

2P277

YILDIZ TEKNİK UNIVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTUSU

ELEKTRİK ENERJİSİNİN
ÇEVRE ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MUH. RAŞİT ATA

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

İSTANBUL 1993

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	1
2. ELEKTRİK ENERJİ ÜRETİM TESİSLERİ	
2.1. Hidrolik Santraller	4
2.1.1. Baraj Gövdesi	5
2.1.2. Su Alma Tesisleri	5
2.1.3. Tüneller	6
2.1.4. Denge Bacaları	7
2.1.5. Cebri Borular	8
2.1.6. Izgaralar ve Izgara Temizleyicileri	9
2.1.7. Türbinlerden Önceki Kapama Organları	10
2.1.8. Dip Savak Vanaları	10
2.1.9. Hidrolik Türbinler	11
2.2. Buhar Santralleri	13
2.2.1. Buhar Santrallerinin İç Yapısı	13
2.2.2. Buhar Santrallerinin Dış Yapısı	16
2.2.3. Buhar Kazanları	16
2.2.4. Buhar Kazanlarının Yardımcıları	18
2.2.5. Buhar Türbinleri	23
2.2.6. Buhar Türbinlerinin Yardımcıları	23
2.3. Nükleer Santraller	25
2.3.1. Termal Reaktör	25
2.3.2. Termal Reaktör Tipleri	27
2.3.3. Hızlı-Üretgen Reaktör	29
2.4. Santrallerin Elektrik Tesisleri	31
2.4.1. Elektrik Makinaları	31
2.4.2. Kumanda-Kontrol ve Koruma Donanımları	33
2.5. Enerji İletim Hatları	34
3. ELEKTRİK ENERJİ ÜRETİM TESİSLERİNİN ÇEVRE ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ	
3.1. Hidrolik Santrallerin Çevre Üzerindeki Etkileri	37
3.1.1. Biyolojik Çevreye Etkileri	37

3.1.2. Fiziksel Çevreye Etkileri	38
3.1.3. Sosyal Çevreye Etkileri	40
3.2. Termik Santrallerin Çevreye Etkileri	41
3.2.1. Genel Olarak Termik Santraller	49
Yatağan Termik Santrali	51
Yeniköy Termik Santrali	53
Kemerköy (Gökova) Termik Santrali	54
Soma Termik Santrali	55
Aliaga Gencelli Termik Santrali	55
3.2.2. Termik Santrallerde Uçucu Kül Problemi ve Bunların Değerlendirilmesi	57
3.2.3. Termik Santrallerde Baca Gazı Kirliliği ve Önlenmesi	59
3.2.4. Baca Gazı Desülfürizasyon (BGD) Teknolojileri ..	62
Kireçtaşı-Alçıtaşı (K-A) Prosesi	62
Kuru Yıkama Sistemleri	63
3.2.5. Termik Santraller İçin Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) Projesi	65
3.3. Nükleer Santrallerin Çevreye Etkileri	66
3.3.1. Nükleer Santraldan Çevreye Atılan Atık Isı	67
3.3.2. Nükleer Güç ve Radyoaktivite	68
3.3.3. Nükleer Santral Kimyasal Atıkları	70
3.3.4. Radyoaktif Atıkların Etkisi	71
3.4. Nükleer Reaktör Atıkları	72
3.5. Radyoaktif Atıkların Saklanması ve Elden Çıkarılması	73
3.6. Çernobil Nükleer Santrali	74
3.6.1. Kazanın Oluşumu ve Radyoaktif Maddelerin Yayılışı	74
3.7. Radyasyon ve İnsan	76
3.7.1. Temel Kavramlar	76
3.7.2. Maruz Kalınan Radyasyon Dozlarının Hesaplanması	78
3.7.3. Bir İnsanın Alabileceği Radyasyon Dozu	79
3.7.4. Radyasyonun Genetik Etkileri	81
3.7.5. Çernobil Kazasının Türkiye'deki Bugünkü Etkileri	82

4. ÇOK DÜŞÜK FREKANSLI (ELF) ALANLARININ

CANLILAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

4.1. Doğru Akım ve Elektrik Alanlarının Biyolojik

Dokularla Etkileşimi83

4.2. Çok Düşük Frekanslı Elektrik Alanlarının

Biyolojik Dokularla Etkileşimi85

4.3. Deney Hayvanları Üzerinde Yapılan Çalışmalar88

4.4. ELF Alanlarının İnsan Üzerine Etkileri89

4.5. İnsanlar ve Kobaylar Üzerindeki Fiziksel İç Etkileri 91

4.6. Doğal Elektrik Alanlar92

4.7. Yapay Elektrik Alanları93

4.7.1. Yüksek Gerilim İletim Hatları93

4.7.2. İletim Hatları ve Dağıtım Merkezleri

Yakınındaki Elektrik Alanları94

4.7.3. İletim Hatları Yakınındaki Manyetik Alanları ..96

4.8. İletim Hatlarının Korona ve Gürültü Etkileri98

4.9. 380 kv'luk İletim Hatlarının Havanın Kirlenmesindeki

Rolu99

4.9.1. Havadaki Ozon Yoğunluğu ve Standartlar99

4.9.2. Korona Olayı Sırasında Ozon Gazı Oluşumu100

SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRMELER103

KAYNAKLAR107

ÖZGEÇMİŞ109

ÖZET

Elektrik enerjisi bugün insanların yaşamında çok önemli bir rol oynamaktadır. Öyleki ülkelerin gelişmişlik durumlarının saptanması açısından da önemli bir kriter olarak kabul edilmektedir. Bundan dolayı elektrik enerjisinin üretimi önem kazanmaktadır.

Bu elektrik enerjisinin üretimi esnasında çevresel kaynakların kullanım ve kirlenmesi problemi ortaya çıkmaktadır. Sonradan ortaya çıkabilecek ve düzeltilmesi son derece zor, belkide imkansız durumlara meydan vermemek için sorunu her yönüyle tanımak gerekmektedir.

Elektrik enerji üretim tesislerinden olan termik ve nükleer santrallerin çevre üzerindeki etkileri potansiyel olarak büyük olduğu için araştırmanın odak noktasını bu tesisler oluşturmaktadır.

Ülkemizde planlı bir çevre politikası olmayışı nedeniyle artan sanayileşme ile birlikte çevre sorunları giderek artmakta ve ancak çevre kirlenmesinin oluşmasından sonra, bu kirliliği giderme yönünde çalışmalar yapmak akla gelmektedir. Nitekim Yatağan Termik Santrali'nda böyle olmuştur.

Bu çalışmada elektrik enerjisinin üretimi ve iletimi esnasında çevre üzerindeki etkileri incelenmiş ve sonuçların değerlendirilmesi yapılarak alınabilecek önlemlerle ilgili olarak bir takım proseler ortaya konmuştur. Ayrıca enerjinin taşınması esnasında insan sağlığına olabilecek etkileri de ortaya konmuştur. Enerji kaynaklarının geliştirilmesinde çok yönlü planlamanın gerekliliği ve özellikle termik santraller için Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) raporu'nun önemi vurgulanmıştır.

ZUSAMMENFASSUNG

Die elektrische Energie ist heute sehr wichtig in unserem Leben. Die Menschen brauchen elektrische Energie wie Wetter, Wasser und Brot. Deswegen wird elektrische Energie notwendig ein elementarstes Lebensbedürfnis.

Die elektrische Energie ist eine universell einsetzbare Erdenergieform, die sich leicht in andere Energiearten (mechanische Energie, Wärme, Licht) umwandeln lässt. Elektrische Energie kommt direkt verwertbar in der Natur nicht vor. Sie muss daher durch Umwandlung aus anderen Energieträgern bzw. Energieformen gewonnen werden.

In dieser These wird über die Umweltwirkungen von elektrischer Energie gesprochen. Diese sind Schadwirkungen beim Betrieb von Kernkraftwerken, Wasserkraftwerken und Wärmekraftwerken. Nämlich, Während die Erzeugung - Transmission und Verbrauch von elektrischer Energie sind die bestehenden Umweltprobleme durchgesucht werden.

Bei der Anwendung der Kernenergie besteht die langfristige Gefahr in der Produktion langlebiger radioaktiver Stoffe, die als Atommüll für Jahrhunderttausende sicher gelagert werden müssten. Es besteht derzeit noch kein akzeptables Verfahren zur sicheren Endbeseitigung hochaktiven Atommölls und es ist unsicher, ob in Zukunft solche Verfahren entwickelt werden können (Das Problem der radioaktiven Abfälle). Ein Teil der in Kernkraftwerken erzeugten radioaktiven Substanzen wird ausserdem beim Betrieb oder bei Störfällen an die Umwelt abgegeben.

Beim Betrieb von Wärmekraftwerken wird Schwefel Dioxid und Asche besteht. Diese Schadstoffe besteht die Umweltwirkungen.

In diesem Zustand soll alternativen den Energiequellen benutzen. Weder unersetzbare Energierohstoffe verbraucht noch die Umwelt durch langlebige Schadstoffe belastet wird, so die Sonnenenergie, die Windenergie, die Energie aus dem Erdinnern und das Biogas, die in eigenen Artikeln dargestellt werden.



BÖLÜM 1

GİRİŞ

Ülkelerin endüstrileşmelerinin, ekonomik ve sosyal hayatlarının en öndegelen unsurlarından biri olan elektrik enerjisi, yaşamın ana maddeleri olan hava, su ve ekmek kadar zorunlu bir ihtiyaç haline gelmiştir. Bundan dolayı yılda kişi başına tüketilen enerji, ülkelerin gelişmişlik durumunun saptanması açısından önemli bir kriter olarak kabul edilmektedir.

Bugün elektrik enerjisi, kolayca diğer enerji türlerine dönüştürülebilmektedir. Endüstride giderek artan bir şekilde kullanılması, sosyal ve ekonomik yaşantının gelişmesi ile evlerde elektrik enerjisine yönelik tüketimin artması gibi nedenlerle özellikle bu enerjinin eksikliği yoğun bir şekilde hissedilmektedir. Bundan dolayı elektrik enerjisine büyük önem verilmekte ve milli gelirden elektrik enerjisi üretim imkanlarının geliştirilmesi için büyük paylar ayrılmaktadır.

Bu elektrik enerjisinin üretimi esnasında çevresel kaynakların kullanım ve kirlenmesi problemi ortaya çıkmaktadır. Sonradan ortaya çıkabilecek ve düzeltilmesi son derece zor, belkide imkansız durumlara meydan vermemek için sorunu her yönüyle tanımak gerekmektedir.

Elektrik enerji üretim tesislerinden olan termik ve nükleer santrallerin çevre üzerindeki etkileri potansiyel olarak büyük olduğu için araştırmaların odak noktasını bu santraller oluşturmaktadır. Bilim adamları ve araştırmacılar özellikle bu santraller üzerinde titizlikle incelemeler yapmaktadır.

Diğer yandan ülkemizde su gücünün çevreye olabilecek

olumsuz etkileri üzerinde yeteri kadar durulmamıştır. Su gücü potansiyelinin değerlendirilmesi sonucunda, uzun ve kısa vadede ortaya çıkabilecek zararlı etkilerin tahmin edilmesinin ne kadar zor olduğu açıkça görülür.

Su gücü potansiyelinin geliştirilmesi uzun süre ve yoğun kapasite gerektiren yapıların yapılmasını içermektedir. Yapıların gelişimi tamamlandıktan sonra ortaya çıkabilecek zararlı etkilerin giderilmesi için önlemler almak zorlaşmaktadır. Bu yüzden su gücü kaynaklarının geliştirilmesinde ortaya çıkabilecek zararlı etkilerin kestirilmesine, en az, faydalarının tahmin edilmesi kadar önem verilmelidir.

