemez, çoğu durumda, çevredeki alanın su rejimini düzenler.

KHES,merkezi olmayan bir güç kaynağını temsil eder, böylece uzak bölgelere kurulmalarını sağlar. Küçük hidroelektrik santrallerde elde edilen elektrik iletimi en ucuzları arasındadır!

4.2. Küçük su enerji santrali inşaatı

- Hidro amaçlar için kurulan barajlar esas olarak iki bölümden oluşur:
- Hidrolik ve inşaat ekipmanları;
- Mekanik ve elektrikli ekipman.
- Türbine su sağlamak, türbini sabitlemek ve türbinlerden suyu çıkarmak için kullanılan hidrolik ve inşaat ekipmanları. Bunlar ayrılabilir:
- Nesnelerin içeri akması, gösterimleri, besleme hatları ve atıkları.

İçeri giren nesnelerin rolü, akıştan KHES'ne yeterli su akışı sağlamaktır. Sınıflandırdığımız da:

- **Basıncılı** - besleme hatlarındaki su basıncının soyutlanması için veya doğrudan mevcut türbin turlarında kullanılır. Doğrudan hatlara, barajlara veya ayrı ayrı serbest su kanallarına gönderilebilirler.

- **Basıncsız** - baraj tankına su vermemek için serbest su seviyesi ile basıncsız pens suyu sağlamak için kullanılır. Ayrıca kalın bir tarama eşiğiyle de donatılmıştır.

- **Özel** - İnce ve kaba çöp rafları, kendi kendine emme sepetleri ve mikropartiler için uygun eleklerle self servis gelgit kapıları ile üretilirler. Çöp rafları, herhangi bir nesne örnekleme sisteminin önemli bir parçasıdır. Başlıca görevi, dolabı veya akış kanalı çarkını bozabilecek ve sistemin akan tüm parçalarını hasara karşı koruyabilecek bu tür yabancı maddelerin girmesini önlemektir. Dağılım,

- **Brüt çöp rafları** - gibi daha büyük nesnelere yakalamak için tasarlanmıştır (buz çalıkları, dalları.. vb.)

- **İnce çöp rafları** - ince nesnelere, yaprakları yakalamak, küçük balıkların girmesini engellemek vb. için tasarlanmıştır. Besleyici hatlar ve atıklar genellikle hidroelektrik enerji üretiminde önemli bir mali kısımdır.

Dağılım:

- Basınçsız - baraj tankına su vermemek için serbest su seviyesi ile basınçsız pens suyu sağlamak için kullanılır. Ayrıca kalın bir tarama eşiğiyle de donatılmıştır.

- **Özel** - ince ve kaba çöp rafları, self-servis emme sepetleri ve mikropartiler için uygun eleklerle self servis gelgit kapıları ile üretilirler. Çöp rafları, herhangi bir nesne örnekleme sisteminin önemli bir parçasıdır. Başlıca görevi, dolabı veya akış kanalı çarkını bozabilecek ve sistemin akan tüm parçalarını hasara karşı koruyabilecek bu tür yabancı maddelerin girmesini önlemektir.

Dağılım:

- Toplam çöpleri ve daha büyük nesnelere yakalamak için tasarlanmıştır. buz kütleleri, büyük dallar... vb.

- **İnce çöp rafları** - ince nesnelere, yaprakları yakalamak, küçük balıkların girmesini engellemek vb. için tasarlanmıştır. Bes-

leyici hatlar ve atıklar genellikle hidroelektrik enerji yapımında önemli bir mali kısımdır.

Dağılım:

- Basıncsız - daha ucuzdur ve genellikle iç veya dış mekanda bir kanal olarak imal edilir ve genellikle dikdörtgen veya trapez profilli olarak tasarlanmıştır.

- Basıncılı - genellikle yüksek gradyanın üstesinden gelmek için kullanılır. Teknik açıdan bakıldığında, doğal zemin altı toprak ve tüneller gibi başka bir malzemedен yapılmış boruları uygun doğal şartlar kullanan ve doğrudan kayalara kabartmalı olarak bölüştürürler.



Küçük su santrallerinin çalışma prensibi

Küçük hidroelektrik santraller, küçük hidroelektrik akış potansiyelinin kazanılmasıyla şekillenir. Bu nedenle performansları maksimum 10 MW'a ulaşabilir. Çoğu hidroelektrik santraller alternatör adı verilen kompakt türbin jeneratörü olarak tasarlanmıştır. Bağlandıkları dağıtım sistemine verilen elektrik. Ada gruplarına göre asenkronize veya senkronize jeneratör ile çalışılır.

Küçük su santralleri için türbinler

Küçük su santrallerinde farklı türlerde türbinler kullanılır. Değişken segmentasyon, kullanılacak olan farklı saha koşullarından kaynaklanır. Genellikle düşük akış ve düşük gradyan için Banki türbini seçiyoruz. Kontrast yüksek akış hızı ve momentum, Francis türbininden en iyi şekilde yararlanmayı sağlayabilir. Pelton türbin, düşük akış hızı ancak yüksek bir gradyan için önerilebilir. Onlarca metre için Kaplan daha iyi, daha küçük bir gradyan ile daha fazla miktarda su kullanabilir.

Hangi Durumda Karlı ?

Küçük hidroelektrik enerji santrali inşaatı için yatırım maliyetleri 2 ile 4,3 € Milyon / MW arasındadır. Ancak, suyun bir kısmı sağlanmışsa, maliyetler 1 ila 2 milyona çekilebilir. Baraj için seçilen bölge de daha ayrıntılı ölçümler yapılmalıdır. Bu bağlamda yüksek mühendislik ve teknik çözümleri tercih etmek gerekir. Çok önemli olarak iyi bir ön ekonomik analiz yapılmalıdır. Bu, hangi performans gücü sağlanacağını, bu nedenle üretilen enerjinin kazancı ve yatırım getirisinin ne olduğunu açık durumda ortaya koymalıdır. Özellikle kredili yatırımlarda bu çok daha önemlidir, ancak herhangi bir iş planına yatırım planlamak da önemlidir. Tüm hidroelektrik santralleri yüksek yatırım ve düşük işletme maliyet-

leri ile karakterize edilir. Düşük kapasiteler için inşa edilmiş olan küçük santraller, yüksek su gradyanları kullanan küçük su santrallerine göre genellikle güç başına daha pahalıdır. Girdi maliyetleri, gelişimlerinin önündeki en büyük engeldir. Ekonomik geri dönüşün oldukça uzun olmasına rağmen (genellikle 7-10 yıl) KHES'lerin yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan diğer teknolojilere kıyasla, büyük bir avantaj - uzun süreli sömürü vardır. Bu cihazlar 70 yıldan fazla elektrik üretebilir ve bu gerçek onları potansiyel yatırımcılar için çok uygun hale getirmektedir. Dahası, gelecekte elektrik enerjisinde sağlanan gelirler giderek artacaktır, bu da yatırımın birçok kez geri kazanılacağı anlamına gelir.

5. ÖRNEK UYGULAMA

RUŽÍN II¹ Hidroelektrik santrali



Ružín II, bu küçük çaplı hidroelektrik santrali 1974 yılında Hornád nehrinde inşa edilmiştir. Enerji santrali, pompalama ile enerji sağlar. Güç planı süreçleri PWPP Ružín'in en yoğun saatlerinden akar. Santral, yatay düz akış kapasiteli Kaplan türbini içeren bir ünite kurmuştur. Toplam kurulu gücü 1,8 MW'tır.

1 <http://www.seas.sk/mve-ruzin-2>

Skawinkave Borek küçük Hidroelektrik Santrali

CEZ Group, Polonya’da toplam kurulu ve gücü yaklaşık 2,5 MW olan birkaç küçük hidroelektrik santrali işletmektedir. Bu, her ikisi de Silezya’da bulunan Skawinka ve Borek’into toplam gücüdür. Küçük hidroelektrik Skawinka, Krakow’un güneybatısında temiz elektrik üretmektedir. 1961 yapımlı olan bu santral, ElektrowniaSkawina SA, aynı kompleks **kömür yakıtlı elektrik santrallerinde birlikte çalışan biyokütle içinde kullanılmaktadır. Küçük hidroelektrik santralin** kurulu gücü Skawinka 1,6 MW’tır.



2013 yılının ortalarında 865 kW kurulu güce sahip küçük bir hidroelektrik santrali Borek kurulmuştur. Temiz enerji kaynağı olarak değerlendirilen bu küçük santral, Krakow yakınlarındadır. Geçen yüzyılın ortalarında inşa edilmiş olan baraj deniz-enerji kanalına sahiptir. Kömür tesisi Skawina’yı soğutmak için kullanılan diğer enerji kanallarına bağlıdır. PowerBorek, 11 m’lik bir Kaplan türbini gradyanına ve 9 m³ / s’lik bir akış hızına sahiptir.

Kaynakça

- [1] Arcadis 2011: Hydropowergeneration in thecontext of the EU WFD. EC DG Environment. 168 pp. http://bookshop.europa.eu/pl/hydro-power-generation-in-the-context-of-the-eu-water-framework-directivepbKH3013438/downloads/KH-30-13-438-ENN/KH3013438ENN_002.pdf;pgid=y8dIS7GUWMdSR0EAIMEU-UsWb0000A6euO_e0;sid=E0EKwHHfLLsK_wiJMudqUZxP6s-YJ2kNMcbxE=?FileName=KH3013438ENN_002.pdf&SKU=KH3013438ENN_PDF&CatalogueNumber=KH-30-13-438-EN-N
- [2] <http://elkridge-engineering.com/hydrology.html>
- [3] DUŠIČKA, P., GABRIEL, P., HODÁK, T., ČIHÁK, F., ŠULEK, .: Malévodníelektrárny, Jagagroup, v.o.s., Bratislava2003
- [4] <http://www.seas.sk/mve-ruzin-2>
- [5] Guidance onTherequirementsforhydropower in relationto Natura 2000. Available at:<http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/docs/Hydro%20final%20May%202018.final.pdf>
- [6] TechnologyRoadmapHydropower: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/2012_Hydropower_Roadmap.pdf
- [7] Small HydroPowerProgramme:<https://mnre.gov.in/small-hydro>

JEOTERMAL ENERJİ

*Dr. Fatmağül Tolun, Öğr. Gör. Murat Sabri Saran, Prof. Dr.
Ergün Demir,*

Balıkesir Üniversitesi, Türkiye

Jeotermal enerji dünya çapında 750 milyon insana fayda sağlayabilir ve az 70 ülkede kullanılabilir jeotermal enerji potansiyeli bulunmaktadır. Günümüz teknolojisiyle, dünyanın yüksek sıcaklıklı jeotermal alanlarında 140.000 MW'tan fazla elektrik gücü kullanılabilir. Çin ve Avrupa'da bulunan çok düşük sıcaklık bölgeleri, bölgesel ısıtma ve diğer doğrudan kullanım alanları için ısı sağlayabilir. Hâlihazırda devam eden derin sondaj projeleri ve gelişmiş jeotermal sistemleri, güç üretimini büyük ölçüde artıracaktır.

1. JEOTERMAL NEDİR?

1.1. Tanımlar ve Temel Terimler

Jeotermal enerji yeryüzünde bulunan doğal ısıdır. Yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde sıcak kayalardan geçen yeraltı ve yüzey suyu bu sıcaklığı taşıyarak, belirli bir bölgede toplanarak bir rezervuar oluşturur. Bu rezervuarlardaki kimyasalları da içeren sıcak su, buhar ve gazlar jeotermal olarak adlandırılır. Jeotermal enerji aynı zamanda bu jeotermal kaynaklardan ve bunların doğrudan ya da dolaylı yollarından yararlanmayı da içerir. Bu kaynaklardan ve su içermeyen sıcak kayaların bir kısmındanelde edilen ısı enerjisi jeotermal enerji olarak adlandırılmaktadır. Ayrıca jeotermal enerji de sıcaklık durumuna göre üç gruba ayrılmaktadır.

- 1- Düşük Sıcaklık Alanları (20-70 °C)
- 2- Orta Sıcaklık Alanları(70-150 °C)
- 3- Yüksek Sıcaklık Alanları (150 °C'den yüksek)

Düşük ve orta sıcaklıktaki alanlar, kimyasal maddelerin (borik asit, amonyum bikarbonat, ağır su, ağır metaller) üretiminde, endüstride (gıda kurutma, kereste, kağıt ve tekstil endüstrisi, deri, akışkandaki CO₂'den kuru buz elde edilmesinde) ve özellikle de ısıtma da(sera, bina, tarımsal kullanım), kullanılmaktadır. Bununla birlikte, elektrik üretimi için teknolojiler de geliştirilmiştir ve orta-entalpi akışkanından kullanılmıştır. Yüksek entalpi alanlarından elde edilen sıvı, diğer alanlarda ve elektrik üretiminde kullanılabilir.

Sıcaklığın doğrudan kaynağı, volkanik patlamalar sırasında lav olarak çıkan sıcak magmadır. 150-200 ° C'nin üzerindeki sıcaklıklarda bulunan jeotermal buhar rezervuarları aktif volkanik ve tektonik aktivite alanlarında meydana gelir. Jeotermal su rezervleri tüm dünyada yaygın olarak mevcuttur. 150 ° C'nin altındaki sıcaklıklardaki jeotermal su rezervleri, jeotermal buhar rezervlerinden daha yaygındır. Su veya buhar içermeyen ve yeryüzünün 3-4 km derinliğinde, 150-200 ° C'nin üzerindeki sıcaklıklarda bulunan sıcak kuru kaya (HDR) oluşumlarında önemli miktarda ısı vardır. HDR yapılarından ısı elde etmek için tasarlanan yöntemler ve teknolojiler şu anda geliştirilmekte ve Geliştirilmiş Jeotermal Sistemler veya Mühendislik Jeotermal Sistemler (EGS) olarak adlandırılmaktadır.

Bir çok ülkede jeotermal enerji kaynakları; elektrik enerjisi üretimi, ısı enerjisi ve soğutma uygulamaları dışında da kullanılmaktadır. Ayrıca turizm, balneoterapi ve tıp gibi diğer alanlarda da kullanıma uygundur.

Jeotermal enerjinin kullanımı 2bin yıl öncesine dayanmaktadır. Antik Çin'e ait yazılı kaynaklara göre 2bin yıl önce sıcak su kaynakları kullanılmıştır. Sıcak hava ve binaların ısıtılması Roma dönemine kadar uzanır. Ancakısınmada bugün kullanılan radyatörlerin kullanımına yaklaşık 100 yıl kadar önce başlanmıştır. Jeotermal kaynaklardan ilk kez 1818 yılında İtalya'da bulunan bir kaynaktan borik asit elde edilerek kimyasal üretim sağlanmıştır.

Binaların ısıtılması ve jeotermal enerjiden elektrik elde edilmesi, 20. yüzyılda yoğunlaşmıştır. İlk kez 1904 yılında Toskana'da jeotermal enerji üretimi başlarken 1930'da İzlanda'da kentsel bölgelerde çok büyük alanların ısıtılmasına başlandı. Son elli yılda jeotermal enerji üretimi önemli ölçüde artmıştır. Yeryüzünde jeotermal enerji, kullanım miktarları ülkelere göre değişmekle birlikte, kesinlikle farklı bir enerji türüdür.

2. JEOTERMAL ENERJİNİN ELDE EDİLMESİ VE KULLANIMI

2.1. Jeotermal Enerji Nasıl Çalışır?

Elektrik Santralleri: Elektrik enerjisi, rezerv sıcaklığı 150 °C'den yüksek kaynaklardan elde edilir. Elektrik üretim yöntemi akışkanın karakteristiğine göre değişiklik gösterir.

Kuru Buhar Santralleri: Kaynaktan elde edilen buhar, doğrudan tribünlere gönderilerek elektrik enerjisi elde edilir.

Flaş Tip Buhar Santralleri: Rezervuardan elde edilen, hem sıvı hem de buhar fazlarına sahip materyalden doymuş sıvı buharı ayırıcılar tarafından ayrılır ve türbine gönderilir. Elektrik enerjisi de bundan elde edilir. Sıvı fazlalığı rezervuara geri döndürülür. En yaygın elektrik santrali tipidir çünkü tüm dünyada en yaygın jeotermal kaynak türüdür.