Özellikle termik ve nükleer santrallerin çevreye olan etkileri toplum tarafından daha çok bilindiği için bu tür enerji kaynaklarına gösterilen olumsuz tepkiler de daha büyük olmaktadır. Böyle bir tepkinin son örneğini, ülkemizde Gökova'da kurulma safhasında olan Kemerköy Termik Santrali nedeniyle ortaya konan tepki dolayısıyla gördük.

Ülkemizde planlı bir çevre politikası olmayışı nedeniyle artan sanayileşme ile birlikte çevre sorunları giderek artmakta ve ancak çevre kirlenmesinin oluşmasından sonra, bu kirliliği giderme yönünde çalışmalar yapmak akla gelmektedir. Nitekim, Yatağan Termik Santrali ile ilgili olarak önceden çok uyarılmasına rağmen ancak çevreye etkileri ortaya çıkınca önlem alma yoluna gidilmiştir.

Son dönemlerde özellikle termik santrallerin çevreye etkileri gündemimizde önemli bir yer işgal etmekle birlikte, popüler çevre söyleminin yerini, doğru çevre politikaları ve gelişmiş çevre bilimleri ve teknolojileri almak zorundadır.

Nükleer santraller, Türkiye'de planlama aşamasında olduğundan dolayı bu enerji kaynağına karşı açık bir tepki kamuoyunda oluşmamıştır. Fakat özellikle Çernobil Nükleer

Santralının Avrupa ve ülkemizdeki etkileri üzerine birçok tartışmalar olmuş ve bu santralların kontrolsüz çalıştırılması halinde ne tür etkileri olabileceği ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla ülkemizde planlama safhasında olan bu tür santralların kullanılır hale getirilirken çok dikkatli davranılması gerekmektedir.

Bu çalışmada, ülkemizde kurulan ve kurulma safhasında olan hidroelektrik ve termik santrallarla, planlama safhasında olan nükleer santralların çevreye olabilecek olumsuz etkilerine değinilmiştir, ayrıca bu tesislerde üretilen elektrik enerjisinin taşınması sırasında çevreye ve insan sağlığına olabilecek etkileri de ortaya konmuştur. Enerji kaynaklarının geliştirilmesinde çok yönlü planlamanın gerekliliği ve özellikle termik santrallar için Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) raporu'nun önemi vurgulanmak istenmiştir.

BÖLÜM 2

ELEKTRİK ENERJİ ÜRETİM TESİSLERİ

Enerji üretim tesislerinin çevreye etkilerini belirlemek ve bu etkilerin çözüm yollarını araştırmak için öncelikle üretim tesisinin iyi tanınması gerekir. Bundan dolayı önce enerji üretim tesislerinin özellikle mekanik kısımlarının tanımını aşağıda yapılacaktır.

2.1. Hidroelektrik Santraller

Bu santraller, suyun hidrolik akım enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek için kurulan tesislerdir. Hidroelektrik santral tesisleri tahrik suyunun depolanıp depolanmaması bakımından iki türlü yapılırlar.

1. Depolamalı, yani yapay göllü (barajlı) veya doğal göllü
2. Depolamasız, yani kanal veya nehir üzerine yapılan hidroelektrik santraller

Gerek depolamalı ve gerekse depolamasız olarak yapılan hidroelektrik santral tesisleri aşağıdaki kısımlardan meydana gelirler;

1. Baraj gövdesi ve su alma tesisleri
2. Su iletim tesisleri
3. Santral binası ve tesisleri
4. Santral çıkış suyu tesisleri ile su boşaltma tesisleri

Bunlardan santral binası ve tesisleri içinde hidrolik türbinler, generatörler, transformatörler, salt sahası tesisleri ile hız ve gerilim regülasyonu tesisleri, kontrol-kumanda ve koruma tesisleri ve diğer bir çok yardımcı tesisler gibi elektrik ve mekanik daimi tesisler yer alırlar.

2.1.1. Baraj Gövdesi

Baraj gövdesi statik su basıncı zorlamalarına emniyetle dayanabilecek ve su sızdırmayacak şekilde yapılırlar. Genel anlamda baraj gövdesinin görevlerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz;

- Gerekli olan hidrolik düşüştün elde edilmesine, gerek olan su miktarının depo edilmesine ve istenilen su debisinin alınmasına imkan sağlamak
- Çamurlu, kumlu ve askı maddeli olarak gelen suyun dinlenip temizlenmesini ve türbinlere temiz su alınmasını sağlamak

Baraj gövdesi yapılış şekline göre üç ana gruba ayrılır;

1. Ağırlık Barajları: Bu baraj türünde, suyun itici kuvveti, baraj ağırlığı ile karşılanır. Betondan veya taştan yapılabilir. İtme kuvvetinin karşılanmasını kolaylaştırmak için baraj geometrik yamuk şeklinde yapılır.

2. Kemer Barajları: Bu barajların kalınlığı azdır. Yapım şekilleri yarım ay şeklinde olup, suyun itme kuvveti, barajın kendi ağırlığı ve kemer şeklindeki baraj yapısı tarafından karşılanır. Bu tip barajlar beton ve demir kullanılarak yapılmaktadır.

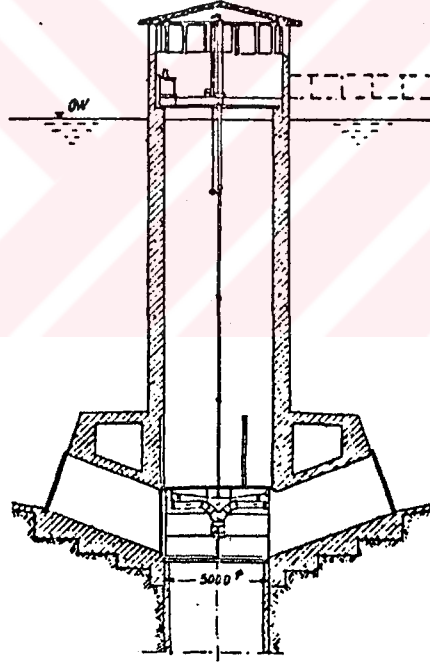
3. Toprak Yığmal Barajlar: Baraj gövdesinin yapılacağı yer, beton baraj yapılmasına uygun bir yer bulunamazsa burada toprak yığmal barajlar kurulur. Bu şekilde yapılan barajlarda suyun itici kuvveti çeşitli cins ve kalınlıkta topraklarla karşılanır. Toprak yığmal baraj gövdelerinin tabanı oldukça geniş yapılır. Killi kum, ince kum, kalın kum ve çakıllarla oluşturulan bu tip barajlarda suyun sızdırmazlığını sağlamak için katmanlar arasına ayrıca killi topraklar da konabilir

2.1.2. Su Alma Tesisleri Kapakları

1. Kızaklı Sürgülü Kapaklar: Bu tip kapaklar basit ve ucuz

oluşları nedeni ile 4 metre su yüksekliğine ve 5 metre genişliğe kadar, küçük su santralleri için emniyetle kullanılabilirler. Su alma yeri genişliği 5 metreden daha geniş olan yerlerde yan yana iki veya daha fazla kızaklı sürgülü kapak bir arada kullanılabilir. Bu tip kapaklar genellikle el ile ve bir dişli çark mekanizması ile açılıp kapatılacak şekilde ağaç kalastan veya çelik sacdan imal edilirler.

2. Silindirik Kapaklar: Bunlar yüksek hidrolik düşülü santrallerin denge bacalarının altında veya hem türbin ve hem de pompaj olarak çalıştırılabilen hidrolik santrallerin üst su depolarında su yolunun açılıp kapatılabilmesi için kullanılırlar. (Şekil 2.1)



Şekil 2.1. Silindirik kapak şeması

2.1.3. Tüneller

Hidrolik santral tesislerinde türbin tahrik suyunun iletimi için kullanılan tüneller, su yüzeyi havaya açık basınçsız tüneller, basınçlı tüneller ve cebri boru tünelleri

olmak üzere üç türlü tesis edilirler.

Tünellerin şekilleri ve özellikleri, tünelin geçireceği su debisine, su basıncına, tünelin yapıldığı arazinin yapısına ve tünelin üzerindeki dağın büyüklüğüne göre değişir. İç basınçların büyük olması halinde tünelin betonarme kaplanması ve beton enjeksiyonu yapılarak özel sızdırmazlık önlemlerinin alınması gerekir.

Su iletim tünellerinin F kesitinin büyüklüğü tünelden geçirilecek olan Q su debisinin ve C su hızının büyüklüklerine göre seçilir.

Değişik tiplerdeki tünellerde su akış hızları aşağıda kaydedilen değerler arasında seçilirler:

Su yüzeyi havaya açık basınçsız ise	$C = 1 \dots 1,5 \text{ m/s}$
İç yüzeyi kaya pürüzlülüğünde basınçlı ise	$C = 1 \dots 2 \text{ m/s}$
İç yüzeyi kaya, ancak pürüzsüz basınçlı ise	$C = 2 \dots 3 \text{ m/s}$
İç yüzeyi beton kaplamalı basınçlı ise	$C = 3 \dots 4 \text{ m/s}$

Hidrolik bakımdan en iyi tünel kesiti dairesel kesittir. Dairesel kesitli tüneller çok sağlam olarak yapılabilirler. İçindeki su üst yüzeyi açık havaya irtibatlı olan basınçsız su iletim tünellerinde "doldurma açısı" olarak nitelendirilen ϕ açısı, $\phi = 300^\circ$ olduğunda tünelden en iyi bir yararlanma sağlanabilmektedir.

2.1.4. Denge Bacaları

Cebri boru veya tünelde anii olarak meydana gelebilecek olan geçici basınç yükselmeleri veya geçici basınç düşmeleri, suyun kütlelesel ataleti ve su ile cebri borunun elastikiyeti nedeni ile bazı tesislerde tehlikeli boyutlara ulaşabilir.

Hidrolik santralların cebri borularında veya tünellerinde

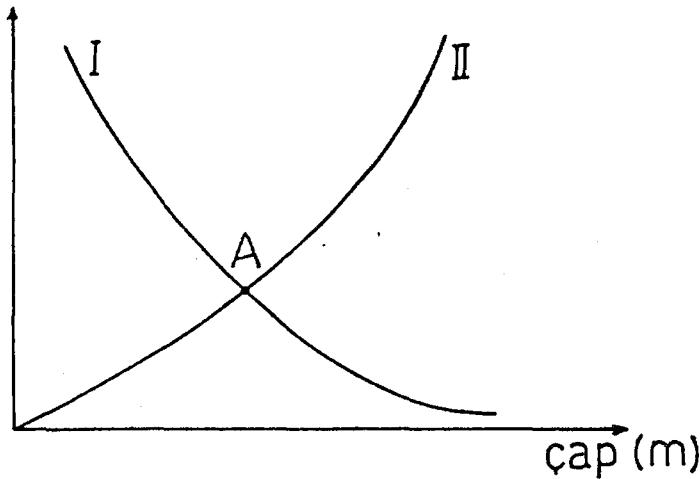
meydana gelen ani basınç darbelerinin cebri boruya ve tünele zarar vermesini önlemek amacı ile cebri boruların baş tarafına ve basınçlı tünellerin sonuna denge bacaları tesis edilir. Tesis edilen bu denge bacaları sayesinde cebri borularda meydana gelen ani geçici basınç darbelerini söndürmek mümkün olur.

Denge bacaları betonarme olarak veya çelik saçlardan kaynaklanmak suretiyle yapılırlar.

2.1.5. Cebri Borular

Cebri borular, tünel ile türbin salyangozu arasında veya doğrudan doğruya su alma tesisleri ile türbin salyangozu arasında tesis edilen ve genellikle çelik sac levhaların bükülüp kaynak edilmesi ile imal edilen dairesel kesitli su iletim tesisleridir.

Cebri boruların çapları öyle uygun seçilmelidir ki cebri borudan geçen suyun C hızı en uygun değerde olsun ve gerek cebri borudaki enerji kaybı ve gerekse cebri borunun tesis masrafları ile bu masrafların faiz ve amortismanları minimum olsun.



Şekil 2.2. A- En uygun cebri boru çapını veren nokta

I- Enerji kayıpları eğrisi

II- Tesis bedeli, faiz ve amortismanlar eğrisi

Cebri borularda su hızının büyük seçilmesi, cebri boru çapının küçük olarak yapılmasını ve cebri borunun ilk tesis masrafı ile faiz ve amortismanlarının düşük olmasına imkan sağlar. Ancak, bu durumda işletme esnasında sürtünme kayıplarının büyümesi nedeni ile enerji kayıpları artar. Cebri borudaki su hızının küçük seçilmesi ise cebri borudaki enerji kayıplarının azalmasına imkan sağlarken, cebri boru çapının büyük seçilmesi ve cebri borunun ilk tesisi için fazla masraf yapılmasını gerektirir. Bu sebeptendir ki hem enerji kayıpları ve hem de tesis masrafları ile faiz ve amortismanlar yönünden en uygun boru çapının belirlenmesi gerekir.

2.1.6. Izgaralar ve Izgara Temizleyicileri

Ağaç yaprakları, ot, yosun, dal parçaları gibi pek çok yüzer yabancı maddelerin tünel ve cebri boru gibi kapalı su yollarına girmesi ve oradan da türbin ayar kanatlarının aralıklarına veya türbin rotoru kanatlarının aralıklarına ulaşması son derece sakıncalı sonuçlar doğurur.

Bu sebeptendir ki suyun getirdiği yüzer yabancı cisimlerin daha tünele ve cebri boruya girmeden önlenmesi gerekir. Bunun için kanal tipi ve nehir tipi hidrolik santrallerin su alma tesislerine ızgaralar yerleştirilir. Böylece tahrik suyunun getirdiği yüzer yabancı maddelerin ızgaralara takılması ve tünele, cebri boruya oradan da türbin ayar kanatlarının aralıklarına veya türbin rotorunun kanatlarının aralıklarına girmesi önlenmiş olunur.

Yapay ve doğal göllü hidrolik santrallerin su alma tesislerine de, kanal tipi veya nehir tipi hidrolik santrallerin su alma tesislerinde olduğu gibi ızgaralar yerleştirilirler. Ancak, bu tip santrallerin su alma tesislerindeki ızgaraların tıkanma ihtimali çok zayıf olduğundan ızgara temizleme tesislerinin kurulmasına gerek görülmez.

2.1.7 Türbinlerden Önceki Kapama Organları

Küçük hidrolik düşümlü kanal tipi veya nehir tipi hidrolik santrallarda türbinlerden önce kapama organı olarak kızaklı sürgülü kapakların veya makaralı kızaklı kapakların kullanılması yeterli emniyeti sağlayabilir. Fakat, yüksek hidrolik düşümlü santrallarda kapama organı olarak türbinlerden önce daha hızlı açılır-kapanabilir ve daha emniyetli kapama organlarının kullanılması gerekir.

Orta hidrolik düşümlü santrallarda cebri boruların sonunda ve türbinlerden önce kapama organı olarak kelebek vanalar kullanılır.

Yüksek hidrolik düşümlü ve uzun cebri borulu santrallarda ise cebri boruların baş tarafında kelebek vanalar veya silindirik kapaklar, cebri boruların sonunda ise küresel veya dairesel vanalar kapama organı olarak kullanılırlar.

Uygun vana seçimi, hidrolik düşüme, cebri boru çapına, kapama organının tesis edileceği yerin hacmine, kapama organının tesis bedeline ve istenilen işletme emniyeti derecesine bağlı olarak birçok etkenin gözönünde bulundurulması ile saptanır.

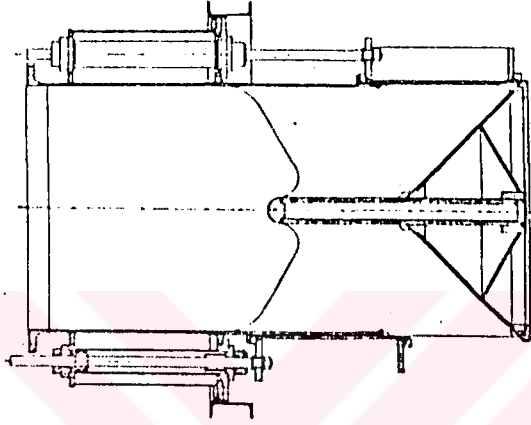
Ancak, kelebek vanalar 7-8 metre çaplara ve 250-300 metre su düşülerine, küresel vanalar 4-5 metre çaplara ve 600-700 metre su düşülerine ve dairesel vanalar ise 3-4 metre çaplara ve 1000 metre su düşülerine kadar kullanılabilirler.

2.1.8 Dip Savak Vanaları

Yapay göllü hidrolik santrallarda gölde depolanan suyun herhangi bir nedenle bir miktar boşaltılması gerekebilir. Bu gibi hallerde, türbinlerden bırakılan sudan başka ilave bir su miktarının daha boşaltılabilmesi için dip savak vanaları kul-

lanılır.

Dip savak vanaları baraj gövdelerinin dibinde veya baraj dip kısmına bağılı olan tünellerin içinde tesis edilirler. Dip savak vanası olarak genellikle kelebek vanalar veya konik başlıklı jet vanalar kullanılır.



Şekil 2.3. Bir konik başlıklı jet vana şeması.

Emniyet ve güvenirliliğin sağlanması amacı ile dip savak tesislerinde genellikle kelebek vana ile konik başlıklı jet vana birlikte kullanılırlar ve dip savak cebri borusunun son ucuna önce kelebek vana ve kelebek vananın arkasına da konik başlıklı jet vana yerleştirilirler.

2.1.9. Hidrolik Türbinler

Hidrolik türbinler, suyun hidrolik akım enerjisini devamlı olarak döner çarklar yardımı ile mekanik enerjiye çeviren döner hidrolik makinalardır. Hidrolik türbinlerde türbin rotoru kanatlarının aralıklarından geçirilen suyun basınç enerjisi ile hız enerjisi, dönen türbin rotorunun kanatlarının aralıklarında mekanik enerjiye dönüşürler.

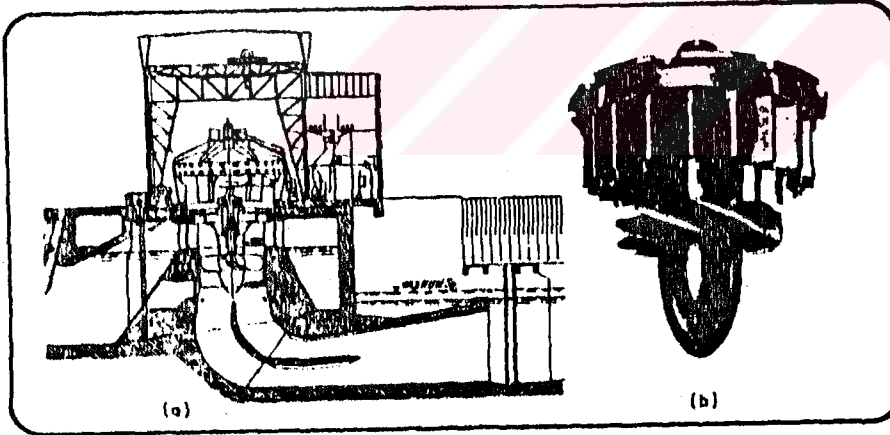
İşletme tarzlarına, yapılış şekillerine, hidrolik düşüye ve su akımının rotordaki yönüne göre hidrolik türbinleri

çeşitli sınıflandırmalara tabi tutmak mümkündür. Ancak, genellikle, hidrolik türbinleri "üst basınç türbinleri" ve "serbest püskürtmeli türbinler" olmak üzere iki ana gruba ayırmak mümkündür.

1. Üst Basınç Türbinleri

Bu gruba "Fancis" ve "Kaplan" tipi hidrolik türbinler girmektedir. Bu tip türbinlerde enerji değişimi için türbin rotorundan başka rotordan önce ayar mekanizmasının ve rotordan sonra da emme borusunun tesis edilmesi gerekmektedir.

Bu tip türbinlerde, türbin rotoru kanatlarının aralıklarında suyun giriş basıncında bir düşme meydana gelir ve su basıncında meydana gelen bu düşme, suyun hızlanmasına sebep olur.



Şekil 2.4. Kaplan türbini ve türbin rotoru.

2. Serbest Püskürtmeli Türbinler

Bu gruba "Pelton" tipi hidrolik türbinler girmektedir. Bu tip türbinler yüksek hidrolik düşüler ve küçük su debileri için kullanılmaktadırlar.

Pelton tipi hidrolik türbinlerde düze memesinden fıskıran su Pelton çarkının çevresindeki kepçelere tegetsel olarak çarpır. Bu çarpma ile suyun hız enerjisi (kinetik enerjisi) mekanik işe dönüşmüş olur ve türbin rotoru döner. Türbin rotorunun çevresindeki kepçelere suyun çarptırılması bir veya birkaç Pelton düzesi ile yaptırılabilir. Genellikle küçük güçlü Pelton tipi hidrolik türbinlerin 1 veya 2 düzesi olmasına karşın büyük güçlü Pelton tipi türbinlerin 4 veya 6 adet düzesi bulunur [1].

2.2 Buhar Santralları

2.2.1 Buhar Santralllarının İç Yapısı

Buhar Santralları büyük çapta bir enerji dönüştürücüdürler. Bunlarda, yakıtın kimyasal enerjisi, birincil enerji olarak kullanılmaktadır. Yakıtın kazanlarda yakılması ile açığa çıkan bu enerji işlenen maddeye geçmekte ve onu buharlaştırmaktadır. Kayıpların bulunmadığı ideal bir çevrimde işlenen maddeye geçen ısı, yakıtın yakılması ile açığa çıkan ısının tamamına eşittir. İşlenen maddenin enerjisi daha sonra buhar türbinlerinde mekanik enerjiye dönüşür. Sonunda, bu mekanik enerji generatörde de elektrik enerjisine dönüşür.