İkili Akışkan (BinaryCycle) Santralleri: Düşük sıcaklıktaki ve sıvı yoğunluktaki jeotermal kaynaklardan elektrik elde etmek için kullanılan ve ikili çevrim olarak adlandırılan santral tipleridir. Bu santrallerde türbinden geçen düşük kaynama sıcaklığına sahip bir aracı akışkan bulunur. Jeotermal akışkanın sıcaklığı bir eşanjör vasıtasıyla bu aracı akışkan aktarılır ve buharlaşan akışkan türbini döndürerek elektrik enerjisi elde edilir.

Isıtma/Soğutma Uygulamaları: 150 °C'nin altındaki sıcaklıklarda termal enerji direkt olarak sera, bölge ısıtma, sulu tarım, endüstriyel prosesler gibi alanlarda kullanılmaktadır. Jeotermal enerji ile ısıtma, merkezi soğutma ve sera ısıtması ve diğer uygulamalar için, jeotermal akışkan çıkarıldığı bölgeden tüketicilerin bulunduğu alanlara taşınır ve çeşitli teknik sistemler ile uygulamalar yapılır. Bu sistemler teknik özelliklerine göre; toprak içerisine, toprak yüzeyine veya yetiştirme masalarına yerleştirilen ısıtma sistemleri, fan ve ısı değiştirici kullanılan hava ısıtma sistemleri ve kombine ısıtma sistemleri olarak gruplandırılabilir.

Endüstriyel Amaçlı Kullanımlar: Jeotermal enerjinin endüstriyel alanda bir çok kullanım şekli bulunmaktadır. Bunlar arasında sebze kurutma, tahıl ve kereste kurutma, kağıt ve kağıt hamuru işleme, kimyasal madde elde etme ve atık su işlemleri sayılabilir. Ayrıca karbondioksit, gübre, lityum, ağır su, hidrojen gibi kimyasal maddelerin ve minerallerin üretiminde de jeotermal enerjiden faydalanılmaktadır.

Soğuk ve Kar Çözmede Kullanımı: Yol yüzeylerinde soğuk ve kar çözme projesi uygulamaları; Arjantin, İzlanda, Japonya, İsviçre ve Amerika gibi ülkelerde sınırlı oranda da görülmektedir.

Termal Turizmde Kaplıca Amaçlı Kullanımı: Banyolarda ve yüzme havuzlarında turistik ve şifa amaçlı kullanımı yaygındır. Dünya üzerinde 50'ye yakın ülkede; termal kür merkezleri, spa merkezleri, kaplıca havuzları bulunmaktadır. Ayrıca sıcak ve soğuk içilebilen mineraller içeren içme suyu üretiminde faydalanılmaktadır.

30 °C Altındaki Düşük Sıcaklıklarda Kültür Balıkçılığında Kullanımı: Jeotermal enerjili kültür balıkçılığı uygulamalarında, havuz sıcaklığı daima sabit tutularak, üretim ve zaman kaybı ortadan kaldırılabilir. Normal kültür balıkçılığı uygulamalarına göre, az bir sürede daha çok balık üretilmektedir. Kültür balıkçılığı için gerekli jeotermal kaynak sıcaklığı 0°C ile 50°C arasında değişmektedir. Derinlik 75m, su sıcaklığı 63 °C, pH derecesi 7,8 pH, sudaki Ca 132 ppm, Mg 33 ppm , SiO₂ 65 ppm' dir. ,

3. JEOTERMAL ENERJİNİN TARIMSAL KULLANIMI

Jeotermal enerji, doğrudan ya da dolaylı olarak (elektrik enerjisine dönüştürerek) kullanılır. Jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı; bölgesel ısıtma/soğutma, endüstriyel uygulamalar, seracılık, balık çiftçiliği ve kaplıca gibi pek çok uygulama içerir.

Isı pompası jeotermal enerjinin doğrudan kullanımının gelişmekte olan uygulamasıdır. Son yıllarda ABD, İsviçre, İsveç, Almanya, Avusturya ve Kanada öncü ülkeler olmak üzere, müstakil ev kullanıcılarını, kışın ısıtma, yazın ise soğutma (ihtiyaç durumunda) amacı ile kullanılabilen Toprak Kaynaklı Isı Pompalarını kullanma konusunda teşvik etmektedirler.

2000 yılında dünyada kurulu güç ve üretilen jeotermal enerji miktarı sırası ile 7972 MWe ve 49261 GWh iken 2015 yılında

12.636 MWe ve 73.549 GWh e ulaşmıştır.2020 yılında jeotermal kurulu gücün 21.443 MWe kadar çıkması beklenmektedir.

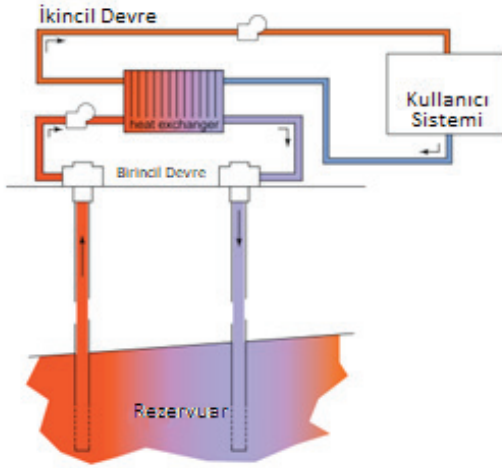
3.1. Isınma ve Isı Pompaları

3.1.1. Doğrudan Isıtma

Jeotermal kaynaklar ile binaların ısıtılması 1920lerden günümüze kadar uygulanmaktadır. Pek çok durumda şehirlerin kurulu olduğu bölgenin yakınlarında sıcak su gibi jeotermal varlıkların bulunması büyük bir avantajdır. Sıcak su ve buhar kaynakları yer altı sularının kayalar arasında sızarak volkanik olarak ısınmış kayalara ulaşmasıyla oluşur. Örneğin İzlanda’da volkanik kayalar arasına kuyular açılarak sıcak su ve buhar elde edilir. Elde edilen sıcak su ve buhar, döşenen borular ile taşınarak ev ve işyerlerinin ısıtılması amacıyla kullanılır. Doğrudan kullanımın anlamı ısıtma ve soğutma işlemlerinin hedef birimi sıcak su kullanılarak ısıtmaktır.

Pek çok durumda doğrudan kullanım üç basit kavrama dayanır:

1. Açılan bir veya daha fazla kuyudan elde edilen sıcak su yer yüzeyine pompalanır.
2. Pompalanan suyun içerisindeki ısı eşanjörler aracılığı ile transfer edilir.
3. Soğuyan su, açılan bir veya daha fazla enjeksiyon kuyusuna geri pompalanır. Bu yolla bir çevrim oluşturularak yeraltı suyu miktarının sürekliliği sağlanmış olur.



Şekil 1. Jeotermal Kaynak Kullanarak Doğrudan Isıtma

Uygulamada jeotermal projeler, istenen derinliğe kadar en az bir kuyu açılmasını ve spesifik gerekliliklere (akış hızı, güç) uygun olarak kurulmasını içermektedir. Yeraltı sularındaki tuz içeriği genellikle derinlikle arttığından, pompalanan suyu yüze boşaltmak her zaman mümkün değildir. Bu nedenle, en az iki kuyu açılır: Bir üretim kuyusu ve bir enjeksiyonkuyusu. Enjeksiyon, genellikle rezervuar basıncını uzun vadede korumak için önerilir. Her iki kuyu aynı jeolojik tabakayı hedefliyorsa, bu sisteme ‘jeotermal dublet’ denir. Her iki kuyu farklı katmanlarda sona eriyorsa, bu bir ‘yarı-dublet’ olarak adlandırılır. İki kuyu arasındaki mesafe, jeotermal sistemin amaçlanan ömrünün fonksiyonuyla belirlenir.

3.1.2. Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sistemi (GSHP)

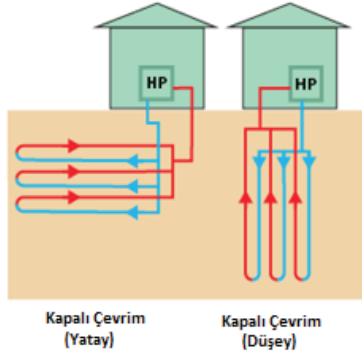
GSHP’ler, alan ısıtma ve soğutma için yüksek verimli, yenilenebilir bir enerji teknolojisidir. Bu teknoloji, yeraltı sıcaklığı

ğının kışın hava sıcaklığından daha yüksek, yaz aylarında hava sıcaklığından daha düşük ve dünyanın derinliklerinde nispeten sabit olmasına dayanmaktadır. Jeotermal ısı pompaları, yeraltında bulunan bu enerjiyi kışın ısıtma, yaz aylarında da soğutma amacıyla transfer eder. Jeotermal ısı pompaları, bu işlemi yapmak için sıcak su kaynağı gibi özel jeolojik koşulların ihtiyacı duymaz.

Jeotermal ısı pompası üç temel bloktan oluşur: bir yeraltı bağlantı bloğu (yer sistemi), ısı pompası bloğu ve ısı dağıtım bloğu. Yer sistemi genellikle yatay veya dikey olarak toprağa gömülü kapalı bir boru döngüsünden oluşur. Bu borulardaki sıvı, toprak sisteminde dolaşırken topladığı ısıyı ısı pompasıyla binaya aktarır. Sirkülasyon sıvısı genellikle su veya su/antifriz karışımıdır. Bazı durumlarda, yer sistemi yer altı suyunu kuyudan ya da göl benzeri bir yüzey kaynağından alabilir. Isıtma için, ısı pompası bloğu sirküle sıvıdan ısıyı uzaklaştırır, yoğunlaştırır ve onu binaya aktarır. Soğutma için süreç tam tersidir. Isı dağıtım bloğu, bir bina boyunca ısıtılmış veya soğutulmuş havayı dağıtmak için kullanılan geleneksel kanallardır. Yer sistemi bloğu, ısı pompasının yeraltı sıcaklığını elde edebileceği veya enjekte edebileceği araçlardır. Bu sistemler genellikle açık veya kapalı sistemler olarak sınıflandırılabilir.

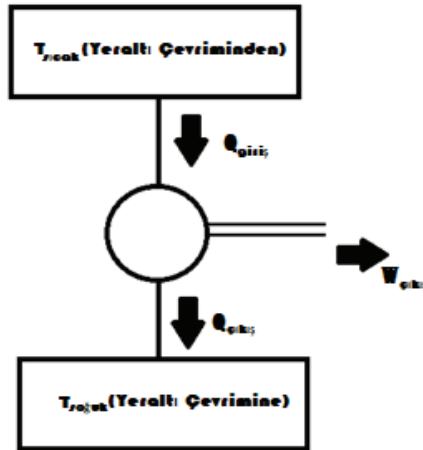
Açık Sistemler: Yeraltı suyu bir ısı taşıyıcı olarak kullanılır ve doğrudan ısı pompasına gönderilir. Isı pompası tarafından işlenen yeraltı suyu, sistemden atılır. Bu tip sistemler açık sistem olarak adlandırılır. Açık döngü sistemleri kapalı döngü sistemlerinde açıklanan ısı transfer sıvısı yerine yerel yeraltı suyu veya yüzey aktif madde kullanır. Bu sistemlere, diğerlerinden ayırtmak amacıyla, bazen “yeraltı suyu kaynaklı ısı pompaları” denir.

Kapalı Sistemler: Isı değiştirici yer sistemi yatay ya da dikey olarak yeraltına gömölür. Isı



şekil 2. Kapalı Sistem

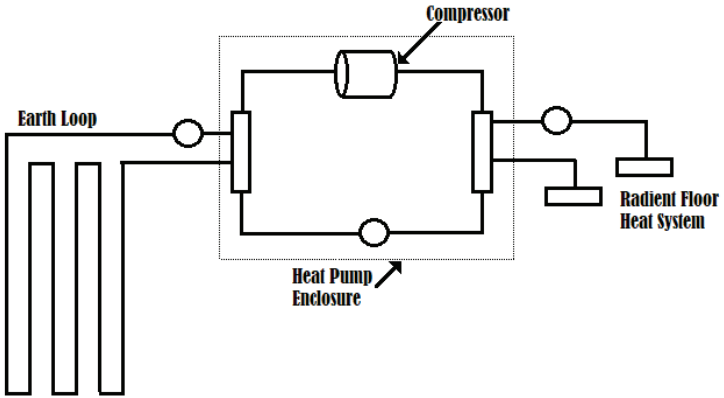
taşıyıcı sıvı ısı değiştirici içinde dolanarak elde ettiği ısıyı ısı pompasına aktarır (ya da tam tersi) Isı taşıyıcı sıvı boruların içinde diş dünyadan izole olarak bulunduğundan bu sistemlere kapalı sistem adı verilir.



şekil 3. Isı çevrim diyagramı

En etkili enerji verimli ısınma metotlarından biri ısı pompaları kullanmaktır. Isı pompaları ısının soğuktan sığağa doğru olan doğal akışını tersine çevirir, bunu yapmak için de elektrik enerjisi kullanır. Tipik bir ısı pompası 1 birim elektrik enerjisi ve doğada serbest halde bulunan 2 birim enerjiyi toplam 3 birim kullanılabilir ısı enerjisini dönüştürebilir. Hwer durumda kullanılabilir ısı enerjisi çıkışı ısı popmpasının kullandığı enerjiden daha büyük olacaktır. Buna ek olarak ısı pompalarının karbon dioksit yayılımı da düşüktür. Avrupa çapında pek çok ısı pompası kullanımdadır.

GSHP yeraltında bulunan ısıyı alan ısıtması ve sıcak su kullanımı için dönüştürür. Isı pompasının kullandığı her birim elektrik enerjisi için 3 – 4 birim ısı enerjisi üretilir.



Şekil 4. Isı Pompası Çevrimi

Isı pompası, sıcaklığın daha yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığa doğru hareket etmesi prensibi ile çalışan, ısıtma ve soğutmada kullanılan mekanik bir cihazdır. Bir GSHP, kışın ısınmak, yazın da soğutmak için yeraltını kullanır. Bir buzdolabı, ısıyı

gövdesinin arkasına doğru hareket ettirir. Arkasına dokunursanız, içeriden gelen ısıyı hissedebilirsiniz. Isıyı herhangi bir ortamdan uzaklaştırmak için prensip aynıdır. Isı pompası, ısıyı düşük sıcaklık ortamlarından yüksek sıcaklıklı olanlara taşır. Düşük sıcaklık derecesini daha yüksek sıcaklıklara yükseltmek; buharlaşma, sıkıştırma, yoğuşma ve genleşme döngüsünü içerir.

Isı pompaları üç ana bloğa sahiptir:

- Evaporatör – suyun altında dolaşan sıvıdan enerjiyi alır.
- Kompresör - Soğutucu akışkanı ısı pompasının etrafına taşır ve gaz haldeki soğutucu akışkanı ısı dağıtım devresi için gereken sıcaklığa sıkıştırır.
- Kondenser – Dağıtım sistemini besleyen sıcak su tankına enerjiyi iletir.

3.2. Jeotermal Enerjiden Elektrik Enerjisi Elde Edilmesi

Jeotermal kaynaklardan elektrik enerjisi elde edilmesindeki verim %10 ile %17 arasında olup fosil yakıt ve nükleer santrallerden elde edilen verime göre üç kat daha küçüktür. Düşük sıcaklıklı buhar kaynağına sahip (genel olarak 250 °C'nin altındaki kaynaklar) jeotermal santraller verimi en düşük olan santrallerdir. Daha da ötesi jeotermal buhar CO₂, H₂S, NH₃, CH₄, N₂ ve H₂ gibi yoğunlaştırılmayan kimyasal gazlar içerdiğinden saf sudan çok farklıdır. Bu gibi gazlar elektrik enerjisi üretimindeki verimi düşürdüğünden santrallerin yoğunlaştırıcılarından uzak tutulmalıdır.