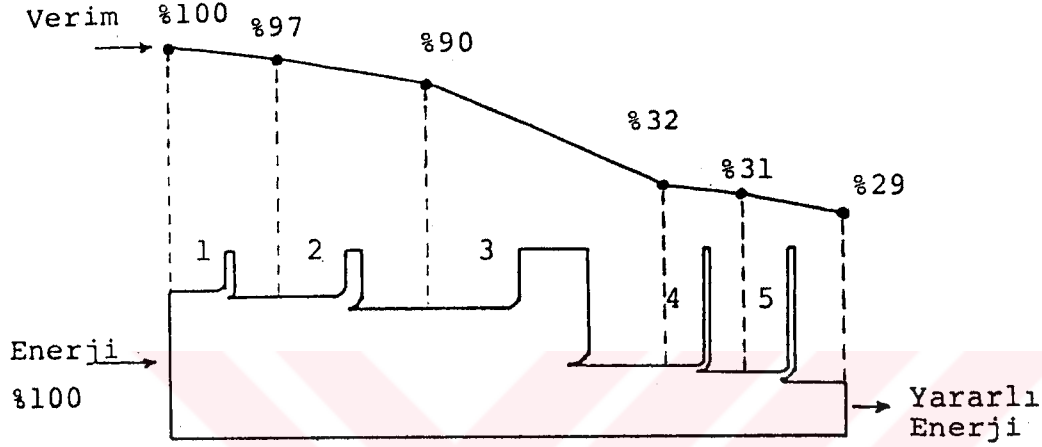
Pratikte ise, yukarıda değinilen dönüşümlerin tümünde kayıplar vardır. Şekil 2.5'de de görüldüğü gibi birincil enerjinin ancak % 29'u yararlı enerji halini alabilmektedir.

Buhar santrallarının iç yapısında çeşitli işlenen madde yolları bulunmaktadır. Bu yolları kısaca açıklayalım.

1. Yakıt - Curuf Yolu:

Kazan ocağında yanma havasındaki oksijen ile birleşerek yanan yakıt, gaz haline dönüşür ve yanma nedeni ile açığa çıkan ısı enerjisi bu gaz ile taşınır. Yakıt bünyesinde bulunan fakat yanma özelliği olmayan kül ve curuf gibi maddeler

geriye kalır. Bu artık maddeler yakıtın cinsine göre % 1'den daha za olabileceği gibi % 40-50 kadar da olabilir. Yanma sonucunda ortaya çıkan kül ve curuf gibi artık maddeler kazandan alınarak atılır yada inşaat endüstrisinde ham madde olarak kullanılır.



Şekil 2.5. Bir buhar santralının basit sankey-diagramı.

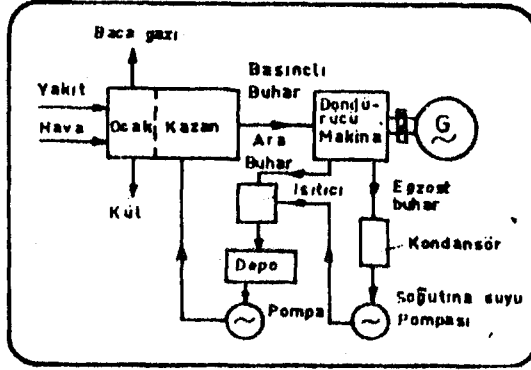
- 1- %3 Ocak kayıpları
- 2- %7 Baca gazı kayıpları
- 3- %58 Kondanse kayıpları
- 4- %1 Mekanik kayıplar
- 5- %2 İç ihtiyaç

2. Hava - Gaz Yolu:

Taze hava vantilatörü yanma için gerekli olan havayı atmosferden emer ve bir ısı değiştiricisinden geçirerek ısıtıktan sonra kazana basar. Yanma odasında hava, yakıt ile birleşerek baca gazını meydana getirir. Baca gazı kazanın ısıtma yüzeyleri arasından geçerek ısısını bu ısıtma yüzeylerine verir. Daha sonra hava ön ısıtıcısından, filtrelerden geçer, cebri çekme vantilatörü ile emilerek bacaya verilir ve oradan da atmosfere atılır.

Gaz türbinlerinde bu baca gazı, direkt olarak türbine gönderilerek mekanik ve elektrik enerjisinin elde edilmesinde

doğrudan doğruya kullanılmış olur.



Şekil 2.6. Bir buhar santralının prensip şeması.

3. Su - Buhar Çevrimi:

Kazandaki su baca gazları ile ısıtılır, buharlaştırılır ve kızdırılır. Baca gazları ile su arasındaki ısı alış-verişi, borulardan meydana gelen kazan ısıtma yüzeyleri aracılığı ile gerçekleştirilir. Yüksek basınç ve yüksek sıcaklık altında kazandan çıkan buhar, türbinde genişleşerek büyük çapta hacim değişikliğine uğrar. Buharın kinetik enerjisi türbin kanatlarında mekanik enerjiye dönüşür ve türbin kanatlarına çarpan buhar dolayısıyla rotoru döndürür. Son türbin kademesinden çıkan buhar kondenseye atılır ve burada yoğunlaştırılarak su haline getirilerek alçak basınç ön ısıtıcılarından geçirilerek besleme suyu tankına gönderilir. Gaz alıcılarda su ısıtılarak içerisindeki oksijen gazı dışarı atılır. Besleme suyu tankından çıkan su, kazan besleme suyu pompasına gelir. Besleme suyu pompası, suyu yüksek basınç ön ısıtıcılarından geçirerek kazana gönderir. Böylece çevrim tamamlanır ve aynı işlemler yeniden başlar.

4. Soğutma Suyu Yolu:

Buharın kondensede yoğunlaştırulabilmesi için büyük

Buhar Santrallerinin Dış Yapısı

Bir buhar santralının kurulmasına karar verilirken, başka birçok faktörlerin yanı sıra özellikle kurulacak santralin kullanılma amacına, kurulu gücüne, yakıt ve su temini imkanlarına, ulaşım durumuna, enerji iletim koşullarına, yerel duruma ve kuruluşun genişletebilme imkanlarına önem vermek gerekir.

Yakıtın kimyasal enerjisini, kazanda meydana gelen yanma sonucu ısı enerjisine dönüştüğünü biliyoruz. Yanma sonucu meydana gelen gazlar (baca gazları) ısılarını yayılma ve ısıtılma yolu ile kazan borularına vererek boruların içerisinden

geçmekte olan suyun sıcaklığının yükselmesini sağlarlar. Su sıcaklığı kazan basıncının karşılığı olan buharlaşma sıcaklığına eriştiğinde buharlaşma başlar. Bu şekilde meydana gelen su-buhar karışımı genellikle "dom" denilen bir haznede doymuş buhar ve su olmak üzere ikiye ayrılır. Doymuş buhar daha sonra yine baca gazları ile kızdırılır. Su ise tekrar çevrimin başlangıç noktasına gönderilerek yeniden ısıtılır. Kızdırıcılarda mümkün olduğu kadar yüksek sıcaklıklara erişmek santral işletmeciliği yönünden arzu edilen bir durumdur. Yani kızdırıcılardan geçen baca gazının sıcaklığı genellikle oldukça yüksektir. Bu nedenle baca gazları dışarı atılmadan önce besleme suyunun ve yanma havasının ön ısıtılmasında da kullanılabilir.

Kazanların ocak sıcaklıkları, ocak tipleri ile yakından ilgilidir. Izgaralı ocaklarda bu değer 1200°C , katı curufllu pülverize tip ocaklarda 1400°C , sıvı curufllu pülverize tip ocaklarda (ergitme ocaklarında) ise 1600°C dolaylarındadır.

Buhar santrallerinde kullanılan kazanların prensip çalışma ilkelerinden bahsettik. Şimdi bazı kazan tiplerini açıklayalım;

1. Sirkülasyonlu (Dolaşım) Kazanları:

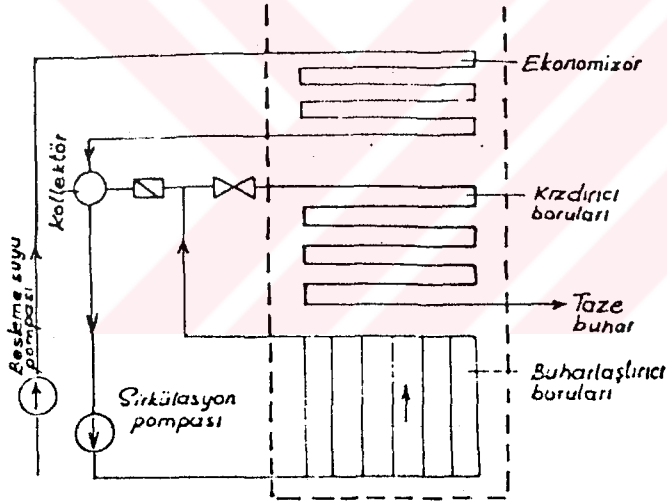
Kazan ocağında yanan yakıt baca gazlarını meydana getirir. Baca gazları ısılarını kazan borularındaki suya vererek kazanı baştan başa katederler.

Besleme suyu, önce besleme suyu ön ısıtıcısına gelir ve ön ısınmaya tabi tutulan su yoluna devam ederek dom girer. Daha sonra domdan çıkarak, kazan örtüsünün dışında kalan iniş borularından aşağıya dökülür. Burada kollektörlerde toplanan su buharlaştırıcı borularda ısınarak yükselir ve tekrar dom döner. Domdan başlayıp, tekrar domda son bulan bu sirkülasyon tümüyle doğal bir sirkülasyondur. İniş borularındaki suyun özgül ağırlığı ile buharlaştırıcı borulardaki su-buhar karışımı-

nın özgül ağırlıkları arasındaki fark, bu sirkülasyonu sağlar.

2. Benson Kazanları:

Bu kazanlarda dom yoktur ve tek geçişli boru düzeninden meydana gelmiştir. Kazanın ön ısıtıcı, buharlaştırıcı ve kızdırıcı bölümleri birbiri ardına sıralanmıştır. Besleme suyu pompasının basıncı ile kazan borularının bir ucundan giren su, öteki ucundan buhar olarak çıkar. Buharlaştırıcı çıkışına bir ayırıcı eklenerek su ile buharın birbirlerinden tam olarak ayrılması sağlanır. Böylece kazanın devreye alınması, devreden çıkartılması ya da düşük yüklerde çalışması sırasında kızdırıcılardan daima kuru buhar geçmesi temin edilmiş olur.



Şekil 2.8. Devaamlı sirkülasyonlu benson kazanı.

2.2.4. Buhar Kazanlarının Yardımcıları

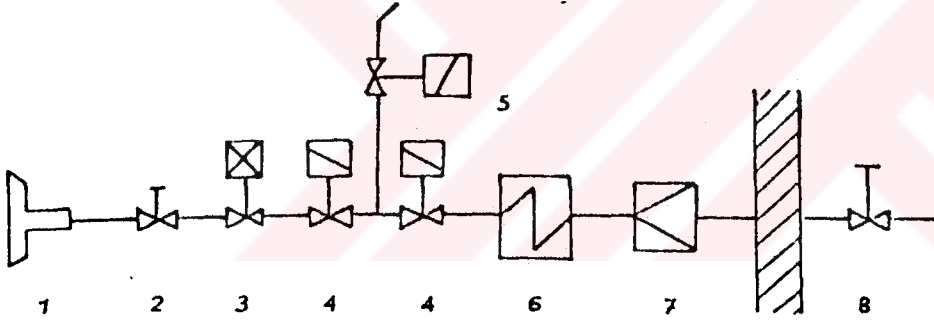
1. Ocaklar:

Ocak, kazanın bir bölümünü meydana getirir. Katı, sıvı ve gaz yakıtlar için değişik tipte ocaklar bulunmaktadır. Katı yakıtlar için ızgaralı ocaklar (sabit veya yürür ızgaralı) veya pülverize kömür ocakları (katı veya sıvı curufllu) kullanılabilir. En uygun ocak tipinin seçimi kazan kapasitesine ve

yakıtın özelliklerine bağlıdır.

Pülverize kömür ocağı ile sıvı yakıt ocağı arasında prensip yönünden pek büyük bir fark yoktur. Sıvı yakıt ocaklarında yakıcıların yerleştirilmeleri daha da basittir.

Ocak ve yakma tekniği yönünden gazlar ideal yakıtlardır. Çünkü gazlarda, ne sıvı yakıtlar gibi atomizasyon problemi, ne de katı yakıtlar gibi öğütme problemi bulunmaktadır. Ancak, gazların yakılması sırasında gaz ile yanma havasının iyi bir şekilde karışmasına dikkat etmek gereklidir. Gaz yakıt kullanılan kazanlar genellikle, gaz hattından doğrudan beslenirler. Bu nedenle, herhangi bir depolama problemi de sözkonusu değildir. Şekil 2.9'da gaz yakıtlar için bir yakma hattı şeması görülmektedir.



Şekil 2.9. Gaz yakıt yakma hattı şeması.

1. Yakıcı
2. Elle çalışan kapama vanası
3. Reglaj vanası
4. Kapama vanası
5. Manyetik havalandırma vanası
6. Ön ısıtıcı
7. Kısma istasyonu
8. Yakıt hattı üzerindeki kapama şiberi

Yakıcı için gerekli olan gaz basıncı bir kısma istasyonu aracılığı ile sabit bir değerde tutulur.

2. Değirmenler:

Kömürlerin öğütülebilmeleri sertliklerine bağlı olduğu gibi, değirmenlerin boyutlarına, güçlerine ve tiplerine de bağlıdır.

Bugün buhar santrallerinde değişik tip değirmenlerden yararlanılır. Bu değişik tip değirmenler 3 ana grupta toplanabilir;

- Tamburlu tip değirmenler (düşük devirli)
- Galeli ve bilyalı tip değirmenler (orta devirli)
- Çarpmalı tip değirmenler (yüksek devirli)

3. Kızdırıcılar:

Buhar santrallerinde ısı düşüş miktarını artırabilmek için, doymuş buhar kızdırıcılarda kızdırılır. Kızdırıcılarda ise, türbinin yüksek basınç kademelerinden çıkan buhar, türbin son kademelerinde izin verilebilir buhar ıslaklığı sınırının aşılmaması için yeniden kızdırılır. Böylece ısı düşüş miktarıda yükseltilmiş olur.

4. Besleme Suyu Ön Isıtıcıları:

Besleme suyu, baca gazları ya da buhar ile ısıtılabilir. Baca gazları ile ısıtılan besleme suyu ön ısıtıcılarına ekonomizör denir. Ekonomizörler kazanda, kızdırıcılardan sonra gelecek şekilde imal edilirler ve içlerinden su akan bir boru sisteminden oluşurlar.

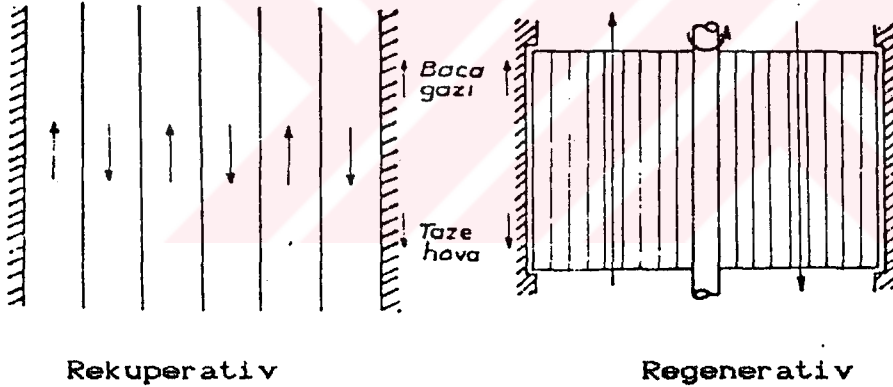
Ara buhar ile ısıtılan ön ısıtıcılar ise kazandan önce ve besleme suyu devresi üzerine imal edilirler. Bu devredeki konumu yönünden besleme suyu pompasından önce gelen ön ısıtıcılara alçak basınç ön ısıtıcıları, besleme suyu pompasından sonra gelen ön ısıtıcılara da yüksek basınç ön ısıtıcıları denir. Bunlar genellikle yüzeyli tip ön ısıtıcılar ya da

karışmalı ön ısıtıcılardır.

5. Hava Ön Isıtıcıları:

Besleme suyu ön ısıtıcılarından çıkan baca gazları oldukça sıcaktır. Bu nedenle, baca gazlarının artan enerjisinden hava ön ısıtıcılarında da yararlanılabilir. İki değişik tip hava ön ısıtıcısı bulunmaktadır. Bunlar rekuperativ ve regenerativ ön ısıtıcılardır.

Rekuperativ ön ısıtıcılarda ısıtma yüzeylerinin bir tarafından sürekli olarak baca gazları, öteki tarafından ise ters yönde taze hava geçmektedir. Baca gazları ile taze hava arasındaki ısı transferi, ısıtma yüzeyleri aracılığı ile gerçekleşir.



Sekil 2.10. Hava ön ısıtıcı tipleri.

Regenerativ ön ısıtıcılarda, enerji akümülatörü olarak çalışan yüzeyler, bir rotor üzerine ve radyal yönde monte edilmiştir. Rotor, genellikle 2-5 d/dakika'lık bir hızla döndürülür. Bu dönme sırasında yüzeyler sürekli olarak bir baca gazı akışıyla, arkasından bir de taze hava akışıyla karşılaşır. Bu şekilde, enerji akümülatörü olarak çalışan yüzeyler, önce baca gazı ile ısınır ve daha sonra da aldıkları bu enerjiyi taze havaya verirler. Bu yüzeylerin et kalınlıkları genellikle 0,5 mm dolaylarındadır.

6. Kül Atma:

Kül atma donanımının amacı, yanma sonucu meydana gelen külü baca gazından ayırmaktır. Bu amaç için çok çeşitli metodlar geliştirilmiştir.

Hidrolik kül tutucularında sudan yararlanılır. Bunlardan bazılarında su, sadece külü ıslatarak çöktürmekte, bazılarında ise aynı zamanda külü taşımakta kullanılır. İstenildiğinde su, çöktürme havuzlarında külden ayrılarak yeniden kullanılabilir.

Külün ayrılması için kullanılacak metodun seçiminde, külün tane iriliği, sertliği, herhangi bir amaç için kullanılıp kullanılamayacağı gibi faktörler rol oynar.

Islak kül tutucularında tutulabilen kül oranı oldukça yüksektir. Bu metotta, baca gazları ya bir su perdesinden veya oldukça sık bir şekilde yerleştirilmiş olan ve üzerindeki deliklerden su fışkıran plakların arasından geçer. Islak kül tutucularda, küle birlikte baca gazında bulunan kükürtdioksit (SO_2) gazının da bir bölümü su ile yıkanarak alınır.

Günümüzde santrallarda genellikle sadece elektrofiltrelerden yararlanılmaktadır. Elektrofiltrelerde çöktürme elektrodları ile püskürtme elektrodları bir elektriksel alan meydana getirirler. Baca gazları bu elektrodların arasından geçerken kül zerrecikleri elektrostatik olarak yüklenirler. Çöktürme elektrodları topraklanmış olduklarından, yüklenmiş olan kül zerrecikleri püskürtme elektrodlarından uzaklaşarak çöktürme elektrodlarına doğru hareket ederler. Burada elektrik yüklerini kaybeden küller filtrenin altındaki siklona dökülürler.

Elektrofiltrelerin enerji her 1000 m³ baca gazı için 0,15 - 0,5 kWh arasındadır. Ayrılmış olan küllerin alt ısı değerleri kimi zaman 2000 kcal/kg kadar olabilmektedir. Bu ne-

denle küller, özel bir donanım ile tekrar kazana sevk edilerek yakılabilir. Ayrıca bu metodla tutulabilen kül oranı % 99'un bile üzerine çıkabilmektedir.

2.2.5. Buhar Türbini

Buhar türbini bir akım makinasıdır. Buharın entalpisi bu makinede önce kinetik enerjiye ve daha sonra da mekanik i e dönüşür.

Türbini girişindeki buharın, basınç ve sıcaklığına bağlı olarak bir entalpisi vardır. Buhar türbini içerisinde genle erek akarken basınç enerjisi, türbini gövdesine yerleştirilmiş olan bir sabit kanat diskinde kinetik enerjiye dönüşür. Bu kinetik enerji, buharın türbini rotoru üzerinde bulunan bir hareketli kanat diskinde y n değiştirmesi sırasında i e mekanik içi meydana getirir. Birbiri ardına sıralanmış olan öteki sabit ve hareketli kanat disklerinde aynı işlemin tekrarlanması ile, buharın türbini giriş ve türbini çıkış entalpileri arasındaki fark mekanik i e d n     ve bu i  rotora verilmiş olur [2].

2.2.6 Buhar Türbinlerinin Yardımcıları

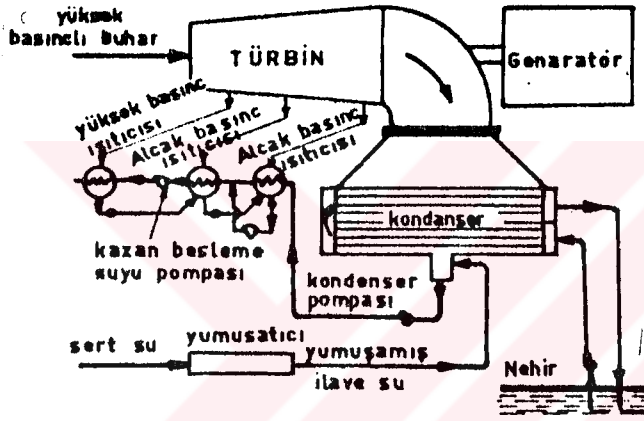
-Kondanser(Kondanse):

Kondanser buhar santrallerde türbini terkeden buharın ısısını alarak suyu yoğunla tıran ve buharın türbine giriş ve çıkış ısıları arasındaki farkı arttıran bir ünite olarak tanımlanabilir.

Buhar türbinli santrallerde türbini daima bir kondanserle birlikte bulunur. Buharın türbine giriş ve çıkış ısıları arasındaki fark ne kadar fazla olursa, türbini verimi o kadar büyük olur. Kondanser soğutma suyu yardımıyla buharı yoğunla tırır. Bu durum yakıt tüketimini bir hayli azaltır.

Kondanser suyu pompası devamlı bir şekilde çalışarak türbini terkeden buharın ısınısını alır. Böylece kondanser deposundaki su biraz ısınmış olur. Bu su, pompalar yardımı ile ön ısıtıcıdan geçirilir ve ısıtılmış olarak kazana gönderilir.

Karıştırma ve yüzey kondanserleri olarak iki kondanser çeşiti vardır. Ancak elektrik santrallerinde yüzey kondanseri kullanılmaktadır [3].



Şekil 2.11. Kondanser ve öteki ünitelerle bağlantısı.

-Soğutma Kuleleri:

Suyun bol miktarda bulunmadığı kondanserde ısınmış olan soğutma suyunun, kulelerde soğutularak yeniden kullanılması sağlanır. Soğutma kulesinde su, üst taraftan girerek aşağıya doğru dökülür. Bu sırada kulenin altından giren hava ise sudan daha soğuk olduğu için ısınarak yükselir. Böylece aşağıya akmakta olan su, yukarı çıkmakta olan hava tarafından soğutulur. Su, kule içinde ne kadar fazla kalır ve ne kadar küçük zerre- lere ayrılırsa o kadar fazla soğur. Bu nedenle kule içerisine, su akışını yavaşlatıcı ve onu parçalayıcı engeller konur.