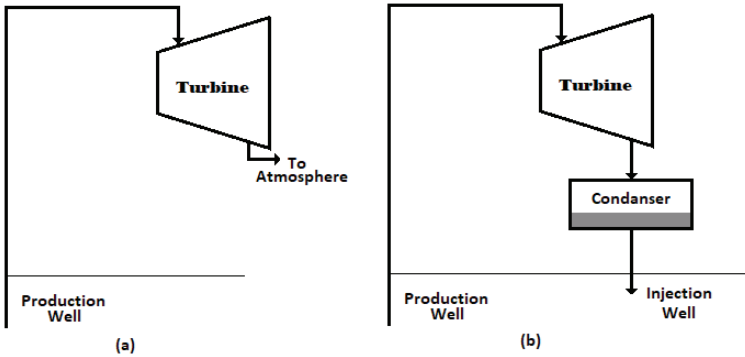
Elektrik enerjisi üretiminde, jeotermal kaynağın durumuna göre değişen farklı çevrimler kullanılır. Bu çevrimler şu şekilde sıralanabilir:

- Kuru Buhar Çevrimi
- Flaş Buhar Çevrimi
- İkili (Binary) Çevrim

3.2.1. Kuru Buhar Çevrimi

Tüm jeotermal elektrik santralleri içerisindeki en basitidir. Bu türden santraller doymuş jeotermal buhar içeren alanlarda bulunurlar. Dünyada doymuş jeotermal buhar içeren sahalarda oldukça sınırlıdır. Jeotermal sahadan buharın kuru buhar ya da sıcak buhar şeklinde elde edildiği durumlarda elektrik enerjisi buharın doğrudan tribüne ve jeneratör gruplarına gönderilmesi ile elde edilir.

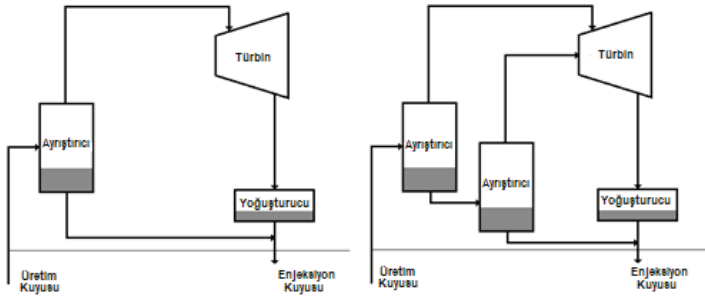
Bu türden santrallerde kondansör (yoğunlaştırıcı) kullanılır ya da kullanılmaz. Yoğunlaştırıcı içermeyen çevrimde jeotermal kuyudan elde edilen buhar tribünlerden geçtikten sonra atmosfere salınır. Bu çevrimin avantajı, inşa ve operasyonel giderlerin diğerlerine göre daha düşük olmasıdır. Bu türden çevrimin istenmeyen sonucu ise salınan jeotermal buharın çevre kirliliğine neden olmasıdır.



Şekil 5. Kuru Buhar Çevrimi

3.2.2. Flaş Buhar Çevrimi

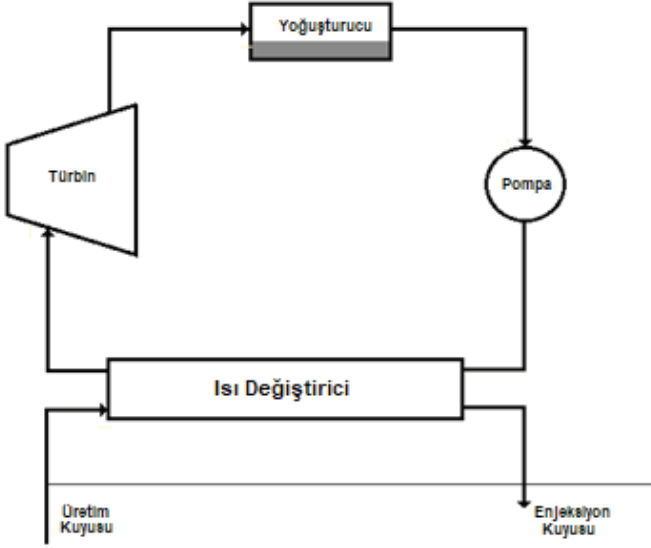
Yeraltındaki jeotermal sıvının tam anlamıyla buhar fazında olması çok yaygın bir durum değildir. Elde edilen sıvı genellikle doymuş sıvı – buhar karışımıdır. Bu gibi durumlarda eğer buhar oranı yeterince yüksekse buhar sıvıdan ayrılarak tribüne gönderilirken, ayrıştırılan sıvı bir enjeksiyon kuyusuna gönderilir. Bu türden sistemler tek veya çift flaş çevrim olarak adlandırılır.



Şekil 6. Tek ve Çift Flaş Çevrim

3.2.3. İkili (Binary) Çevrim

Düşük sıcaklıklarda (genel olarak $170\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin altı) ve sıvı ağırlıklı jeotermal kaynaklarda, elektrik enerjisi üretimi için binary çevrim adı verilen çevrim kullanılır. Tribünlerden geçen sıvı ara madde, jeotermal olmayıp ikincil sıvı olarak adlandırılabilir, kaynama noktası sudan daha düşük olan bir sıvıdır. Bu çevrimde çevrimin enerji kaynağını biçimlendirir. Isobutane, isopentane, pentane ve R114 jeotermal ikincil çevrimlerinde ikincil sıvı olarak kullanılabilir.



Şekil 7. Binary Çevrim

4. TARIMSAL ÜRETİMDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Jeotermal kaynakların elektrik üretimi, sera yönetimi, sağlık turizmi, ısıtma ve ısıtma alanlarında büyük bir potansiyeli vardır. Deprem bölgelerinde yoğunlaşan termal kaynaklar fosil yakıt tüketimini azaltma potansiyeline sahiptir.

Dünyada jeotermal kaynakların% 34'ü ısıtma ve sıcak su elde etmek için kullanılmaktadır. SPA'lar ve yüzme havuzlarını % 14'lük kullanım oranıyla tarımsal uygulamalar takip etmektedir. Tarımsal üretim de jeotermal kaynakların en çok kullanıldığı yerdir. Küresel olarak, sıcak su kaynaklarının% 14'ü seracılıkta kullanılmaktadır. Hayvancılık ve su ürünleri yetiştiriciliği sıcak su kaynaklarını yaklaşık% 12 oranında kullanır. Jeotermal ener-

ji kaynakları ayrıca bitki kurutması ve mantar yetiştiriciliği gibi alanlarda da kullanılmaktadır.

Sıcak su kaynakları, tarımsal üretimde geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu uygulamalar arasında;

- ✓ Gıdakurutma,
- ✓ Sterilizasyon
- ✓ Konservecilik,
- ✓ Soğutma tesisleri
- ✓ İçme suyu,
- ✓ Sera ısıtma,
- ✓ Hayvan barınakları,
- ✓ Kültür balıkçılığı
- ✓ Toprak ısıtma,
- ✓ Mantar üretimi,
- ✓ Arazi ıslahı ve
- ✓ Sulama bulunmaktadır.

Jeotermal enerji kaynakları doğrudan tarım ve tarımsal ürün işleme alanlarında kullanılabilir. Dünyada mevcut olan jeotermal enerji kaynaklarının% 14'ü tarımsal üretimde kullanılmaktadır. Çoğunlukla seralarda kullanılırken, jeotermal enerjinin% 12'si balıkçılık ve diğer hayvancılık faaliyetlerinde kullanılmaktadır. Jeotermal enerji için en az faydalı alan ürün kurutma sistemleridir. Gıda üretiminde fazla kullanılmayan jeotermal enerji, bu alanda halen araştırılmaktadır.

4.1. Tarımda Kullanım Olanakları

Jeotermal Enerjinin Zemin Isıtmada Kullanımı

Bu uygulama genellikle yeni stadyumlarda yapılmaktadır. Meyve ve sebze üretimi açık alanlarda yapılmakta olup, bazı uy-

gulamalarda zemin ısıtma işlemi kullanılmaktadır. Zemin ısıtma uygulamalarında; Isıtma boruları belirli bir zemin derinliğinin altına periyodik olarak serilir ve zemin sıcaklığı alttan ısıtılarak istenen dereceye getirilir.

Jeotermal Enerjinin Hayvan Barınaklarında Kullanımı

Hayvanlara uygun yaşam koşulları sağlamak için ahır ve kümes hayvanları gibi hayvan habitatlarında sıcak su kaynaklarının kullanılması mümkündür. Radyatörler ve sıcak su boruları, sığınakları ısıtmak için ve aynı zamanda, ısıtılmış havanın, fan sistemi ile sığınağa pompalanması için kullanılabilir.

Seralarda Jeotermal Enerjinin Kullanımı

Termal kaynaklar olarak kullanılan bu kaynaklar, son zamanlarda seralarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda sıcak su kaynaklarından yararlanan sera alanı artmıştır.

Gıda Kurutmada Jeotermal Enerjinin Kullanımı

Sıcak su kaynakları tarafından üretilen sıcak hava, ürün kurutmada önemli enerji tasarrufu sağlar. Aynı zamanda, bu uygulamalar fosil yakıtlardan daha ekonomiktir. Sıcak su, petek ve fan sistemi istenilen sıcaklıkta kurutulması planlanan ürüne verilebilir. Düşük sıcaklıklarda kurutma işlemlerinde, çevreyi doğrudan ısıtmak için sıcak su kullanılabilir.

Balıkçılıkta Jeotermal Enerji Kullanımı

Balıkçılıkta sıcak su kullanımı, havuza ya da havuza yerleştirilen borulardaki sıcak suyun sirkülasyonu ile doğrudan yapılabilir. Karides gibi bazı kültür ürünlerinin ortam sıcaklığı 30 °C'dir. Diğer taraftan, somon ve alabalık türleri 15 °C'den yüksek sıcaklıklara tahammül edemez.

Mantar Üretiminde Jeotermal Enerjinin Kullanımı

Mantar büyüme ortamlarında kontrollü sıcaklık sağlamak için önemli miktarda enerji tüketilir. Özellikle yetiştirilen mantarlara bağlı olarak, ortam sıcaklığını 15-17 derecede tutmanın gerekliliği, soğuk havalarda üretim için önemli bir maliyet oluşturur. Diğer taraftan, mantar yetiştiriciliğinde kullanılacak malzemenin pastörize edilmesine yönelik sıcak su ihtiyacı, enerji maliyetlerini arttırır. Mantar yetiştiriciliğinde, termal sıcak su kullanımı enerji maliyetlerini düşürür, üreme odalarının iklimlendirilmesinde ve malzemelerin sterilizasyonunda önemli ölçüde tasarruf sağlar.

Toprak İyileştirmede Jeotermal Enerjinin Kullanımı

Yeraltı su kaynaklarının yoğun kullanıldığı kurak ve yarı kurak bölgelerde, topraktaki tuz birikimi en önemli sorundur. Çok yaygın olmamakla birlikte, drenaj problemleri olan bu toprakların iyileştirilmesinde jeotermal sıcak su kaynakları kullanılmaktadır. Bunun için önce bir drenaj sistemi geliştirilir ve tuzlu toprak sıcak su ile yıkanır.

Jeotermal Suyun Sulamada Kullanımı

Jeotermal kaynakları en çok kullanılan sera sektörü, sulama amaçlı olarak jeotermal suları kullanmaktadır. Jeotermal su kaynaklarının sulamada kullanımındaki en önemli sorun su içeriğidir. Yeraltı su kaynaklarının mineral içeriği genellikle sorunludur. Sulamada kullanılacak jeotermal su kaynakları için mineral bileşimi bilinmelidir. Özellikle sorun yaratabilecek elementlerin seviyesi önemlidir. Bor elementi içeren minerallerde toksik içerikler bulunur. Suda ortalama 1 ppm'den fazla bor içeren jeotermal suların sulamada kullanılması tavsiye edilmemekle birlikte, bu durum ekili bitkilere bağlı olarak değişmektedir.

5. JEOTERMAL KULLANIMININ AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

5.1. Avantajları

- Yenilenebilir, tükenmez, ucuz jeotermal enerji güvenilir ve sürdürülebilir kaynaklar Türkiye gibi ülkelerin zengin ülkelerle eşitlik açısından önemli bir avantaj sağlıyor.
- Yerel kullanımı nedeniyle; savaşlardan ekonomik olarak etkilenmez, enerjiye bağımlı ülkelerin dış bağımlılığını azaltır.
- Enerjiyi taşıma problemini ortadan kaldırır.
- Çevre dostudur, kullanım sırasında gaz emisyonu çok düşüktür.
- Jeotermal enerji; sanayi, konut, tarım ve sera kullanımında % 95 verimlidir.
- İklim ve hava koşullarından bağımsızdır.
- Jeotermal enerji rezervleri: Jeotermal enerji, sıcak kayalardan geçen yeraltı ve yer altı sularının temini ve yeniden enjeksiyon koşullarının devam ettirilmesi ile sürdürülebilir ve yenilenebilir bir enerjidir.

5.2. Dezavantajları

- Jeotermal enerji sistemlerinde, sıcak su borularında dolaşan su, sudaki kükürt ve tuz nedeniyle kirlenebilir.
- Tarım arazisinde kontamine jeotermal su kullanıldığında dağdıkları etkileyerek, insan sağlığına zarar verebilir.
- Açık sistem bölgelerinde kükürt, karbondioksit, amonyak, metan ve bor salınabilir, bu da özellikle kalp, akciğer ve karaciğer hastalıklarına neden olabilir.

- Sistemde açığa çıkan sülfür dioksit gazı aynı zamanda asit yağmuruna da neden olacak, bu nedenle bitkiler, ağaçlar, göller ve nehirler de etkilenecektir.

6. JEOTERMAL HAKKINDA GÜNCEL HABERLER

Jeotermal enerji ve Avrupa için kilit rol - EGEN'in 7. Yıllık Jeotermal Piyasa Raporu:

Avrupa Jeotermal Enerji Konseyi EGEN, Avrupa'daki jeotermal sektörünün gelişimini değerlendiren yıllık çalışmasının yedinci baskısını yayınladı. EGEN Jeotermal Piyasa Raporu, son yıllarda gözlemlenen istikrarlı büyümeye olan eğilimi teyit etmekle birlikte, aynı zamanda, Avrupa'daki jeotermal enerjinin tam olarak uygulanabilmesi için daha fazla tanınma ihtiyacına dikkat çekmekte.

Avrupa'da kurulu jeotermal elektrik kapasitesi 2,8 GWe olup yılda 15 TWh'nin üzerinde üretim yapılıyor. Avrupa'da 16'sı 2017'de hizmete giren 117 adet tesis bulunmaktadır. Yeni eklemeler oldukça önemlidir, büyük bir kısmı Türkiye başta olmak üzere 330 MWe yeni jeotermal elektrik kapasitesi ile kullanıma hazır hale gelmektedir.

Isıtma ihtiyaçlarının karşılanması için uygun maliyetli bir çözüm olarak jeotermal ısıyı tanımlayan yerel ve ulusal planlama sayesinde, yeni bölgesel ısıtma şebekelerinin inşası ve eski binaların yenilenmesi ile jeotermalin kullanımı da artmaktadır. 2017 yılında, Fransa, Hollanda ve İtalya genelinde 75 MW'ın üzerinde 9 yeni tesis açıldı. Her yıl devreye alınan yeni tesislerin sayısı, son yıllarda yıllık ortalama% 10'luk bir büyüme oranıyla yükseliş eğilimindedir.

Bireysel jeotermal ısıtma sistemlerine bakıldığında, çok yaygın olmayan jeotermal pazarı; tesis sayısı, kurulu kapasitesi ve

üretileen enerji bakımından sektörün en büyük segmenti olmaya devam etmektedir. Bireysel jeotermal ısıtma sistemleri veya jeotermal ısı pompaları, yaklaşık 2 milyon yüklü ünite ile Avrupa’da 20 GWth ısıtma kapasitesini temsil etmektedir.

EGEC Genel Sekreteri PhilippeDumas, “Avrupa’daki jeotermalin geliştirilmesine yönelik bir meydan okuma, sektörümüzün enerji karmasına katkısının, yenilenebilirler dayalı dekarbonlu bir yaklaşıma, şu anda çok daha büyük ve uygun bir pazardan daha fazlası olduğunun kanıtıdır.” dedi. “Yenilenebilir enerji tüketimi, enerji verimliliğindeki kazanımlar ve sera gazı emisyonlarının azaltılması açısından 2020 sonrası hedeflerimize ulaşmak için jeotermal önemli bir enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir. Piyasa oyuncuları şimdi, Avrupa’da daha fazla jeotermal piyasa gelişimini görmek için sunulan yeni fırsatları benimsemeye başlayacaklar.” ifadelerini kullandı.

ETIP-DG: Derin Jeotermal için 2050 Vizyon - Avrupa’da Gelişim ve Kullanım:

Derin Jeotermal için Avrupa Teknoloji ve İnovasyon Platformu (ETIP-DG), 2050’ye kadar Avrupa’da derin jeotermal enerji gelişimi ve kullanımı için vizyonunu yayınladı.

Jeotermal enerjinin doğduğu yer olan Pisa, İtalya’da bulunanDerin Jeotermal için Avrupa Teknoloji ve İnovasyon Platformu, derin jeotermal enerjinin gelecekteki gelişimine bakmak ve Avrupa’daki kullanılmayan jeotermal kaynakların potansiyelini vurgulamak için “Derin Jeotermal için Bir Vizyon” sunmuştur.

Jeotermalin halihazırda yaklaşık 10.000 kişiyi istihdam ettiği ve binlerce kişiye temiz ve güvenilir enerji sağladığı, fosil yakıt ithalatından kaynaklanan bağımlılığı azaltan bir bölge olan Tos-

kana’da toplanan ETIP-DG, Vizyon belgesini yayınladı ve Stratejik Araştırma Gündemi’ndeki çalışmalarını başlattı.

ETIP-DG Başkanı Ruggero Bertani, “Vizyonumuz, 2050 yılında jeotermal enerjisinin yerel ısı ve elektrik talebinin önemli bir bölümünü karşılayabileceğidir” dedi. “Yerel ve istikrarlı bir yenilenebilir enerji kaynağı olarak jeotermal enerji gelecekte, güç sağlama, ısı ve termal depolama gibi enerji sistemlerinde çok önemli bir yer alacaktır.” ifadelerini kullandı.

İlgili yayın, enerji geçişinin başarısının, enerji konforunu garanti ederken, müşteriler ve vatandaşlar için maliyet ve uygun maliyet açısından en uygun senaryoların tasarlanmasını nasıl sağladığını vurgulamaktadır. Vizyon; Avrupa’da güvenli, uygun fiyatlı, karbon içermeyen ve doğa üzerinde en az etkisi olan jeotermal enerji için bir geleceğe nasıl en iyi şekilde ulaşılabileceği konusunda bir tartışmayı başlatmak üzere tasarlanmıştır. Büyüme, kaynak potansiyeline odaklanma, sürdürülebilirlik, kojenerasyon ve hibridizasyon gibi sosyal boyutu unutmadan on önemli mesajı (aşağıya bakınız) ortaya koyar.

Önümüzdeki aylarda, Stratejik Araştırma Gündemi ve Yol Haritası dokümanları, bu Vizyonun sağlanabilmesi için şimdiki ve 2050 arasında geliştirilecek araştırma önceliklerini belirleyecektir.

Derin Jeotermal Vizyonu: On Önemli Mesaj:

- **Kaynak potansiyeli:** Yer altı ısı her yerde mevcut olduğu için jeotermal çok yaygın bir enerji kaynağıdır.
- **Amaca uygunluk:** Jeotermal pek çok uygulamada ve durumda büyük bir ilerleme payına sahiptir.

- **Stabilite ve kullanılabilirlik:** Jeotermal enerji günün her saatinde mevcuttur ve öngörülebilir bir çıktıya sahiptir.
- **Büyüme:** Dünyanın birçok yerinde jeotermal kaynaklar henüz geliştirilmemiştir ve yerel bir ekonomik kalkınma güçlendiricisi olmaya hazırdır.
- **Sürdürülebilirlik:** Jeotermalin çevresel etkileri, diğer enerji kaynaklarından çok daha düşüktür.
- **Kojenerasyon ve hibridizasyon:** Jeotermal, verimliliği arttırmak için diğer enerji kaynakları ve teknolojilerle birleştirilebilir.
- **Esneklik:** Jeotermal, gerektiğinde temel yük enerjisi sağlayan her türlü enerji talebine adapte edilebilir.
- **Optimizasyon:** Jeotermal, çoklu uygulamaların kademe- li ısı kullanımıyla optimize edildiği çok yönlü bir enerjidir.
- **Serin ve çekici:** Evlerimizin, çalışma alanlarımızın, alış- veriş merkezlerinin, havalimanlarını v.s. havasını soğut- manın yanında jeotermal, tamamıyla görünmez olduğu için güzeldir.
- **Pazar etkisi ve sosyal boyut:** Jeotermal, yerel ve yeşil bir kaynaktır; güvenli, istikrarlı, temiz olup enerji verim- liliğine katkıda bulunur.

7. ÖRNEK UYGULAMA

7.1. Örnek Olay – 1: Bigadiç/Türkiye Jeotermal Projesi

Bigadiç, Güney Marmara Bölgesi'nde çoğunlukla tarım ve hayvancılıkla uğraşan bir kasabadır. 1999 yılında Bigadiç'in 23 km kuzeyindeki Hisarköy'de bulunan jeotermal enerji kaynağını

değerlendirmek amacıyla 1999 yılında jeotermal projesi başlatılmış ve projenin ilk aşamasında evlerin merkezi sistemle ısıtılması amaçlanmıştır. Şu anda 7000 konut ısıtılmaktadır. Termal turizm için çalışmalar devam etmektedir.

Projenin amacı; konutları, işyerlerini ve kamu kurumlarını ısıtmak, jeotermal enerjiye dayalı sera yapmak, jeotermal enerji ile sağlık ve güzellik turizmi oluşturmak ve tarım-hayvancılıkta kullanmaktır.

Proje kapsamında ilçede sera aktivitesi geliştirilmiş, mevsimlik sebze üretimi yaygınlaştırılmış, ısınma amaçlı kömür kullanımı azalmış, temiz hava ve daha doğal tarımsal üretim geliştirilmiştir.

Bunlara ek olarak, sağlık ve güzellik (termal) turizmi için jeotermal enerji kullanımı kapsamında, uluslararası turizm hizmeti için HERA termal tesisleri kullanıma sunulmuştur. Tesiste 14 havuz, 4 hamam, 1 Aquapark ve SPA merkezi bulunmaktadır.

7.2. Örnek Uygulama – 2: İzmir – Balçova/Türkiye Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi

Türkiye’de, İzmir’in Narlıdere ve Balçova ilçelerinde 15bin dolayında mesken jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır. Jeotermal akışkan, 83 °C -135 °C’lik bir üretim sıcaklığında elde edilir. Üretilen sıvıda yoğunlaşmamış gaz oranı çok düşüktür. Balçova ısıtma sisteminde dolaşan suyun akış sıcaklığı, plakalı ısı eşanjörlerinde jeotermal su yardımı ile 80 °C -90 °C’ye kadar ısıtılır. Dönüş sıcaklığı aralığı 42 °C ila 60 °C’dir. Böylece 6631 konut ile birlikte 2 otel ve 2 üniversiteye ait çeşitli binaların ısı yükleri karşılanmaktadır. Diğerlerine göre, yüksek sıcaklıktaki toplam dört kuyucuk üretimi 391 m³ / saat ve ortalama üretim sıcaklığı 130 °C’dir.

Bu alan 1995 yılında “Termal Turizm Merkezi ve Turizm Koruma Alanı” olarak ilan edilmiştir. Bu alanın jeotermal zenginliği, konutlardan kamu kurumlarına kadar geniş yelpazeye sunulmaktadır. İlçedeki otel ve moteller konuklarını jeotermal enerji ile ısıtıp serinletmektedir.

7.3. Galanta Belediyesi/Slovakya

Galanta, Slovak Cumhuriyeti’nin güneydoğu kesiminde yer alan bir şehirdir. Başkent Bratislava’ya yaklaşık 50 km uzaklıkta bulunan bir ova bölgesinde yer almaktadır. Başkentten uzaklığı ve Macaristan ve Avusturya sınırlarının yaklaşık 50 km kuzeyindeki konumu, yatırımcılar ve iş faaliyetleri için çok uygun olan şehrin avantajlı konumunu doğrulamaktadır. Galanta, 396 hektarlık bir alanda 16.500 nüfusa sahiptir ve bölgenin ticaret ve kültür merkezlerinden biridir. Yerel yönetim idaresiyle ilgili olarak, Trnava Bölgesi’ne ait bir ilçe şehridir. Şehir üç bölgeye ayrılmıştır: Galanta, Javorinka, Nebojsa.

Galanta çeşitli nehirler ve küçük akarsularla çevrilidir: Vah, MalyDunaj ve Dudvah. Kasaba zengin jeotermal su kaynaklarına sahiptir. Slovakya, Avrupa Birliği’ne katıldığından beri, Galanta’da birçok yabancı şirket kurulmuş ve bunlar şehrin genel gelişimine katkıda bulunmuştur. Galanta aynı adlı bölgeye hizmet veren önemli bir idari ve kültür merkezidir. Dört yöne giden hatlarla önemli bir demiryolu kavşağı olan demiryolu hattı boyunca endüstriyel park yer almaktadır. Kentte yedi banka, bir gümrük ofisi ve Bölgesel Kalkınma Ajansı bulunmaktadır. Yabancı şirketler yıllardır şehirde başarıyla kurulmuşlardır. En önemli yatırımcı Samsung şirkettir. Şirket ayrıca Orta ve Doğu Avrupa için bir lojistik ve dağıtım merkezi de kurmuştur. Bu, önemli sayıda yeni iş imkanı yaratılmasıyla sonuçlandı. Ziyaretçiler otelde ko-

naklama imkanı bulabilir ve şehirde restoranlar, barlar ve kafeler bulunmaktadır. Kültür Merkezi sosyal ve kültürel etkinlikleri düzenlemektedir; sinema, amfi tiyatro, kasaba galerisi, tarih müzesi ve kültürel programlar sunan bir kütüphane vardır. Spor tesisleri arasında; spor salonu, stadyum, tenis kortları, yüzme havuzu, fitness merkezleri ve saunalar bulunmaktadır. Kasaba'ya yakın mesafede, Su sporları ve Kraľova rezervuarında balık tutmak için mükemmel imkanlara sahip Kaskady adında bir rekreasyon merkezi bulunmaktadır. Buna ek olarak, Galanta yakınlarında üç jeotermal yüzme havuzu bulunmaktadır: Diakovce, HorneSaliby ve VincovLes. Kasaba zengin bir kültürel ve sosyal yaşama sahiptir. Düzenli olarak tekrarlanan yıllık etkinlikler çok başarılı ve yüksek bir katılım oranına ulaşmaktadır. Ağustos ayında düzenlenen Galanta Yaz Fuarı, kültür ve spor etkinliklerinin yanı sıra bir bira festivaliyle de zenginleştirilmiştir. Son olarak, Galanta zengin jeotermal su kaynaklarına sahiptir. Belediye, kentte yaygın olan bu yeşil enerjinin kullanımını genişletmek ve bu enerjinin gelecek nesiller için mevcut olmasını sağlamak için çaba sarf etmiştir.

7.4. İzlanda'da Jeotermal Enerji

İzlanda Jeotermal sektörü 18.yy.dan beri gelişim halindedir. Gelişim Reykjavik'de bulunan bir kaplıca alanının açık hava çamaşırhanesi olarak düzenlenmesi ile başladı. Aynı zamanda jeotermal sahalarda kükürdün sondajı ile dolaylı kullanım gerçekleşti. 1900 yılında, sığ jeotermal kuyuların sondajı ile ve ısınma için boru hatları ile sıcak suyun aktarılmasıyla yapılan deneyler başladı ve 1908'de küçük ölçekli bir bölgesel ısıtma sistemi devreye alındı. Daha sonra, diğer doğrudan kullanım yöntemleri ortaya çıkmış ve İzlanda'daki ilk sera 1924'te jeotermal enerji ile ısıtılmıştır. İzlanda'nın ısınmada kömür ve yağa olan bağımlı-

lığını ortadan kaldırmaya yönelik ilk adımlar 1977'de Reykjavik kentinisıcak suyla buluşturmak için hazırlanan sondaj programı ile atılmıştır.

1930'da, Laugardalur, Reykjavik'te bir bölgesel ısıtma sistemi inşa edildi. Sistem, İzlanda'daki bölgesel ısıtma devriminin başlangıcını işaretleyerek bir hastane, bir yüzme havuzu, bir okul ve jeotermal sıcak suya sahip 60 konuta sıcak su tedarik etti. İzlanda için bir sonraki büyük adım elektrik üretimi için jeotermal buhardan yararlanmaktı ve İzlanda'daki jeotermal buharla çalışan ilk türbin 1944'te faaliyete geçti. Bugün, tüm endüstriyel tesislerin ve konutların%90'ından fazlası jeotermal suyla ısıtılıyor ve kabaca ülkede üretilen tüm elektriğin%30'u jeotermal enerji santrallerinden geliyor. Kalan elektrik talebi, hidroelektrik santraller tarafından sağlanmakta ve İzlanda'nın elektriğini%100 yenilenebilir hale getirmektedir.

Kaynakça

- Anonymous, 2015. RenewableEnergyContributingProven Solutions tothe World. Handbook of bestpractices of geothermalresources-management. D6.3 – Final version.
- Anonymous, 2018. "Handbook of bestpracticesofgeothermalresources-management"
- Mineral andEnergyEconomyResearchInstitute, Polish Academy of Sciences, Krakow
- Barbier, E., 2002, Geothermal Energy Technology and Current Status: An Overview., Renewable and Sustainable Energy Reviews 6: 3 – 65.
- Bertrani R. "Geothermal Power Generation in the World 2010 – 2014 Update Report" Proceedings World Geothermal Congress 2015 Melbourne, Australia 19-29 April 2015.

- Çelik, K., Baytekin, H., Kalmış, H., Çelik, H., 2017. Tarımsal Uygulamalarda Yenilenebilir Enerji Kullanımı. Sonçağ Yayıncılık Matbaacılık, Ankara.
- Çetiner, Z.S.,2018. “Ayvacık Tuzla Bölgesindeki Jeotermal Kaynaklardan Metal Mineral Kazanım Olanakları“, *OmerHalisdemirUniversityJournal of EngineeringSciences, Volume 7, Issue 1, (2018), 266-273.*
- <https://igc.is/about-iceland-geothermal-conferences/>
- <https://geothermie.vito.be/en/how-can-we-use-geothermal-energy>
- <https://www.ultraenerji.com/jeotermal-enerji/jeotermal-enerjinin-dezavantajlari.html>
- Fridleifsson,I.B.,2001. “Geothermalenergyforthebenefit of thepeople”, *RenewableandSustainableEnergyReviews* 5 (2001) 299–312.
- Işıkoğlu, M., Kurban, M., Dokur, E., 2012. The Assessment of Geothermal Power Plants for Turkey 2012 Elektrik - Elektronikve BilgisayarMühendisliğiSempozyumu, 29 Kasım - 01 Aralık 2012, Bursa: 815-820
- Omer A.M., 2008, Ground-source Heat Pumps System and Applications., *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12: 344-371.
- Külekcı, Ö.C., “*Place of GeothermalEnergy in The Content of RenewableEnergySourcesandIt’s ImportanceforTurkey*”.
- Richter, A., 2018. ETIP-DG: A 2050 VisionforDeepGeothermal – Development &Utilisation in Europe. <http://www.thinkgeoenergy.com/etip-dg-a-2050-vision-for-deep-geothermal-development-utilisation-in-europe/>
- Richter, A.,2018. Geothermalenergyanditskey role for Europe – EGENC’s 7th AnnualGeothermal Market Report. <http://www.thinkgeoenergy.com/geothermal-energy-and-its-key-role-for-europe-egecs-7th-annual-geothermal-market-report/>

RÜZGAR ENERJİSİ

*Dr. Kemal Çelik, Dr. Harun Baytekin, Hilal Çelik,
Dr. Halis Kalmış*

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi



1. TANIMLAR VE TEMEL TERİMLER

Rüzgar enerjisi nedir?