2.3. Nükleer Santraller

2.3.1 Termal Reaktör

Nükleer reaktörü oluşturan elemanların en önemlisi süphesiz uranyum yakıt'dır. Bütün reaktör onun etrafında ve onun gereklerine göre şekillenir.

Günümüz reaktörlerinin büyük çoğunluğu izotopik zenginleştirilmiş, yani U-235 oranı % 3 dolayına yükseltilmiş uranyum yakarlar.

Saf uranyum metal, elde olunması güç ve üstelik özellikleri yönünden zayıf bir malzeme olduğundan tercih edilmez. Bugünün reaktör yakıtı uranyumdioksit (UO_2)'dir. Uranyumdioksit toz halinde elde olunduktan sonra küçük silindirler (çapı 1 cm boyu 1,5 cm) şeklinde sıkıştırılır, sinterlenir ve sonra taşlanarak istenen ölçülere getirilir.

Reaktörü oluşturan ikinci temel eleman nötron yavaşlatıcı'dır. Nötron yavaşladıkça fisyon yapma yeteneği artar. Nükleer reaktör halinde nötron iyice yavaşlatılarak fisyon yapma olasılığı 300 misli artırılır ve bu sayede U-235 oranı daha düşük, mesela % 3 olan yakıtlar yakılabilir.

Kinetik enerjileri, ortamı oluşturan atomların o sıcaklıkta sahip oldukları titreşim enerjisi düzeyine kadar yavaşlatılmış olan nötron, çevresi ile termal dengeye gelmiş demektir. Termal dengeye inmiş nötronlara termal nötronlar denir.

Reaktörde uranyum yakıt, bir su banyosu içine daldırılmış uzun çubuklar şeklinde durur. Fisyonlardan büyük enerjilerle doğan nötronlar incecik yakıt çubuklarından ve onun gene zar kadar ince zarfından geçerek dışarıya, su banyosu içine çıkarlar. Su tarafından yavaşlatılan nötronlar, rasgele dolanmaları sırasında, tekrar uranyum yakıt içine dalabilirler. Yakıtın

kızışmasını önlemek için bir soğutucu akışken tarafından oluşan ısınnın dışarıya taşınması lazımdır. Reaktörün içi yavaşlatıcı olarak zaten su ile dolu olduğuna göre, yapılacak iş bir pompa ile bunu devrettirmektedir.

Reaktörü oluşturan diğer temel organ kontrol çubuklarıdır. Reaktörün kontrolu içerdeki nötron nüfusunun kontrolu ile mümkün olur. Ortamdaki nötronların sayısı çoğalıyorsa güç yükselir, azalıyorsa reaktörün gücü azalır. Eğer ortamda hiç nötron kalmazsa reaktör durur. Reaktör içine kadmiyum, bor, hafniyum gibi malzemeler daldırılarak ortamdaki nötronların yutulması sağlanır. Kontrol çubukları istenen oranlarda bu malzemelerden dışarı çekilerek reaktör istenen güçte çalıştırılabilir.

Buraya kadar bahsedilenler bir reaktör kalbini oluşturan temel birimlerdir. Reaktör tankı, nükleer reaksiyonları içinde hapseden bir muhafazadır. 1 GW gücünde bir reaktörün kalbini çevreleyen basınç kab 25 cm kalınlıkta çelikten bir tanktır. Normal işletme koşulları olan 350 °C sıcaklığa ve 160 atm. basınca dayanabilecek sağlamlıkta yapılmıştır.

Nükleer reaktörü oluşturan bir başka önemli organ da içerdeki radyasyon cehenneminden çevresinde çalışanları koruyan biyolojik zırh'dır. Bu, genellikle çok kalın bir duvardır. Reaktörün montajı bitirilip bir kez çalışmaya başladıktan itibaren içerisi canlılara illelebet yasaktır. Reaktör dursa da, tamamen terk edilse de yasaktır. İşletme, bakım, tamirat, yenileme hep uzaktan kumanda ile dışardan yapılmak zorundadır. Fakat, biyolojik zırhın dışında hayat herhangi bir fabrikadakine benzemektedir.

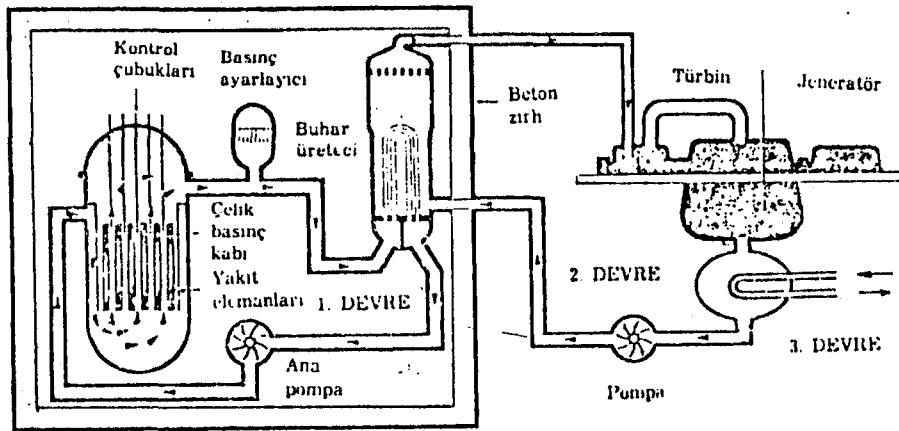
Dışarıdan bakınca görülen penceresiz bina, reaktörün güvenlik kabuğudur. İçerde olabilecek her türlü kazadan dış çevrenin etkilenmesini önler. Reaktörden dışarıya havaya, suya, toprağa gaz ve sıvı sızıntısı olmamalıdır. Gerek normal işlet-

me halinde ve gerekse kaza halinde içerdeki hava ve su dışarı-
ya filtrelerden sızulerek ve radyoaktiviteden arınmış olarak
ıkar.

2.3.2. Termal Reaktör Tipleri

1. Basınçlı Su Reaktörü:

Basınçlı su reaktöründe basınç çok yükseltilmek suretiy-
le reaktör içinde suyun buharlaşmadan yüksek derecelere kadar
ısınması sağlanır. Bu birinci devre sıcak suyu bir ısı
değiştiricisinden dolaştırmak suretiyle, oradan daha dışuk ba-
sınla geçen ikinci devre suyunun buharlaşması sağlanır.
Reaktör -ısı değiştiricisi- pompa ve ilgili boru donanımından
oluşan birinci dolaşım devresi reaktör "güvenlik kabuğu" için-
de yer alır. Birinci devre suyu doğrudan reaktör içine girmek-
te ve yakıt çubuklarını yalayarak geçmektedir. Dolayısıyla bi-
rinci devre suyunun bir ölçüde radyoaktivite ile bulaşması ka-
cınılmazdır. İşte bütün bu nedenlerle devrenin tümü reaktör
"güvenlik kabuğu" denen penceresiz sağlam binanın içinde top-
lanmıştır.



şekil 2.12. Basınçlı su reaktörü ile çalışan bir Nükleer
Santral şeması.

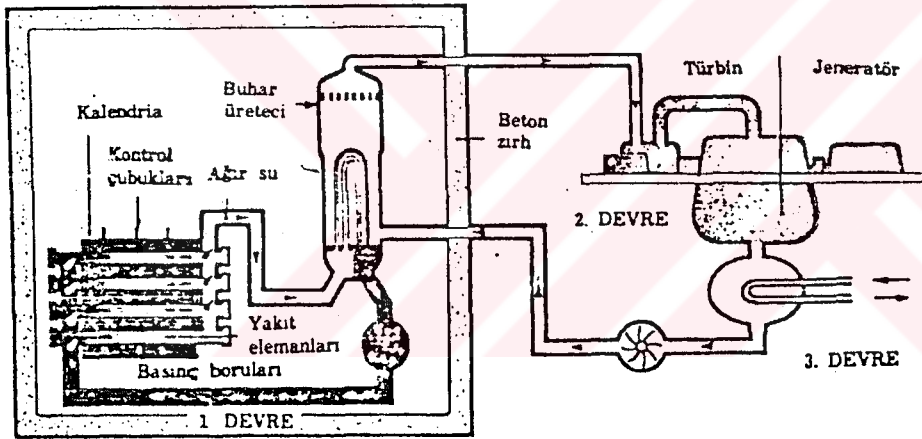
İkinci devre, ısı değiştiricisi -buhar türbini-yoğuştu-

rucu pompa ve ilgili boru donanımından oluşur.

Üçüncü devre, doğaya açılan devredir. Nehir veya deniz suyu bir pompa ile yoğunlaştırucuya basılır; orada, türbinden iş görerek gelen çürük buharın atık ısını alarak onu yoğunlaştırır

2. Ağır Su Reaktörü (CANDU):

Bu reaktör hafif su yerine, ağırsu kullanır. Bu değişiklik reaktör yapısında temel farklılıklara yol açar. Ağır su ağır hidrojen'den (döteryum'dan) oluşan sudur. Normal sudan %11 daha ağırdır.



Şekil 2.13. CANDU tipi ağır su reaktörüyle çalışan bir Nükleer Santral şeması.

Ağır su hidroliz yoluyla elde edildiğinden pahalıdır. Fakat bunun yanında bazı avantajları vardır. Bunlardan birincisi, ağır suyun hafif sudan en etkin nötron yavaşlatıcısı olmasıdır. İkinci avantajı ise, pratik olarak hiç nötron yutmayan bir malzeme oluşudur. Halbuki hafif su oldukça nötron yutucudur. Onun için hafif su kullanıldığı zaman ancak zengin yakıt yakılabilir. Su ucuz, fakat zenginleştirilmiş yakıt pahalıdır. Ağır su kullanıldığı zaman, içinde ancak %0,7 oranında U-235 ihtiva eden doğal uranyum dayakılabilir. Zenginleş-

tirme işlemi görmemiş doğal uranyum çok daha ucuz olacağından, ağır suyun pahalılığını dengeler.

2.3.3. Hızlı - Üretgen Reaktör

Hızlı-Üretgen reaktörün yakıtı zengin uranyumdur. Uranyumun U-235 izotopu yönünden zenginleştirilmesi aşırı pahalı olduğundan, %75 oranında uranyum oksit (UO_2) ile %25 oranında plutonyum oksit (PuO_2) tozları karıştırılır. Karışık oksit sıkıştırılır, sinterlenir ve 7 mm çapında ince, kısa silindirikler şeklinde taşlanır. Sonra bunlar aynı çapta ve yaklaşık 1 m boyundaki paslanmaz çelikten yapılmış ince cidarlı borular içine yerleştirilir. Daha sonra borular kaynakla sızdırmaz şekilde kapatılarak yakıt çubukları elde edilir.