Rüzgar temiz, ücretsiz ve serbestçe bulunan yenilenebilir enerji kaynağıdır. Yeryüzünde hemen her gün rüzgar türbinleri serbest bulunan bu enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür. Bu güç kaynağı, dünyaya enerji sağlamada her geçen gün daha önemli bir role sahip olmaktadır. Rüzgar enerjisi bol olduğu kadar hazır ve tükenmesi sözkonusu olmayan bir kaynak olup, güneş enerjisinin bir formudur. Rüzgarlar, atmosferin güneş tarafından ani bir şekilde ısıtılmasından, dünya yüzeyindeki düzensizliklerden ve dönmesinden kaynaklanır. Rüzgâr akış düzenleri, dünyadaki arazi, su kütleleri ve bitki örtüsü ile belirlenir. Rüzgar akışı veya hareket enerjisi, modern rüzgar türbinleri tarafından toplanır ve elektrik üretmek için kullanılır. Rüzgâr gücü, elektrik üretmek için rüzgâr türbinleri, mekaniksel güç için yel değirmeni, su veya kuyu pompalama için rüzgâr pompaları veya gemileri yürütmek için yelkenler kullanarak rüzgârın kullanışlı formundaki rüzgâr enerjisinin sonucudur. 2015 itibarıyla, Danimarka elektriğinin % 40'ını rüzgârdan elde etmiş ve dünya etrafındaki en az 83

diğer ülke elektrik şebekesini rüzgâr enerjisi ile desteklemiştir. 2014'ün sonu itibarıyla dünya çapındaki rüzgâr enerji santralleri (RES) kapasitesi 369,553 MW'a (megawatt) ulaşmıştır. Bu da dünyada kullanılan elektriğin % 4'ü anlamına gelmektedir. İnsanlar yelkenlileri hareket ettirmek ve gemileri yürütmek için en az 5500 yıldan beri rüzgârın gücünden faydalanmakta yeldeğirmenlerinde, sulama işlemlerinde ve tahıl öğütüp un elde etmekte dünyanın bir çok ülkesinde rüzgardan faydalanmışlardır. 1970'lere gelindiğinde fosil yakıt dışında enerji kaynakları arayışının artması ve çevre aktivistlerinin baskıyla Danimarka'da ilk modern rüzgar türbinleri üretilmeye başlanmıştır. Bu ilk rüzgar türbinleri 20-30 kW gücünde olup 2015 itibarıyla 7 MW'lık rüzgar türbinleri prototip olarak geliştirilmiş ve böylece ilk uygulamalar Avrupa'nın çeşitli yerlerinde yapılmaya başlanmıştır. Bugün rüzgar türbinleri, ev bahçelerinden, parklara, akü depolamalı mini sistemlerden; fabrikalara elektrik sağlayıp ürettiği fazla elektriği şebekeye veren orta ölçekli sistemlere, şehirlere elektrik sağlayan santrallere kadar her ölçekte uygulanmaktadır.

Rüzgar enerjisi hareket halindeki havanın kinetik enerjisidir. Hayali bir A alanına t zamanında ilerleyen toplam rüzgar enerjisi:

$$E = A \cdot v \cdot t \cdot \rho \cdot \frac{1}{2} v^2,$$

sırası ile v rüzgar hızı, ve ρ havanın yoğunluğudur. Bu formül iki ana kısımdan oluşur: A alanına doğru ilerleyen havanın hacmi ($A \cdot v \cdot t$) ve ilerleyen havanın birim hacim başına kinetik enerjisi

$$(\rho \cdot \frac{1}{2} v^2).$$

Toplam rüzgar gücü ise:

$$P = E / t = A \cdot \rho \cdot \frac{1}{2} v^3$$

Rüzgar gücü, rüzgar hızının üçüncü kuvveti ile orantılıdır. Bir başka deyişle, rüzgar hızındaki bir birimlik artış ile rüzgar gücü kübik olarak artar. Hayali bir A alanına t zamanında ilerleyen toplam rüzgar enerjisi, ancak bir rüzgar türbininin ilerleyen rüzgarın hızını sıfıra düşürmesi ile tamamen ele geçirilebilir. Gerçekte ise bu mümkün değildir çünkü türbine ulaşan havanın türbinden belli bir hız ile ayrılması gerekir. Rüzgar hızı girdisi ve çıktısı arasında bir ilişki kurulur. Bunlardan biri akım borusu kavramıdır. Bu yöneme göre herhangi bir rüzgar türbininden maksimum elde edilebilir rüzgar enerjisi, toplam teorik rüzgar enerjisinin % 59'una eşittir. Diğer kayıplar, örneğin rotor kanadının sürtünme kaybı, (eğer mevcutsa) dişli kutusu, jeneratör ve konvertör kayıpları vd. elde edilen enerjiyi azaltır. Rüzgardan ticari olarak elde edilebilecek enerji insanlığın diğer bütün kaynaklardan şu anda elde ettiğinden büyük ölçüde daha fazladır. Güneşten gelen enerjinin dünya tarafından emilen % 1 atmosferde kinetik enerjiye dönüşür. Eğer bu enerjinin yer yüzüne eşit olarak dağıldığını varsayarsak, karalarda rüzgardan elde edilebilecek enerji 3.4×10^{14} W (Watt) olarak hesaplanır ki bu dünyada şu anda kullanılan ticari enerjinin 22 katına denk gelmektedir. Global olarak kara ve okyanus kıyılarında 100 m yüksekliğinde yaklaşık olarak 1700 TW (terrawatt) rüzgar enerjisi mevcuttur. Günümüz şartlarında ticari olarak değerlendirildiğinde bununun 72 ila 170 TW'ı pratiklik ve maliyet göz önüne alındığında kullanılabilir.

Farklı rüzgâr kuvvetleri ve belli bir yerdeki ortalama değer bir rüzgâr türbininin yalnızca orada üretilebilir enerjisinin miktarını göstermez. Belli bir alandaki rüzgâr hızının frekansını belirlemek için, olası bir dağılım fonksiyonu gözlenen veriye göre uyarlanır. Farklı alanlarda farklı rüzgâr hız dağılımı vardır. Weibull modeli birçok yerdeki saatlik rüzgâr hızlarının gerçek

dağılımını yaklaşık olarak yansıdır. Weibull faktörü yaklaşık olarak 2'dir ve bu yüzden Rayleigh dağılımı daha az bir doğruluk olarak kullanılabilir, fakat daha basit modeldir. Rüzgâr türbinleri, rüzgârdaki kinetik enerjiyi önce mekanik enerjiye daha sonra da elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Bir rüzgâr türbini genel olarak kule, jeneratör, hız dönüştürücüleri (dişli kutusu), elektrik-elektronik elemanlar ve pervaneden oluşur. Rüzgârın kinetik enerjisi rotorda mekanik enerjiye çevrilir. Pervane milinin devir hareketi hızlandırılarak gövdedeki jeneratöre aktarılır. Jeneratörden elde edilen elektrik enerjisi aküler vasıtasıyla depolanarak veya doğrudan alıcılara ulaştırılır.

Kullanımdaki rüzgâr türbinleri boyut ve tip olarak çeşitlilik gösterse de, genelde dönme eksenine göre sınıflandırılır. Rüzgâr türbinleri dönme eksenine göre “Yatay Eksenli Rüzgâr Türbinleri” (YERT) , „Düşey Eksenli Rüzgâr Türbinleri” (DERT) ve „Eğik Eksenli Rüzgâr Türbinleri” (EERT) olmak üzere üç sınıfa ayrılırlar.

Önemli olarak küresel Rüzgar Enerjisi Konseyi, 2030 yılına kadar rüzgar enerjisinin yılda 2,5 milyar ton karbondioksit salınımına engel teşkil edeceğini öngörüyor. Bu, her yıl 530 milyon otomobilin yoldan çekilmesine veya dünya genelinde 4,6 milyar varil petrol kullanımına eşdeğerdir. Bu miktar aynı zamanda, bir yıl içinde 525 termik santralin emisyonlarının da dengeleyebilir. Sonuçta atmosferik hava ile tahrik edilen rüzgar enerjisi, enerji elde etmenin başka bir yoludur. Güneş, rüzgar üreten atmosferi de ısıtır. Bulutlu günlerde ve yağışlı mevsimde de enerji üretimi devam edebilir. Rüzgar türbinlerinin konumu, makinenin performansını etkileyen çok önemli bir faktördür. Rüzgar kanatları genellikle bir kulenin tepesine, yaklaşık 30 m yüksekliğe yerleş-

tirilir. Bir türbinin türbülans etkisinin diğerini etkilememesi için aralarındaki mesafe kanat çapının 5 -15 katı kadar olmalıdır. Yel değirmenleri hem yatay hem de dikey ekseninde çalışmaktadır. İki sistemin temel mekaniği benzerdir. Kanatların üzerinden geçen rüzgar, elektrik jeneratörüne aktarma organları yoluyla şletilen mekanik güce dönüştürülür. Rüzgâr türbinleri, 13 km/h'nin altındaki rüzgar hızlarında çalışmaz, rüzgar hızının saatte ortalama 22 km/h olduğu yerlerde çalışırlar. Şu anda üretilen rüzgar türbinlerinin çoğunluğu, üç kanatlı, 15-30 m çapında ve 50-350 Kwelektrik gücüne sahip yatay eksenli türbinlerdir. Rüzgar enerjisi hava ve su kirliliği oluşturmaz, toksik veya tehlikeli maddeler içermez ve kamu güvenliğine tehdit oluşturmaz.

2. NİÇİN RÜZGAR ENERJİSİ?

Rüzgâr gücü, dünyada kullanımı en çok artan yenilenebilir en ucuz enerji kaynaklarından biri haline gelmiştir. Günümüzde dünyadaki kullanım oranının çok düşük olmasına karşılık, 2020 yılında dünya elektrik talebinin %12'sinin rüzgâr enerjisinden karşılanması için çalışmalar yapılmaktadır. Araştırmalar daha çok rüzgar enerjisinin daha fazla kullanımını engelleyen etmenler üzerinde yoğunlaşmıştır.



3. RÜZGAR ENERJİSİNİN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

3.1. Avantajları

▪ Yeşil enerji

Rüzgar enerjisi bir yeşil enerji kaynağıdır. Bilindiği üzere rüzgar enerjisinden faydalanmak, fosil yakıtlar, kömür ve nükleer enerji kullanımının oluşturduğu kadar çevresel negatif etki yaratmaz. Rüzgar türbini üretimi, nakliyesi ve montajının küresel ısınmaya katkısı olduğu bilinmektedir ancak elektrik üretiminin kendisi böyle bir negatif yansıma göstermez. Küresel gazlar, emisyon sorunları gibi rüzgar enerjisinin de dezavantajları ve neden olduğu bazı çevresel sorunlar vardır.

▪ Sınırsız Potansiyel

Daha önce de değinildiği üzere rüzgar enerjisi potansiyeli kesinlikle inanılmaz boyutlardadır. Çok sayıda bağımsız araştırma bu sonucu doğrulamaktadır: Dünya rüzgar enerjisi potansiyeli 400 TW'dan (terawatt) daha fazladır. Rüzgar enerjisi neredeyse her yerde kullanılabilir özelliktedir ve yalnızca santralin finansmanına gereksinim duyulur.

▪ Yenilenebilir

Rüzgar enerjisi yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Rüzgar enerjisi doğal olarak oluştuğundan kullanılarak tüketilmesi söz konusu değildir. Bu enerji kaynağı aslında güneşte görülen nükleer füzyon işlemine dayanmaktadır. Güneş dünyaya ışınlarını göndermeye devam ettikçe (bilim adamlarına göre 6 milyar yıl daha göndermeye devam edecek) dünyada rüzgar enerjisini kullanmayı sürdürebileceğiz. Bu durum toplumun bugün kullandığı fosil yakıtlar (örneğin petrol ve doğal gaz) için geçerli değildir.

▪ Alan Tasarrufu

Bütük bir rüzgâr türbini, 600 evin ortalama enerji talebini karşılamak için yeterli elektrik üretme kapasitesine sahiptir. Rüzgâr türbinleri birbirine çok yakın yerleştirilemez ve aradaki araziler başka amaçlar içinde kullanılabilir. Bu nedenle birçok çiftliğin, güneş panellerinin aksine, rüzgâr türbinlerinin kurulmasında daha fazla fayda sağlaması beklenmektedir.

▪ Hızlı gelişim

Rüzgar enerjisi dünya enerji miktarının sadece % 2,5'i kadar paya sahip olmasına karşın, yıllık büyüme hızı % 25 gibi büyük bir değere sahiptir. Bu durum sadece küresel ısınmaya karşı mücadeleye katkı sağlamakla kalmaz, aynı zamanda maliyetleri düşürmeye yardımcı olur.

▪ Fiyatlar düşüyor

Fiyatlar 1980'den bu yana % 80'in üzerinde azaldı. Teknolojik gelişmeler ve artan talep nedeniyle, fiyatların öngörülebilir gelecekte düşmeye devam etmesi bekleniyor.

▪ Düşük işletme maliyeti

Türbinler bir kez üretilip kurulduktan sonra işletme maliyetlerinin düşük olacağı genel olarak doğrudur. Ancak, her rüzgar türbini bir diğerine eş üretilmemiştir bazıları bakım anlamında diğerlerine göre daha hassastır.

▪ Yerel potansiyel

İnsanlar kendi elektrik enerjilerini güneşten (fotovoltaik piller) elde edebildikleri gibi rüzgar enerjisinden faydalanarak da üretebilirler.

Rüzgar enerjisi temiz bir kaynaktır.

Rüzgar enerjisi konvansiyonel santraller gibi üretim için su kullanmaz.

Rüzgar yerel bir kaynaktır

Rüzgar enerjisi tükenmez.

Rüzgar enerjisi maliyeti düşüktür

Rüzgar türbinleri halen faaliyette olan çiftlik ve tarım işletmelerine kurulabilir.

Rüzgar iş gücü potansiyeli yaratır.

3.2. Dezavantajları

▪ Öngörülemez

Rüzgar enerjisi öngörülemez olup varlığı sabit değildir. Bu nedenle rüzgar enerjisi, temel enerji kaynağı olarak uygun değildir. Ancak bu enerji kaynağını depolamak için uygun maliyetli yöntemlerimiz olsaydı durum farklı olurdu. Gelecekte enerji depolama teknolojilerinde atılımlar olmasını ümit edebiliriz, ancak şu anda rüzgar türbinlerinin, enerji talebimizi tutarlı bir şekilde karşılamak için diğer enerji kaynaklarıyla birlikte kullanılması gerekmektedir.

▪ Maliyetler

Rüzgar gücünün maliyet rekabeti oldukça tartışmalıdır. Hem fayda ölçekli rüzgar çiftlikleri hem de küçük konut rüzgâr türbin-

leri genellikle büyük oranda finansal teşviklere dayanır. Bu teşvikler, rüzgar enerjisine fosil yakıtlar ve kömür gibi köklü enerji kaynaklarının oluşturduğu sert rekabetçi yapı karşısında bir şans tanır. Güneş enerjisi (PV) genellikle enerji üreticisi olmak isteyen ev sahipleri için ilk seçenek olarak kabul edilir, ancak rüzgar türbinleri bazı durumlarda mükemmel bir alternatif oluşturur. Net bir elektrik üreticisi olmak için yaklaşık 10 kilovatlık ve 40.000 ila 70.000 \$'lık bir rüzgar türbini gerekir.

- **Doğal yaşam için bir tehdittir**

Kuşlar, yarasalar ve diğer uçan canlıların dönen bir türbin kanadına çarptıklarında yaşam şansları hemen hemen yok olur. Bununla birlikte bazı çevre bilimciler, Amerika Birleşik Devletleri'nde rüzgar türbinleri ile yaşanan kuş ölümlerini 10.000 ile 440.000 arasında olduğunu, bu sayının sadece mevcut binalara çarpma ile ölüm sayısı olan 976 milyon kuş ile kıyasla ihmal edilebileceğini ileri sürüyorlar.

- **Gürültü**

Rüzgar türbinlerine yakın yaşayan insanlar için gürültü bir problemdir. Kentsel bölge içerisinde rüzgar türbini inşasından kaçınılmalıdır. Kırsal alanlarda rüzgar türbinlerinin yarattığı gürültü herhangi bir problem teşkil etmez. Yeni tasarımlarda eski modellere oranla gürültü konusunda büyük ilerlemeler gözlemlenmektedir.

- **Görüntü**

Bazı insanlar rüzgar türbinlerinin görünümünü hoş karşılarken bazıları da aynı fikirde değildir. Rüzgar türbinleri diğer enerji kaynakları ile çalışan tesislere göre (güneş, nükleer ve kömür) çok daha küçük alan işgal eder. Rüzgar türbinleri kentsel alanlardan uzakta yapılaştığı sürece bu problem azalır.



Kaynak: <https://www.evwind.es/2015/05/14/impacts-of-onshore-wind-energy-development-on-birds-and-bats/52115>

Rüzgar enerjisi geleneksel enerji kaynakları ile maliyet esasına göre rekabet etmelidir.

Nitelikli rüzgar alanları elektrik ihtiyacının yüksek olduğu kent alanlarından oldukça uzaktadır.

Türbinler gürültü yaratabilir ve görüş alanını engelleyebilir.

Türbinler vahşi yaşama zarar verebilir ve türbin kanatları kuş ve benzeri canlılara zarar verebilir.

4. TARIMDA RÜZGAR ENERJİSİNDEN YARARLANMA

Rüzgar santrali elektrik enerjisi üretimi amacı ile bir alanda konumlanmış rüzgar türbini grubudur. Büyük bir rüzgar santrali, geniş bir alana dağıtılmış yüzlerce ayrı rüzgar türbininden oluşabilir, ancak türbinlerin kurulu olduğu arazi tarımsal veya başka amaçlar için kullanılabilir. Örneğin Gansu rüzgar santrali

birkaç bin türbinden oluşan dünyanın en büyük rüzgar santrali-
dir. Açık denizde bir rüzgarsantrali de bulunabilir. Hemen hemen
tüm büyük rüzgar türbinleri, aynı tasarıma sahiptir ve uzun bir
boru şeklindeki kulenin tepesindeki bir buruna bağlı üç kanatlı
düşey bir rotora sahip yatay ekselidir. Bir rüzgar santralinde,
çeşitli türbinler orta gerilim (genellikle 34,5 kV), güç toplama
sistemi ve iletişim ağı ile birbirine bağlanır. Genel olarak, tama-
men gelişmiş bir rüzgar santralinde her bir türbin arasında 7D'lik
(Rüzgar Türbininin Rotor Çapı) bir mesafe ayarlanır. Bir trafo
merkezinde, bu orta gerilim seviyesindeki elektrik enerjisi, yük-
sek gerilim elektrik enerjisi iletim sistemine aktarılır.

4.1. Çiftçiler rüzgar enerjisinden nasıl faydalanır

Çiftçiler, rüzgar endüstrisindeki büyümeden yararlanmak
için benzersiz bir konumdadır. Bu pazarın imkanlarından yarar-
lanmak için çiftçiler arazilerini rüzgar enerjisine yatırım yapan
firmalara kiralayabilir, çiftliklerinde kullanacakları enerjiyi üret-
mek için rüzgarı kullanabilir veya kendileri rüzgar enerjisi üre-
tici olabilir.



Kaynak: <https://sciencing.com/info-8337416-much-farmer-make-wind-turbine.html>

4.2. Rüzgar enerjisi yatırımcıları ile çalışma

Çiftçiler için rüzgar enerjisi sektöründen yarar sağlamanın en kolay yolu arazilerini rüzgar enerjisi yatırımı yapan firmalara kiralamaktır. Büyüklüğüne bağlı olarak bir rüzgar türbininden yıllık 2000 USD ile 5000 USD arasında bir kira geliri elde edilebilir. Sözleşme sonucu çiftçi kendisine istikrarlı bir ek gelir sağlayacağından fiyatlarındaki dalgalanmalardan teorik olarak pek etkilenmez. Yatırımcılar, arazi sahiplerine yıllık kira ödemesi, tek bir ön ödeme, rüzgar projesinden elde edilen gelirden pay veya bunların bir kombinasyonunu önerebilir. Sabit ödemeler gelir payından düşük olsa da, arazi sahibi için daha az risk sunmaktadır. Ön ödemeler de cazip gelebilir, ancak mülk sözleşmenin süresi içerisinde satışı zorlaştırabilir. Rüzgar türbinlerinden herhangi bir gelir elde edemeyecek olan yeni bir toprak sahibi, mülk için daha düşük bir fiyat ödemek isteyebilir. Ayrıca, ön ödemeler genellikle yatırımcı tarafından mülk üzerindeki mevcut rüzgar kaynakları haklarına sürekli bir kiralama alacağı şeklinde yapılandırılmıştır. Rüzgar gücünün zamanla artması beklendiğinden bu bir dezavantaj olabilir. Kiraların gelir payına dayandırılması, rüzgar gücünün değerinde gelecekteki artışlarından da yararlanmak için en iyi seçenek olacaktır.

▪ Türbin sahibi olmak

Çiftçiler, tıpkı önceki çiftçilerin 1930lar ve 1940lar da yaptığı gibi, rüzgardan kendi enerjilerini üretebilirler. Güçleri 400 W ile 40 kW arasında değişen küçük rüzgar jeneratörleri tüm çiftliğin günlük ihtiyaçlarına ve diğer çeşitli uygulamalara cevap verebilir. Örneğin bazı çiftliklerde çiftçiler sığır sürülerine rüzgar jeneratörleri ile su pompalarlar. Rüzgar elektrik jeneratörleri eski nesil rüzgar güülü su pompalarına göre çok daha verimli ve gü-

venlidir. İlave olarak kırsal bölgeye elektrik enerji hattı getirmek ya da dizel jeneratör kullanmaktan daha ucuzdur. “Net metering (mahsuplaşma)” çiftçilerin rüzgar türbinlerinden en iyi şekilde faydalanmalarını sağlar. Türbinler çiftliğin ihtiyacından fazla enerji ürettiğinde üretilen fazla enerji dağıtım sistemi üzerinden diğer abonelerin kullanımına sunulur ve bu miktar ölçülür. Enerji üretimi çiftliğin ihtiyacından az olduğunda enerji ihtiyacı dağıtım şirketinin sisteminden sağlanır. Türbin sahibi ile dağıtım şirketi çeşitli dönemlerde birbirleri ile aradaki fark enerji anlamında mahsuplaşırlar.

▪ Rüzgar enerjisi yatırımcısı olmak

Çiftçiler için üçüncü bir yol, bizzat kendileri yatırım yaparak sisteme enerji üretip-satmasıdır. Elektrik şirketleri enerjiyi kendileri üretip satmaktan ziyade bağımsız üreticilerden tedarik ederek pazarlamayı tercih ederler. Elektrik şirketleri gün geçtikçe ‘yeşil’ ve ‘çevre dostu’ enerji yatırımlarını tercih ettiklerinden rüzgar enerji santrallerinden enerji temini yoluna gidebilirler. Ek olarak hükümetler de rüzgar enerjisi yatırımlarına teşvikler de sağlamaktadır. Bununla birlikte rüzgar santrali sahibinin çeşitli zorlukları da vardır. Bir veya daha fazla rüzgar türbini satın almak büyük çiftlikler için dahi ciddi bir yatırımdır. Daha ötesi küçük ölçekli rüzgar santralleri, imalat ve kurulum aşamalarındaki ekonomileri ile maliyetleri tabii olarak daha düşük olan büyük ölçekli rüzgar santralleri ile rekabet etmek durumunda kalabilir. Diğer yeşil ürünler pazarı dar olmasına rağmen ürünlerine kendi pazarında yer bulabilirken yeşil enerji pazarı çok yeni ve kar oranı düşük bir pazardır. Risk almak isteyen çiftçiler de rüzgar yatırımcısı olabilir. Kaynakları diğer çiftçilerle birleştirmek, riski azaltmak ve maliyetleri düşürmek için cazip bir seçenek olabilir. Bir veya daha çok rüzgar türbinine kooperatif

yaklaşımı Avrupa ülkelerinde yaygın görünmekte ve ABD’de de yer almaya başlamaktadır. Ayrıca ABD’de çiftçiler, küçük rüzgar projeleri için mevcut olan ilave devlet teşvikleri sayesinde rüzgar kooperatifleri geliştirmeye başlamıştır. Çiftçiler ayrıca bir projeyi finanse etmek ve rüzgar enerjisini müşterilerine satmak için kırsal bir elektrik kooperatifi ile ekip halinde çalışabilirler. Bazı kırsal elektrik kooperatifleri diğerlerinden çok daha aktif görünmektedir. Bu türden kooperatifler rüzgar enerjisi konusunda daha aktif olma konusunda teşvik edilmelidir.

4.3. Rüzgardan enerji elde etme ve kullanım prensipleri

Bir rüzgar santrali yerel halka ya da genel nüfusa hitap eden bir elektrik şirketine enerji sağlamak için kurulmuş birbirine bağlı olarak çalışan rüzgar türbinleri grubudur. Rüzgar santralleri sıklıkla rüzgarın yoğun olduğu sahil kesimlerine kurulur.

4.3.1. Rüzgar türbinleri nasıl çalışır?

Rüzgar türbini rüzgarın kinetik enerjisini elektrik enerjisine dönüştürür. Ana adımlar:

- **Adım 1:** Hava hareketi türbinin kanatlarına doğru bastırılarak dönmelerini sağlar. İşlemden, hava hareketinin kinetik enerjisinin bir kısmı, kanatlar yardımı ile mekanik (dönme kinetiği) enerjiye dönüştürülür. (Rüzgar türbinden uzağa doğru hala kinetik enerjisinin bir kısmına sahiptir.)
- **Adım 2:** Dişli kutusundaki miller ve dişliler türbinin mekanik enerjisini jeneratöre aktarır. (Dişliler, jeneratör göbeğine bağlı şaftı kanatlardan daha hızlı döndürür.)



Kaynak: <https://medium.com/@ChuckGrassley/from-maytag-to-wind-power-an-american-success-story-in-newton-iowa-f117a77268b>

4.3.2. Rüzgar santrali için en iyi bölge nasıl seçilir?

Rüzgar santrali türbine zarar verecek kadar güçlü olmayan ancak düzenli ve yeterince güçlü rüzgarların estiği bölgelerde kurulur.



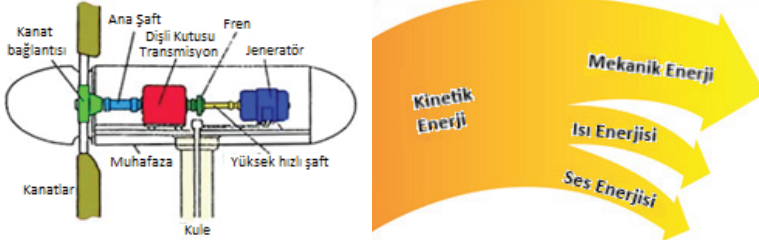
Şekil 1. Enerji dönüşümü rüzgar türbininde meydana gelir

Bununla birlikte, “pürüzsüz” havada çalıştıklarında - yani, hava parçacıkları aynı yönde hareket ettiğinde ve etrafında dönüp farklı yönlerde hareket etmediğinde mümkün olan en yüksek enerji verimliliğinde çalışırlar. Bu yüzden rüzgar santralleri için ideal yerler:

- Ormanlar, kuleler ve kayalık oluşumlar gibi engellerden uzak. (Bunlar havanın dönmesine neden olur.)
- Mümkün olan en yüksek noktaya kurulmalıdır. En iyi yer, rüzgârın yoğun olabileceği ve hızını artırabildiği pürüzsüz bir tepenin üstüdür.

4.4. Rüzgarın gücü

Rüzgar gücü, sahip olduğu hızın küpü ile doğru orantılıdır. Bunun anlamı:



Şekil 2. Rüzgar türbini yapısı ve rüzgar kinetik enerjisinin kullanışlı olmayan enerjiler türlerine dönüşümünü gösteren Sankey Diyagramı

- Eğer rüzgar hızı 2 katına çıkarsa, rüzgarın gücü sekiz kat artar
- Eğer rüzgar hızı 3 katına çıkarsa, rüzgar gücü 27 kat artar
- Eğer rüzgar hızı 10 katına çıkarsa, rüzgar gücü 1000 kat artar

Bu durum da gösterir ki rüzgar santralleri rüzgar gücünün yüksek olduğu yerlere kurulmalıdır.

4.4.1. Rüzgar türbininden elde edilecek gücü belirleyen etmenler

Rüzgar türbininden elde edilecek elektrik gücü rüzgarın sadece hızın değil düzgünlüğüne de bağlıdır. Aynı zamanda türbinin:

- Kanatları oluşturan bıçak sayısı
- Bıçakların uzunluğu
- Bıçakların şekli
- Bıçakların kütlesi

- Bıçakların rüzgar ile yaptığı açı
- Kule yüksekliği
- Kullanılan dişliler
- Kullanılan jeneratör tipi
- Türbinin çalışmasını ve çıkış gücünü kontrol eden bilgisayar sistemi

4.4.2. Rüzgar türbinlerinin enerji verimliliği

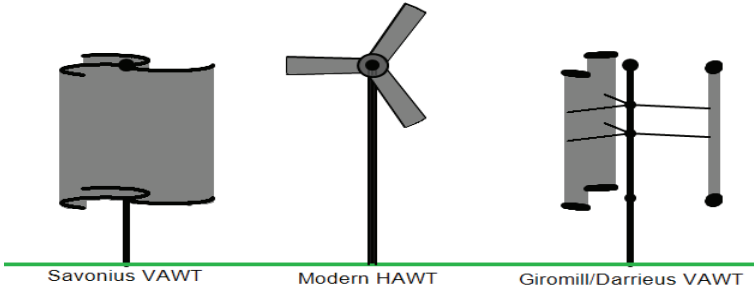
Rüzgar türbinleri her zaman elektrik üretmez. Rüzgar, zamanın % 70'i kadar mevcut olabilse de, rüzgar türbinini tam kapasitede çalıştırmak için çoğu zaman yeterince güçlü değildir. Rüzgar eksikliği ve yetersiz rüzgar şiddeti kombinasyonu, iyi bir konumda bile, rüzgar türbininin bir yıl boyunca sürekli kuvvetli rüzgarda üretebileceği miktarın sadece % 30'unu üreteceği anlamına gelir. İyi bir konum % 35 kapasite faktörüne sahip olabilir. Bu, türbinlerin yıllık ortalama kapasitelerinin % 35'ini üretecekleri anlamına gelir. Rüzgârın kendisiyle ilgili sorunların yanı sıra, rüzgârın kinetik enerjisinin bir kısmı ısı enerjisine (dişliler ve miller ısınır) ve ses enerjisine (bıçaklar, dişliler ve miller döndüklerinde biraz ses çıkarır) dönüştürülür.

Rüzgar türbinleri basit bir prensipte çalışır. Rüzgardaki enerji, bir rotor etrafında iki veya üç pervane benzeri kanadı döndürür. Rotor, elektrik üretmek için jeneratörü döndüren ana şafta bağlanır. Rüzgarın nasıl işlediğini görmek için resme tıklayın. Rüzgar, güneş enerjisinin bir şeklidir ve atmosferin güneş tarafından düzensiz ısıtılması, dünya yüzeyindeki düzensizlikler ve dünyanın dönüşünün bir sonucudur. Rüzgar enerjisi veya rüzgar gücü terimi, rüzgârın mekanik güç veya elektrik üretmek için kullanıldığı işlemi tanımlar. Rüzgar türbinleri rüzgardaki kinetik enerjiyi mekanik güce dönüştürür. Bu mekanik güç belirli işler

için kullanılabilir (tahıl öğütme veya su pompalama gibi) veya bir jeneratör bu mekanik gücü elektrige dönüştürebilir.

4.4.3 Rüzgar türbini çeşitleri BURADAYIM

Modern rüzgar türbinleri iki temel gruptan oluşur. Yatay eksen (HAWT) ve dikey eksen (VAWT) tipleri. Yumurta çırpıcı görünümlü Darrieus model rüzgar türbini adını Fransız mucidinden almıştır. Yatay eksenli rüzgar türbin kanatları iki veya üç bıçaklıdır. Üç bıçaklı türbinlerin kanatları rüzgara karşı konumlandırılır. Rüzgar türbinleri karalarda ya da okyanus, göl benzeri büyük su kütlelerinin kıyılarında kurulur.