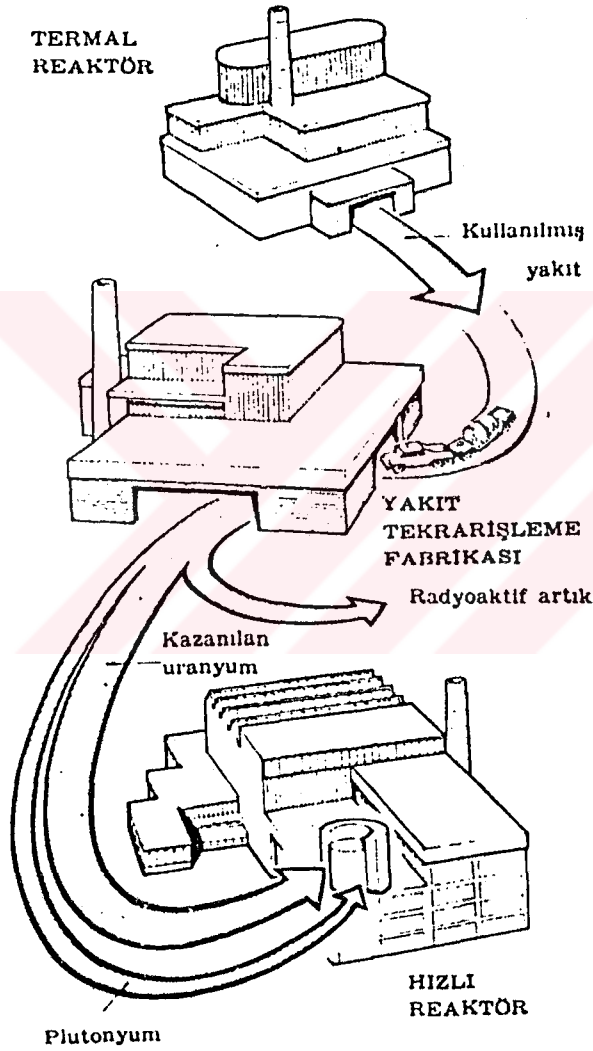
Nükleer yakıt içinde oluşan fisyon ısını dışarı almak için soğutucu akışkan olarak "ergimis sodyum metal" kullanılır. Sodyumun ergime ve buharlaşma sıcaklıkları arasındaki büyük fark, ona sıvı halde büyük miktarda ısı yüklenebileceğini gösterir.

Hızlı Üretgen reaktörün kalbini çevreleyen uranyum örtüsüne "battaniye" denir. Battaniye, reaktör kalbinin iki katı kadar uranyum içerir. Fakat, battaniye yakıt değeri olmayan fakir uranyumdan yapılır.

Hızlı-Üretgen reaktör, kalbi ve battaniyesi ile bir sıvı sodyum dibine oturtulur. Bu birinci devre de sodyum kütlesi reaktör kabının içinde kalır. Reaktör kabının dışarıya giriş-cıkışı yoktur. Bu kap ağzı kapaklı ve içi bir seviyeye kadar doldurulmuş kazandan ibarettir. Ayrıca sodyum içine daldırılmış bir pompa kazan içinde soğutucu akışkanı devrettirir. Bir takım perdeler sıvının hareketini yönlendirir.

Reaktörde ısınan sodyum gene aynı kazan içine daldırılmış bir ısı değiştiricisinden geçirilir. Burada ısını ikin-

ci devredeki sodyuma aktarır. Ancak ikinci devre sodyumu kazanın üstünden çıkan boru ile dışardaki buharlaştırıcıya gider ve orada üçüncü devre suyunu türbine göndermek üzere buharlaştırır. Türbinden iş görerek çıkan çürük buhar yoğunlaştırucuda nehir veya deniz suyu tarafından soğutularak su haline getirilir ve sistem böylece tamamlanmış olur.



Şekil 2.14. Hızlı-Üretgen reaktör ve termal reaktör ilişkisi.

Bu reaktörlerde moderatöre (yavaşlatıcı) gerek yoktur. Moderatör, atom çekirdeklerinin nötronlarla bombardıman edile-

rek parçalanmaları sırasında nötronların hızlarını kontrol etmekte kullanılan bir elemandır. Hızlı üretgen reaktörlerde atomlar reaktör içinde hızlı nötronlarla parçalanır.

Hızlı-üretgen reaktör, kendi yakıtını kendisi ürettiğinden dolayı cazip hale gelmektedir. Olayın diğer çarpıcı bir yönü de, hızlı-üretgen reaktörün termal reaktörlerin atık yakıtı ile çalışacağıdır. Onların kullanamayıp bıraktığı yıllardır biriken fakir yakıtları değerlendirecektir [4].

2.4. Santrallerin Elektrik Tesisleri

2.4.1. Elektrik Makinaları

Elektrik enerjisini mekanik enerjiye, mekanik enerjiyi elektrik enerjisine veya belirli büyüklükteki elektrik enerjisini başka büyüklükte bir elektrik enerjisine çevirebilen makinalara elektrik makinaları denir. Elektrik makinaları dinamik ve statik makinalar olmak üzere 2 ana grupta toplanırlar. Generatör ve motorlar dinamik elektrik makinaları, transformatörler ise statik elektrik makinalarıdır. Bunlardan generatörler mekanik enerjiyi elektrik enerjisine, motorlar elektrik enerjisini mekanik enerjiye çevirirler. Transformatörler ise elektrik enerjisini yine elektrik enerjisine dönüştürürler.

Santrallarda kullanılan generatörler senkron generatörlerin "yuvarlak kutuplu" tipleridir.

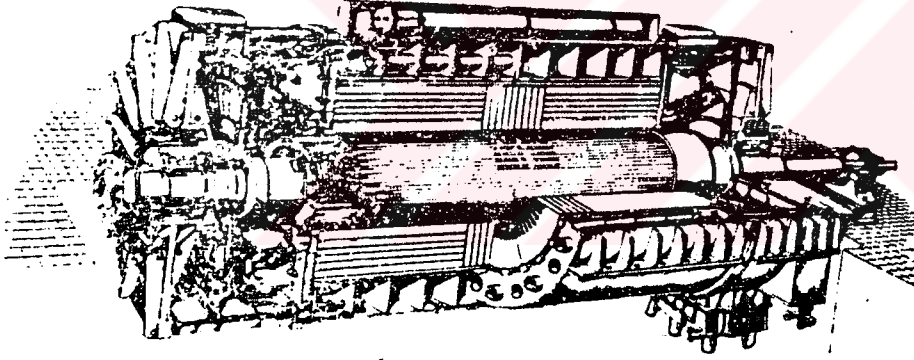
Yuvarlak Kutuplu Senkron Generatörler:

Yuvarlak kutuplu senkron generatörlere turbo generatörler de denmektedir. Bunlar da stator ile rotor arasındaki hava aralığının radyal yöndeki boyu sabittir. Bu hava aralığının radyal boyu 45 mm den - 65 mm ye kadar olabilir. Genellikle küçük kutup sayısı ve yüksek senkron dönme sayısı için yapılırlar. Bu generatörler 1700000 kVA gücüne kadar imal edilir-

ler. Çıkık kutuplu makinalarda ise hava aralığı sabit değildir.

Turbo generatörler, başlıca, sabit kısım stator, dönen kısım rotor ve bunların taşıdıkları rotor ve stator sargılarından oluşurlar. Stator gövdesi genellikle kaynaklı tiptendir. Gövde içerisine 0,5 mm kalınlığındaki saçların üst üste konulması ile oluşturulan saç paketleri yerleştirilir. Bu saç paketlerinde açılmış oluklara ise üç fazlı stator sargıları döşenir ve mika ya da benzeri yalıtkanlar ile birbirlerinden ayrılır.

Generatörlerin stator sargı gerilimleri 10 kV, 15 kV, 22 kV veya 33 kV gibi değerlerde olabilir.



Sekil 2.15 Yuvarlak kutuplu senkron generatör

Büyük güçlü generatörler su ve özellikle hidrojen ile soğutulmaktadırlar. Generatörlerin hidrojenle soğutulması halinde iletkenler boru biçiminde yapılarak içlerinden hidrojen dolaştırılır. Ancak hidrojenin, patlayıcı bir gaz olması nedeniyle gerekli güvenlik önlemleri alınmalı ve hidrojen hava ile temasına engel olunmalıdır.

Transformatörler:

Santrallarda transformatörler, generatör çıkış gerilimini 154 kV, 380 kV gibi yüksek gerilimlere dönüştürmekte ve santralin iç ihtiyacını karşılayabilmek için 6000 V, 500 V, 380 V gibi değerlere düşürmekte kullanılırlar.

Transformatörler basit olarak, alaşımlı demir sac paket bir nüve üzerine yerleştirilmiş iki grup sargıdan oluşurlar. Birincil sargı olarak adlandırılan giriş sargısı elektrik enerjisi ile beslenir. Demir nüve, giriş sargısında akan alternatif akım nedeni ile mıknatıslanır. Oluşan bu manyetik alan nedeni ile, ikincil sargı olarak adlandırılan çıkış sargısında yine bir alternatif gerilim endüklenmiş olur. Bu çıkış sargısının kapalı bir devre oluşturması halinde sargıdan bir alternatif akım geçer. Diğer yandan Transformatörler yağ, hava veya özel sıvılarla soğutulurlar.

2.4.2. Kumanda-Kontrol ve Koruma Donanımları

Makina tekniğinde, belirli olaylara etki eden değerlerin sabit tutulabilmesi oldukça büyük bir önem taşır. Bu değerler önceden saptanmış olan sınırları aşmamalıdır. İşte bu ayarlanmanın sürekli olarak sağlanabilmesi için uygulanan tekniklere genel anlamda otomasyon denir. Otomasyon ise kumanda ve reglaj tekniklerinden oluşur.

Otomasyon işleminin gerçekleştirilmesi üç etapda sağlanır;

1. Tesisin o anki durumunun sinyal vericileri tarafından saptanması.
2. Kazanılan bilgilerin emirlere dönüştürülmesi.
3. Ayar organlarını harekete geçirerek tesisin durumuna etki edilmesi.

Modern santralların kontrol donanımları çok çeşitlidir.

Gösterge ve yazıcılar aracılığı ile saptanan değerleri doğru bir şekilde yargılayabilmek için hem bu gösterge ve yazıcıların çalışma ilkelerini, hem de santralleri çok iyi bilmek gerekir. Özellikle bir arıza anında, göstergelerdeki değerlerin hızla ve doğru olarak algılanması, hemen alınması gereken tedbirler yönünden büyük bir önem taşır.

Kontrol donanımlarının görevleri genellikle şunlardır;

- Özellikle devreye alma ve devreden çıkarmalarda doğru şekilde hareket edebilmek için gerekli olan ölçü değerlerini saptamak ve göstermek,
- Normal işletmenin devamlı olarak kontrolünü sağlamak,
- Santralin ekonomik bir şekilde işletilebilmesine imkan vermek,
- Anormallikleri zamanında göstermek ve alarm sinyalleri ile uyarmak,
- İşletme değerlerinde anormallikler meydana gelmesi halinde gerekli ve doğru tedbirlerin alınmasına imkan vermek.

Her santralda kendi kendi bünyesine ve kendi birimlerine uygun koruma donanımları vardır. Bu koruma donanımlarından herhangi birisi, ait olduğu birimin çalışmasına engel olacak bir arıza ya da durumu saptarsa hemen harekete geçerek tüm blokun çalışmasını durdurur [2].

2.5. Enerji İletim Hatları

Genel olarak bir yüksek gerilim iletim hattının elemanları, dayanıklı çelik bir kule, izalatörler ve iletkenlerdir. Her izalatör takımı, tek bir iletkeni veya iki ve daha çok iletkenler yığınının çelik kule ile bağlantısını sağlar. Her faz iletkeni, diğer bir iletken ve çelik kuleden yeterli uzaklığa olacak şekilde izalatörler vasıtası ile kulelere bağlanırlar. Böylece, aşırı sehimden, bir fazın diğer bir faz-

la temasından dolayı ortaya çıkabilecek tehlikelerin önüne geçilmiş olunur.