Şekil 3. Yatay ve dikey rüzgar türbini çeşitleri

HAWT (Yatay eksenli) Yüksek verimleri nedeni ile ticari olarak en yaygın kullanılan çeşittir.

VAWY (Düsey eksenli) Gürültüsü düşük olduğundan bireysel kullanımlara uygundur.



$$P_n = 2-5 \text{ kW},$$

Süpürme alanı = 8,5 -17,3 m²



$$P_n = 2-5 \text{ kW},$$

Süpürme alanı = 8,5 -17,3 m²



$$P_n = 30 \text{ kW}$$

Süpürme alanı = 300 m²



$$P_n = 30 \text{ kW}$$

Süpürme alanı = 1 452m²

Şekil 4. Çiftlik uygulamalarına uygun
küçük rüzgar türbinlerinin ana karakteristikleri

P_n^* – nominal güç

- **Düşük rüzgar hızına sahip alanlar için gereken değerler**

Süpürme alanı: >10m²/kW

Rüzgar hızı: 3 – 4 m/s yeterli

Rüzgar hızı: 4 – 5 m/s orta - iyi

Rüzgar hızı: 5 – 6 m/s iyi – çok iyi

- **Orta derecerüzgar hızına sahip alanlar için gereken değerler**

Süpürme alanı: 6 – 10m²/kW

Rüzgar hızı: 5 – 6 m/s yeterli

- **Kuvvetliüzgar hızına sahip alanlar için gereken değerler**

Süpürme alanı:<6m²/kW maksimum 200 m²

Rüzgar hızı: 5 – 6 m/s zayıf – yeterli

Kuvvetli rüzgarlarda kullanılan küçük rotorlu rüzgar türbinlerine kıyasla hafif rüzgarlarda kullanılan rüzgar türbinleri sabit getirileri nedeni ile daha yüksek talep görür. Bu durum hafif rüzgarda kullanılan türbinleri daha cazip hale getirirken kuvvetli rüzgarda kullanılan türbinler fırtına düzeyindeki rüzgarlarda yeterli enerji üretimi sağlayabilir.

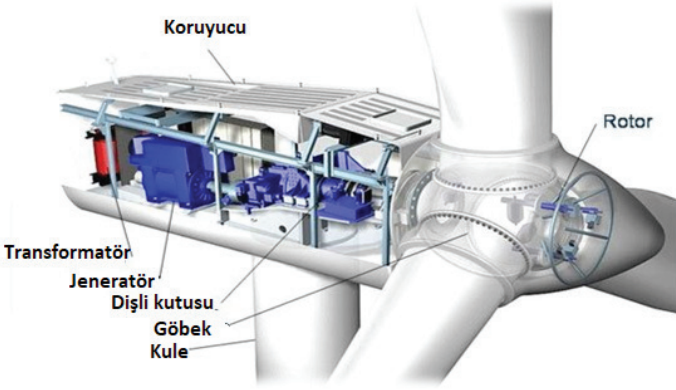
- **Rüzgar türbini boyutları**

Fayda ölçekli türbinlerin büyüklükleri 100 kilowatt ila birkaç megawatt kadardır. Daha büyük rüzgar türbinleri daha uygun maliyetlidir ve elektrik şebekesine toplu güç sağlayan rüzgar çiftlikleri halinde gruplandırılmıştır. 100 kilowattın altındaki küçük türbinler evler, telekomünikasyon sistemleri veya su pompalama için kullanılır. Küçük türbinler bazen dizel jeneratörler, bataryalar ve fotovoltaik sistemler ile bağlantılı olarak da kullanılır. Bu sistemlere hibritrüzgar sistemleri denir ve genellikle elektrik şebekesine bir bağlantının mevcut olmadığı, elektrik şebekesinden uzak yerlerde kullanılır.

- **Temel prensipler**

Rüzgar türbini basit bir prensibe dayalı olarak çalışmaktadır. Verilen animasyon rüzgardaki enerjinin iki veya üç bıçaklı per-

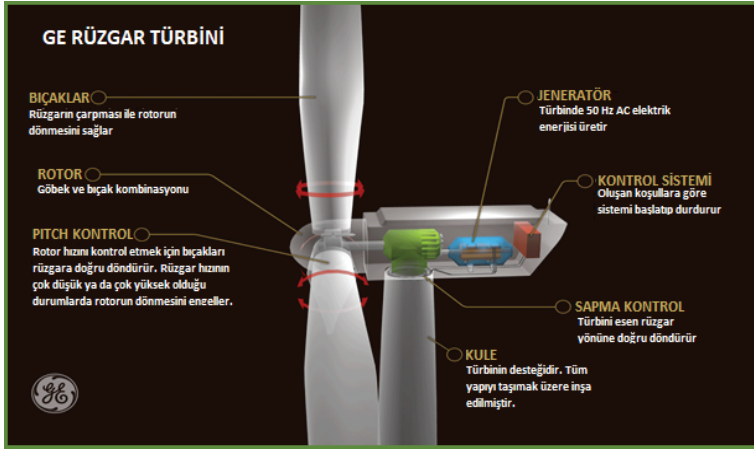
vane benzeri kanadın rotor etrafında nasıl döndürdüğünü gösterir. Rotor, ana şafta bağlıdır jeneratörü döndürerek elektrik üretir. Rüzgar türbini daha fazla enerji toplayabilmek için kulenin tepesine yerleştirilir. Yaklaşık 30 m.yükseklikte daha hızlı ve düşük türbülanslı rüzgarlar bulunur. Rüzgar türbini tek bir ev ya da bina için kurulabilir ya da elektrik dağıtım şebekesinin yaygınlığının avantajlarından faydalanmak için şebeke sistemine bağlanabilir.



Şekil 4.Rüzdar türbini kesiti

Kaynak:www.quora.com

Doğal kuvvetlerden enerji toplayan rüzgar türbininin çalışma prensibi mühendisler tarafından takip edilmektedir. En verimli şekilde çalışması ve yüksek hızlı rüzgarlı koşullarda yapılan çalışma süresini arttırması için, yalnızca elektrik üretiminin temelini kapsayan değil, aynı zamanda güçlü akımlar durumunda hasarın etkisini azaltabilecek güçlü bir çerçeve kurmak şarttır. Bu nedenle, hem dönüş mekaniğinin hem de mekanik sürtünme ile elde edilen otomatik reaksiyonların bir formülü olan, takip edilmesi gereken bazı kurallar vardır.



Şekil 5. Rüzgar santralinin bazı bölümleri

Kaynak:www.quora.com

4.5. Rüzgar santrali için örnek bütçe

Türbin sahibi olmanın ekonomisi rüzgar hızı, boyut ve türbin maliyeti, faiz oranları, vergiler ve elektrik fiyatları gibi pek çok etmene bağlıdır. Anahtar sorunlardan biri çiftliğin ne kadar enerji kullanacağı ve üretilen enerjinin ne kadarının şebekeye satılacağıdır. İzaak Walton League tarafından yapılan bir araştırma, rüzgar türbini yatırımının çiftlikte gücün çoğunu veya tamamını kullanması durumunda en hızlı şekilde amortisman sağladığını, çünkü çiftçinin toptan satış fiyatından ziyade perakende fiyatından enerji tasarrufu sağladığını tespit etti.

Rüzgar türbin maliyeti ve amortisman süresi			
Sistem büyüklüğü	Sermaye/ilk maliyet	Yıllık enerji üretimi	Amortisman süresi (Tüm enerji çiftlikte kullanıldığında)
10kW	32.000 \$	20 – 28 MWh	18 – 27 yıl
50 kW	130.000 \$	100 – 150 MWh	12 – 18 yıl
225 kW	325.000 \$	425 – 600 MWh	9 – 13 yıl
660 – 750 kW	800.000-900.000 \$	1.500 – 2300 MWh	6 – 8 yıl

Çizelge 1. Rüzgar türbini maliyet/amortisman tablosu. Elektrik perakende fiyatının 7,5 cent/kWh olduğu, fiyatlarda yıllık %3 artış yaşanacağı, yıllık ortalama rüzgar hızının yerden 50m. Yükseklikte 24,1 ile 28 km/h olacağı varsayılmıştır. Kaynak: Based on datafromwindturbine manufacturersandestimatesfrom Thomas A. Wind, WindUtilityConsulting.

Daha küçük rüzgar türbinleri ile çoğu çiftlik kendi faaliyetlerine yetecek kadar enerji üretebilir. Bununla birlikte küçük türbinlerde üretilen birim enerji maliyeti büyük türbinlerde üretilene göre daha yüksek olduğundan amortisman süresi yüksektir. Bakımları iyi yapılan bir rüzgar türbininin ekonomik ömrünün 30 yıl olduğu düşünüldüğünde, rüzgar santraline yapılacak olan yatırım karlı bir yatırım olabilir. Diğer tüm uzun dönemli yatırımlarda olduğu gibi tüm teknik ve finansal analizleri yatırım yapmadan önce tamamlamak çok önemlidir.

4.6. Rüzgar santrali nasıl kurulur? Rüzgar santrali yapım aşamaları

- Rüzgar Kaynağını İyi Tanımak: Rüzgar tesisinin inşa aşamasındaki en önemli faktör sahanın rüzgar potansiyelidir. Saha çevresinin yıllık ortalama minimum rüzgar hızı 18 – 31 km/h olmak zorunda olduğu dikkate alınmalıdır. Hava alanları ve meteoroloji istasyonlarından sağlanacak yerel hava durumu verileri ortalama değerler hakkında fikir verebilir.
- İletim Hatlarına Olan Uzaklığın Belirlenmesi: Bir rüzgar santrali inşa etmenin maliyetlerini düşürmedeki kritik bir husus, kurulması gereken iletim altyapısı miktarını en aza indirmektir. Yüksek gerilim hatları kilometre başına binlerce dolara mal olabilir. Mümkün olduğunca, bölgeyi seçerken mevcut iletim hatlarına ulaşılabilirlik ve erişim dikkate alınmalıdır.
- Hem özel hem de kamuya ait arazi sahipleri ile iletişim, kendi arazilerinde meydana gelen her türlü rüzgar enerjisi gelişiminin telafi edilmesini sağlayacaktır. Telif veya kira sözleşmelerinin katılan tüm taraflarla tartışılması gerekecektir. Yollar, iletim ekipmanları, bakım altyapısı, türbinler ve benzerleri dikkate alınmalıdır. Dahası, bir rüzgar santralinin inşası, ağır endüstriyel ekipman kullanımını gerektirmektedir. Geliştiricilerin önemli bir ağırlığa sahip olan yollara yatırım yapmaları gerekecektir. Bunu yapmak, toprak sahiplerinin ve bazı durumlarda yerel halkın işbirliğini gerektirecektir.
- Sermayeye Erişimin Oluşturulması: Bir rüzgar çiftliği ucuz değildir. Ortalama olarak, rüzgar enerjisi gelişimi

kurulu megawatt (MW) üretim başına 1 milyon dolar civarındadır. Ölçek ekonomisinden yararlanmak için rüzgar enerjisi tesislerinin 20 MW'ı aşması gerekir. Ortalama rüzgar türbininin 750 kilovat (kW) kapasiteye sahip olduğunu varsayarsak bu, en az 26 türbin kurulumu ve başlangıçta 20 milyon dolarlık bir yatırım anlamına gelir.

- Enerji Alıcısını veya Piyasayı Belirleyin: Bugüne kadar, rüzgar enerjisi piyasadaki en uygun maliyetli yenilenebilir enerji seçeneğidir. Aslında, rüzgar enerjisinin maliyeti, birçok geleneksel enerji üretim teknolojisine rakip olacak kadar düşmüştür. Bununla birlikte, kuruluşlar en ucuz ve en güvenilir teknoloji olarak gördükleri yerden enerji satın alma eğiliminde olacaktır. Günümüzde çoğu durumda bu doğal gazdır. Bu yine de, rüzgar için bir pazar olmadığı anlamına gelmez. “Yeşil güç” talebi (müşterilere birinci sınıf bir fiyata satılan rüzgar gibi temiz kaynaklardan gelen elektrik) ve çevresel gereksinimler, rüzgar enerjisi ve rekabetçi fiyatlar için alıcılar yaratıyor. Binlerce dolarlık rüzgar kaynağının değerlendirilmesine, izin verilmesine ve inşaat öncesi faaliyetlere yatırım yapmadan önce, bir geliştiricinin 10 ila 30 yıldan daha uzun bir süredir faaliyet göstermesi alıcılar için güven sağlayacaktır.
- Bölgeyi Belirleme ve Projenin Yapılabilirliği ile İlgili Hususlar: Bir sitenin rüzgarlı olması, rüzgar enerjisi gelişimi için uygun olduğu anlamına gelmez. Bir yatırımcının bir projeye yer vermede birçok faktörü göz önünde bulundurması gerekir. Örneğin;
- Alanda yüksek yarırtıcı kuş aktivitesi var mı?

- Tesisin varlığı nedeniyle tehlikeye girebilecek, nesli tükenmekte olan veya korunan canlı türleri var mı?
- Sitenin jeolojisi endüstriyel gelişim için uygun mu?
- Gürültü ve estetik yerel halk için sorun olacak mı?
- Türbinler, yerel hava trafiğinin uçuş yolunu tıkayacak mı?

Rüzgar enerjisi tesisinin kurulmasında ele alınması gereken bazı çevresel ve sosyal konular vardır. Rüzgar santralleri büyük komşuluklar oluşturabilir ancak yatırımcı, projenin düzenleyiciler ve yerel topluluk için kabul edilebilir bir şekilde ilerlemesini sağlamaya çalışması zorunludur.

- Rüzgar Enerjisinin Ekonomisini Bilin:

Bir rüzgar santralının maliyet ve üretkenliğine katkıda bulunan birçok faktör vardır. Örneğin, bir rüzgar türbininin üretebileceği güç, sahasındaki ortalama rüzgar hızının küpünün bir fonksiyonudur; bu, rüzgar hızındaki küçük değişikliklerin verimlilik ve elektrik maliyetinde büyük farklar yaratacağı anlamına gelir. İlave olarak, bir türbin rotorunun süpürme alanı, bıçak uzunluğunun karesinin bir fonksiyonudur (rotor süpürme alanının yarıçapı). Bıçak uzunluğundaki mütevazı bir artış, enerji alımını ve maliyet etkinliğini artırır. Finansman yöntemleri de proje ekonomisinde önemli bir fark yaratabilir. Yatırım sermayesini güveneye almak veya projeye ortak bulmak maliyetleri önemli ölçüde azaltabilir. Ayrıca proje niteliğini artırıp maliyetleri azaltacak ve yatırımcıları cesaretlendirecek hükümet teşvikleri de mevcuttur.

- İmar vs. İzinler Konusunda Uzmanlık:

Herhangi bir enerji projesini konumlandırmak sektördeki baş döndürücü sosyal ve çevresel faktörler nedeni ile göz korkutucu bir iş olabilir. Rüzgar enerjisini düzenleyen kurum ve kuruluşlara

aşına olan profesyonellerden hizmet alımı iyi bir fikir olacaktır. İlave olarak yerel politik iklimleri bilen yasal bir danışman izin ile ilgili prosedürlere de yardımcı olabilir.

- Türbin Üreticileri ve Proje Geliştiricilerle Diyalog Kurmak:

Benzer güç oranlarına rağmen rüzgar türbinleri birbirlerinden farklıdır. Bazıları düşük rüzgar hızlarında daha verimli çalışmak üzere tasarlanmışken bazıları da daha sert rüzgar rejimlerine uygundur. Potansiyel bir rüzgar enerjisi yatırımcısının çeşitli varyasyonları araştırması ve mevcut sistemlerin performansını karşılaştırması akıllıca olacaktır. Dahası, not edilecek bilgiler ve hatta rüzgar enerjisi geliştiricilerinden alınacak profesyonel hizmetlerin yardımı dokunacaktır.

- Kalite Güvencesi İhtiyaçları:

Rüzgar türbini teknolojisi son yıllarda büyük bir atılım yapmıştır. Günümüz sistemleri, öncellerinden çok daha verimli ve daha düşük maliyetlidirler. Bununla birlikte daha karmaşıklardır. Türbin güvenilirliği proje başarısındaki en önemli faktördür ve sisteminizi bilen deneyimli profesyonellerin bakım hizmetleri vermesi paha biçilmez olabilir. Ayrıca türbin üreticileri kalifiye proje operatörlerinin sahada olup ekipmana daha iyi bir koruma sağlayacağını bilerek daha uygun garanti koşulları sağlayabilirler.

4.6.1. Rüzgar elektrik enerji fiyat ve trendleri

Rüzgar enerjisi sermaye yoğun bir yatırım olmakla birlikte yakıt tüketim maliyeti içermez. Bu yüzden rüzgardan elde edilen elektrik enerjisi fiyatı daha stabil olup fosil yakıtlar piyasasındaki fiyat dalgalanmalarından etkilenmez. Sistem işletmeye alındıktan sonra kWh başına enerji maliyeti genellikle 1-\$'den azdır. Bununla birlikte, birim enerji başına tahmini ortalama maliyet,

türbin ve iletim tesislerinin yapım maliyetini, kullanılan fonların maliyetini, yatırımcılara geri dönüşü (risk maliyeti dahil), tahmini yıllık üretim ve ömürleri yirmi yılı aşan ekipmanların kullanım sürelerinin ortalamasını içermelidir. Enerji maliyeti tahminleri bu varsayımlara büyük ölçüde bağlıdır, bu nedenle yayınlanan maliyet rakamları büyük ölçüde farklılık gösterebilir. 2004 yılında kurulan rüzgar santrallerinin enerji maliyeti 1980 lerde yapılanların beşte biri kadar oldu ve oluşacak birkaç megawattlık daha büyük projelerle bu maliyetin daha da düşeceği ön görülüyordu. 2012 yılında rüzgar santrallerinin yatırım maliyeti 2008 – 2010 dönemine göre daha düşük olmakla birlikte 2002 maliyetlerinin üzerindedir. Amerikan Rüzgar Enerjisi Birliği tarafından yayınlanan 2011 tarihli raporda “rüzgar enerjisi maliyetleri son iki yılda 5 ile 6 cent’e kadar düşerek kömürden elde edilen maliyetin 2 cent kadar altına gelmiş ve daha fazla proje finanse edilmiştir. Wall Street’in bankalarının donanım üreticilerinden daha fazla ana kabulü kazanmasıyla geçen yıl vergi eşitliği yapılarından daha fazla borç düzenlemesiyle ekipman üreticileri, aynı yıl içinde, önceki 5,600 MW’lık yeni kurulu sistemde olduğu gibi üç yıla kadar beklemek yerine sipariş verdikleri ürünleri de teslim edebilirler. Amerika Birleşik Devletleri’ndeki kapasite, 2010’daki bu noktada sayının iki katından fazladır. 2005’ten bu yana Amerika Birleşik Devletleri’nde inşa edilen tüm yeni enerji üretiminin yüzde otuz beşi, birleşik yeni gaz ve kömür santrallerinden daha çok rüzgardan geldi ve enerji tedarikçileri, tahmin edilemeyen emtia fiyat hareketlerine karşı uygun bir korunma olarak giderek daha fazla rüzgar enerjisi almaya başlıyor.” İfaresi kullanılmıştır.

4.6.2. Avrupa’da rüzgar santrali kurmak için gerekenler

Bir rüzgarsantralının inşası planlarını ilgilendiren herkese ve tabii ki çiftliği yetkilendirmeye karar verecek olan kamu makamlarına sunmak için kapsamlı çalışma gerektirir. Rüzgar santrali inşası için ya ilgili ilçe yönetiminden izin alınmalıdır ya da yerel otoriteden ihtiyati önlemler içeren inşaat ruhsatı almanız gereklidir. Önerilen bir rüzgar santralının değerlendirmesi genellikle halka açık ve tüm tarafların görüşlerini dile getirdiği bir tartışma ortamında yapılır. Yatırımcının ayrıca bölge ile ilgilenen tüm kamu makamları ve işletmelerle temas kurması gereklidir. Bu kurumlar içerisinde silahlı kuvvetler, sivil havacılık kurumları, telekomünikasyon operatörleri, orman bakanlığının bağlı kuruluşları, acil durum kuruluşları, denizcilik idaresi, doğal hayatı koruma dernekleri, ornitoloji dernekleri ve yerel mirası koruma kurumlarını içerebilir.

4.6.3. Hükümetlerin rüzgar santrallerinden talepleri

Asıl izin sürecini başlatmadan önce yerel makamlarla ve toprak sahipleri ile görüşerek bölge hakkında bir fikir sahibi olmaya çalışmalıyız. Sonrasında 30 farklı kamu otoritesine bölgenin rüzgar enerjisi yatırımı ile ilgili fikirlerini alma amaçlı danışma talebi göndermeliyiz. Ayrıca kuş, yarasa, kültürel çevre/arkeoloji ve biyotipler, bitkiler ve doğal özellikler üzerinde anketler de yapılmalıdır. Önerilen türbin sahasının çevresinde yaşayan herkese bir bilgi paketi gönderilmeli ve bilgilendirme toplantıları düzenlenmelidir. Sonrasında uygulamamıza dahil ettiğimiz bölge için bağımsız bir danışmana, asıl başvuru esnasında da kullanacağımız bir çevre değerlendirme raporu hazırlatmalıyız. Ayrıca, tüm türbinlerin önerilen yerlerini gösteren haritalar oluşturmalı, ses ve gölge etkilerinin tahminlerini yapmalı ve daha sonra planla-

nan rüzgar türbinlerini gelecekteki ortamlarında gösteren foto-montajlar üretmek için kullandığımız farklı açılardan fotoğraflar çekmeliyiz. Tüm bakış açılarını değerlendirerek başvuru yapmalı ve yürürlükteki çevre ile ilgili yasalara aykırı olmayan bir rüzgar santralının nasıl tasarlanacağına karar vermeliz. Kararda çevreyi rahatsız edebilecek herhangi bir hususun ölçülmesi ve izlenmesi zorunluluğu da bulunmalıdır. Bu ölçümler her yıl bir çevre raporu ile yerel yönetime bildirilmelidir.

5. ÖRNEK UYGULAMA



5.1. Bilecik-Kütahya Rüzgar Türbinleri

Bilecik-Kütahya, Eskişehir'deki 10 yıllık Ar-Ge tesisinin yanı sıra 5 farklı bölgede beş bin megawatt kapasiteli gerçekleştirilecek olan rüzgar türbini ile Türkiye'nin rüzgar teknolojisi üretim merkezi olmayı hedefliyor. Bu yatırımın en az 1 milyar dolar olması beklenirken Türkiye'nin en büyük enerji projesi olan Keban Barajı'nın ürettiği enerjiye yakın bin Megawatt gücü rüzgardan elde edecek.



5.2. Türkiye'nin ilk açık deniz rüzgar santrali

Türkiye, Avrupa'da rüzgar enerjisi kapasitesini 2017 yılına kadar artıran Avrupa'daki dördüncü ülke olarak ilk açık deniz rüzgar çiftliğini kurmaya hazırlanıyor. Üretim kapasitesi yüksek olan açık deniz üretimine olan ilgi gün geçtikçe artmakta. Türkiye, son yıllarda yarattığı atılımlarla rüzgar enerjisinde küresel oyuncuların biri haline geldi. Küresel Rüzgar Enerjisi Konseyi'ne (GWEC) göre, geçen yıl dünyanın kurulu rüzgar enerjisi kapasitesi bir önceki yılda 52.753 megawatt artarak 539.651 megawatt'a yükseldi. Türkiye, dünyada 6.857 megawatt kapasite ile rüzgar enerjisi alanında 11. sırada yer almaktadır. Onuncu sırada bulunan İtalya, 9.479 megawatt kapasiteye sahip. Geçtiğimiz günlerde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı Berat Albayrak, kısa vadede Türkiye'nin ilk 10'u zorlayacağını söyledi. Türkiye Enerji ve Madencilik Forumu'nda konuşan Albayrak, "Güneş ve rüzgarda yeni 1000 megawatt'lar üzerinde çalışmaya başladık. Her şeyden önce rüzgarda dünyanın en büyük açık deniz projesini hazırlıyoruz. Proje, Türkiye'nin ilk açık deniz rüzgar projesi olacak.



5.3. 40 MW Ayça Rüzgar Santrali/Çanakkale

Yakın Yenilenebilir Enerji, Çanakkale'nin Bayramiç ve Ayvacık İlçelerinde 40 MW kapasiteli Ayça Rüzgar Enerji Santrali inşa edecek. 2130 MW rüzgar enerjisi kapasitesinin 740 MW'lık son aşaması altında lisanslı olan Ayça RES'in kurulması ve geçen yıl Türkiye Elektrik İletim Şirketi'nin (TEİAŞ) ön ihalesi başladı. 45 milyon dolarlık proje kapsamında, 1 MWe / 1MWm'de 40 rüzgar türbini ile toplam 122.640.000 kilovat saat elektrik üretilecek. Üretilen elektrik, 154 kV ~ 20 km 1272 MCM EHH ve 154 kVMaslaktepe RES TM ile 18 km 1272 MCM EHH bağlantısı ile kurulması planlanan 154 kV Ayvacık TM bağlantısı ile birbirine bağlanan sisteme bağlanacaktır.



5.4. Bilgin RES'den Çanakkale'ye 303 MW'lık dev

Bilgin Enerji, Çanakkale'ye 303 MW gücünde rüzgar enerjisi santrali kurmaya hazırlanıyor. Bilgin Enerji Yatırım Hol-

ging'e bağılı Bilgin Rüzgar Santrali Geliştirme şirketi 101 türbinden oluşan "Çınarpınar RES 303 MWm/303MWe (101 x 3 MWm/3MWe)" 303 MWm/303MWe kapasiteye sahip rüzgar santralini Çanakkale'nin Ayvacık ve Ezine bölgesine kurup işletmeyi planlıyor. 50.000.000 TL değerindeki proje kapsamında yıllık 930.000.000 kWh enerji üretilecek ve 154kV iletim hattı ve Trafo Merkezi ile Ulusal Elektrik Sistemine bağlanacak. Araslanlıvillages of Ezine district.

Proje, Ayvacık ilçesi sınırları içerisinde, Çınarpınar, İlyasfakı, Büyükhusun, Kozlu, Paşaköy, Kulfal, Tamiş, Tabaklar, Çamköy, Taşboğaz, Kestanelik, Naldöken, Tuzla ve Köseedere köylerinin sınırları içerisinde yer alacak. Kalan 22 türbin, Ezine ilçesinin Tavaklı, Belen, Köseler, Yaylacık, Sarpdere ve Araslanlı sınırları içerisinde kurulacak.



5.5. Fantanele-Cogealac Rüzgar Parkı

CEZ Grubu, 600 MW kurulu güce sahip en büyük sahil rüzgar çiftliğini işletmektedir. 1 Haziran 2010'da ilk 240 rüzgar türbininden oluşan projesinin ilki başlatıldı ve 21 Kasım 2012'de ÇEZ 240ncı rüzgar türbinini şebekeye bağladı Romanya'daki Fantanele-Cogealac Rüzgar Santrali, İskoçya'daki rakibini aştı ve böylece Avrupa'daki en büyük kıyı rüzgar çiftliği haline geldi. Geçtiğimiz yıl, portföyündeki rüzgar çiftliği ile CEZ, Romanya'daki yeşil sertifikalarda pazarın % 40'ından fazlasını elinde tuttu. Fantanele-Cogealac Rüzgar Çiftliği, Romanya'nın Dobruja

eyaletinde, Karadeniz kıyılarına sadece 17 kilometre mesafedeki 12 ila 6 kilometre mesafedeki bir bölgede yer almaktadır. Proje, her biri 2,5 MW'lık kapasiteye sahip GE 2,5 XL rüzgar türbinlerinin kurulumundan oluşmaktadır. Birimler 100 metre yüksekliktedir ve ortalama 99 metre rotor çapına sahiptir. Proje çevreye azami önem verilerek planlanmıştır. Seçilen yerdeki rüzgar koşulları mükemmel. Tamamlandığında, rüzgar çiftliği projesi Romanya'daki yenilenebilir enerji pazarının (büyük hidroelektrik santralleri dahil) neredeyse % 10'unu temsil edecek. Romanya, enerji üreticilerine Yeşil Sertifikalar vererek yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimini destekliyor.

5.6. Věžnice Wind Park

Vyžčice bölgesi bölgesinde Vyžnice yakınlarında birkaç modern rüzgâr santrali 2009 yılının sonunda faaliyete geçti. CEZ tarafından işletilen tesis 3 bin hanenin talebini karşılayacak kapasiteye sahip. Tasarımın genel satıcısı ŠKODA PRAHA Invest. Birimin 2 MW'lık kurulu gücü, Alman şirketi olan REpower Systems tarafından sağlandı.

5.7. Vysočina'dan temiz güç

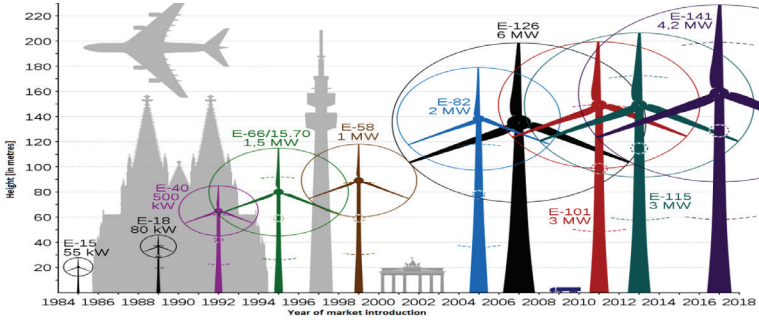
Bölge, iyi rüzgar koşullarına sahip, 500 metreyi aşan bir rakımda Polná ve Přibyslav arasında yer almaktadır. Rüzgar hızı, 100 metre yükseklikte ortalama 6-7 m / s'ye ulaşır. Tasarım çalışmaları 2004 yılında Věnnice belediyesinin özel mülk sahiplerinin toprakları üzerinde başlamış ve başlangıçta sekiz birim olarak kabul edilmiştir. İzin sürecinin kendisi üç yıl sürdü ve ne yazık ki Çek koşullarında olağan olan diğer gecikmelerle birlikte gerçekleşti. CEZ Yenilenebilir Kaynakları, inşaat izni dahil tüm tasarımı belediyeden satın aldı ve tüm projeyi başarıyla tamamladı.



5.8. Svitavsko bölgesinden temiz enerji

Bölge, iyi rüzgâr koşulları ile 400 metreyi aşan bir rakımda Litomyšl ve Svitavy arasında yer almaktadır. Rüzgâr hızı, 100 metre yükseklikte, ortalama 6-7 m / s'ye ulaşır. Tasarım çalışmaları, 2004 yılından itibaren Š-Bet şirketinin özel sahiplerinin arazisinde başladı. CEZ RenewableSources şirketi, inşaat ruhsatı da dahil olmak üzere tasarımın tamamını satın aldı ve projenin tamamını başarıyla tamamladı.

Üretici	WikowWind, a. s.
Rüzgâr Santrali Tipi	W 2000 SPG
Anma Gücü	2 000 kW
Rotor ekseninden yükseklik	80 m
Rotor Çapı	80 m
Toplam Yükseklik	120 m
Kule Çapı	4,3 m
Toplam Ağırlık	275,7 ton
İnşaat Dönemi	Nisan - Ağustos 2009 (toprak işleri, montaj, ayar, işletme öncesi test)



Şekil 6. Avrupa Birliği'nin Pazar beklentisi

Kaynakça

Çelik, K., Baytekin, H., Kalmış, H., Çelik, H., 2017. Tarımsal Uygulamalarda Yenilenebilir Enerji Kullanımı. Sonçağ Yayıncılık Matbaacılık, Ankara.

<http://energyinformative.org/wind-energy-pros-and-cons/>

<https://www.cez.cz/en/power-plants-and-environment/wind-power-plant/janov.html>

AmericanWindEnergyAssociation, 10 Steps in Building a Wind Farm

<http://www.stelr.org.au/wind-energy/>

https://en.wikipedia.org/wiki/Wind_power