Yüksek gerilim hatları 750 veya 765 kV'a kadar olan standart gerilimlerde işletilirler. Fakat Sovyetler Birliği'nde 1100 kV'luk gerilimde işletilen bir hat bulunmaktadır. Ayrıca 1000-1200 kV'luk yüksek gerilim hatlarının yapımı plan veya program safhasında bulunmaktadır.

Üç fazlı alternatif akım (AC), yüksek gerilim hatlarında oldukça geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Üç fazlı bir devre yüksek gerilim altında 3 adet tek iletken veya 3 sıra iletken meydana gelir. Ayrıca böyle bir devrede, iletken tellerini yıldırıma karşı korumak için 1 veya 2 adet koruma iletkeni bulunur.

Genellikle, 750 kV'luk yüksek gerilim iletim hattının maksimum alanının bulunduğu bölgede oturan ortalama boydaki bir insanın etkileneceği düzgün elektriksel alan yaklaşık olarak 10 kV/m'dir. Topraktan en çok yüksekliği 20 m olan bir iletim hattında mevcut olan en düşük alan değeri yaklaşık olarak 1 kV/m, topraktan en az 13 m yüksekliğinde olan bir iletim hattında ise bu değer 12 kV/m'dir. Elektrik alan şiddeti, YG hattının merkezden yanlara doğru olan uzaklığın bir fonksiyonudur.

Üretilen elektrik enerjisinin büyük tüketim merkezlerine iletimi, 380 kV'luk hatlarla yapılmaktadır. Özellikle 380 kV'luk enerji iletim hatları Ulusal Elektrik Sistemimizin iskeletini oluşturmaktadır. Üretime geçecek her santralin, ürettiği elektriği iletecek iletim hatlarıyla Ulusal Elektrik Sistemi'ne bağlanmış olması gerekir.

380 kV'luk hatların yapımı planlandığında, gelecekteki gelişmeler de sıhhatli olarak gözönüne alınmalı ve buna göre hattın ikili veya üçlü demet iletkenli, tek veya çift devre

olacağına karar verilmelidir. Bu yapılmadığı takdirde birbirine paralel güzergahta ayrı hatlar ortaya çıkmaktadır. Oysa, birbirine paralel iki hattı, bir hat olarak yapmak mümkündür. Böylece aynı güzergahta bir kez tel çekimi yapılacağı gibi, hat güzergahı üzerindeki araziler daha geniş kullanım alanı bulacak ve direklerin montajından büyük bir tasarruf sağlanmış olacaktır. Bu durumda da maliyetler önemli ölçüde azalmış olacaktır.



BÖLÜM 3

ELEKTRİK ENERJİ ÜRETİM TESİSLERİNİN ÇEVRE ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

3.1. Hidrolik Santrallerin Çevre Üzerindeki Etkileri

Su kaynaklarından enerji üretiminde yararlanılabilen ülkelerde, güç ve enerji talebinin zaman içindeki farklılıklarına en iyi biçimde cevap veren su kuvveti tesisleri baraj hazneli santraller olmaktadır. Ayrıca nehir akışlarının mevsimden mevsime değişiklik göstermesi halinde su kuvveti potansiyelinin etkili bir şekilde değerlendirilebilmesi ancak baraj hazneli santrallerle gerçekleştirilebilmektedir.

Tabii şartlarda yararlanabilme olanağı düşük düzeyde bulunan, bazen zararlara bile sebep olabilen akarsu akışlarını zaman içinde nitelik ve nicelik yönünden düzenleyerek yararlarını artırma amacıyla barajlar kurulur. Ayrıca bunlar enerji üretimine yönelik planlansalar bile, genelde, taşkın kontrolü sulama suyu temini gibi amaçlara yönelik çok geniş düşünülmektedir.

Elektrik enerji üretimi ve diğer sebeplerden dolayı oluşturulmuş barajların çevre üzerindeki olumsuz etkilerini aşağıdaki şekilde gruplandırmak mümkündür.

- Biyolojik çevreye olan etkileri
- Fiziksel çevreye olan etkileri
- Sosyal çevreye olan etkileri

3.1.1. Biyolojik Çevreye Etkileri

Enerji üretimi ve sulama amacını içeren geliştirme projelerinin en önemli sonucu, su kaynaklı bir takım bulaşıcı hastalıkların yaygınlaşmasıdır. Bu sulama sistemleri,

parazitler ve humma, ciğer trematodu, sıtma gibi hastalıkları yapan canlılar için uygun bir ortam oluşturmakta, bir çok insan ve hayvan hastalıklara maruz kalmaktadır.

Günümüzde sulama şebekelerinin geliştirilmesinden önce, tarım, mevsimsel yağışlara bağlı olduğundan, sümüklüböcek, sivrisinek ve insan arasında belirli bir denge vardı ve hastalığa yakalanma oranı düşüktü. Sümüklüböcekler kuru süreçte bir enfeksiyona sebep olmuyordu. Oysa yıllık sulama projelerinin gerçekleşmesinden sonra sümüklüböcek için yaşam ortamı son derece uygun hale geldiğinden sayılarında büyük bir artış olmuştur.

Ayrıca sulama amacını içeren su geliştirme projeleri toplam besin maddesi üretimini azaltacak sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Bu sorunlar tuzluluk ve alkalinite yüzünden toprak veriminin azalması, sonunda da iyi nitelikli arazinin kaybı olmaktadır. Bu tür sorunlar Pakistan, Afganistan, Peru, Hindistan, Meksika, Suriye ve Irak'ta gözlenmiştir [5].

Mısırdaki Nil nehrinin çamurlu suları, sürükledikleri besin maddeleriyle, özellikle nehrin Akdeniz'e aktığı Delta bölgesinde, bol miktarlarda balığın üremesine olanak veriyordu. Buraya Asuan barajının yapılmasıyla halk yılda ortalama 20.000 ton sardalye balığından mahrum kalmıştır. Ayrıca, sulama için kullanılan büyük miktarlarda suyun akımı iyi sağlanamadığından yeraltı suları yükselmiş ve toprağın bileşimindeki mineral tuzlar oranı artmıştır. Bunun önlenmesi için Delta bölgesinde 200 Milyon dolar masraf ile 1.5 Milyon dönüm arazinin drenajı gerekmiştir [6].

3.1.2. Fiziksel Çevreye Etkileri

Barajın, genelde su geliştirme projelerinin tümü tabiatta bir değişikliğe neden olmaktadır. Bu değişikliklerin başlıcaları akarsu akış düzeninin değişmesi, baraj haznelerinin

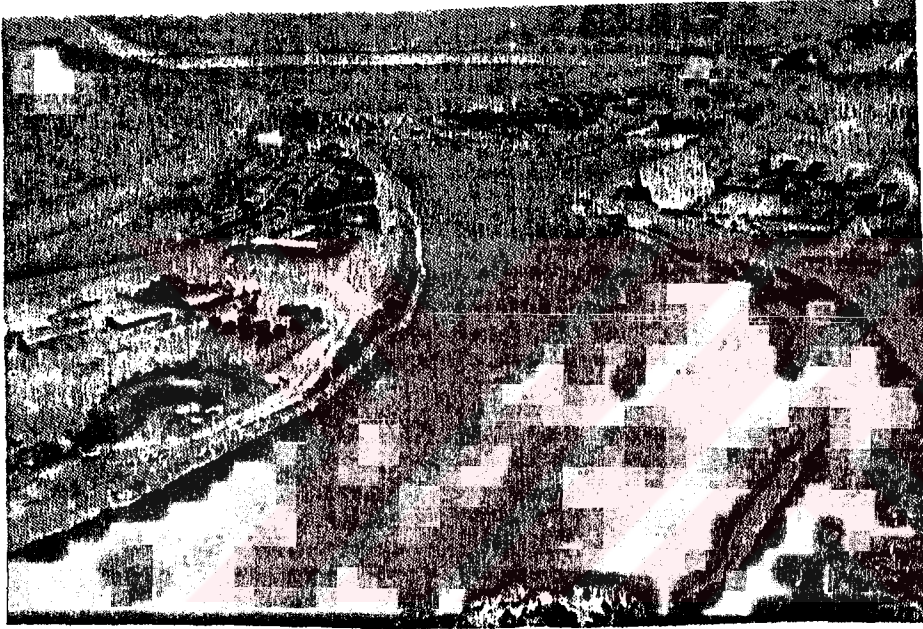
büyük alanları su altında bırakması ve yeraltı su seviyesinin yükselmesi olarak sayılabilir. Bu etkilerden başka zararlı sonuçları sonradan ortaya çıkmış bazı örnekler vardır.

Örneğin, Mısırda yapılmış bulunan Asuan barajı çevreye olan olumsuz etkileri nedeniyle eleştirilere uğramıştır [7].

Bu baraj yapımında mühendislerin gölün yüzeyinde rüzgarın hızının artacağını hesaba katmamalarından dolayı yalnız buharlaşma yolu ile yılda 15 Milyon metre küp su kaybı olmaktadır. Bu kayıp suyun geniş çöllük bölgelerin veriminin artmasına büyük katkıda bulunacağı bir gerçektir. Gerçi Mısır bu dev baraj sayesinde geleneksel yıllık sellerden kurtulmuşsa da buna karşılık suların Akdeniz'e kadar her yıl taşıdığı 100 Milyon ton bereketli çamur ortadan kalktığından Asuan'dan denize kadar uzanan bölgelerde toprağın verimi azalmıştır. Nil nehrinin sürüklediği bütün bu çamur Nasır gölünün dibinde birikmektedir. Dolayısıyla toprağın verimini belirli bir düzeyde tutabilmek için daha fazla kimyasal gübre kullanılması gerekmektedir [6].

Ayrıca baraj çevresinde teraslama ve ağaçlandırma yapılmazsa toprak erozyonu oluşacak ve dolayısıyla baraj haznesi çamurla dolacak ve buda barajın ömrünü azaltacaktır. Ülkemizde özellikle bu olaya çok önem verilmesi gerekir. Örneğin, ömrü 75 yıl hesaplanan Seyhan Barajı, tedbir alınmadığı için 35 yılda verimsiz hale gelmiştir. Bundan dolayı yeni yapılan barajlarda bu tedbirler alınması gerekir. Yine Türkiye'nin en büyük barajı Güneydoğu Anadolu Projesi'nin (GAP) candamarı olan ve ömrü 100 yıl olarak hesaplanan Atatürk Barajı'nın teraslama ve ağaçlandırma çalışmaları yapılmazsa, 45-50 yılda çamurla dolacağı öne sürülmektedir. Barajlar için en büyük tehlikeyi yan dereler ve yamaçlardan gelen topraklar oluşturmaktadır. Zamanla bir barajın su tutma hacminin toprak akıntıları nedeniyle dolmaması için, suyun geldiği yöne teraslar yapılması ve ağaçlandırılması gerekmektedir.

Barajların su hacimlerinin taşınma toprakla dolmasına "sedimentasyon" adı verilmektedir. Örneğin, Atatürk barajında sedimentasyonu önlemek amacıyla birçok ağaçlandırma çalışmaları yapılmış ama bunlar ihtiyacın yanında çok az kalmıştır. GAP'ı yeşertecek Atatürk barajı'nda 120 bin hektarlık alanın teraslama ve ağaçlandırma yapılması gerekmektedir. Bunun içinde 1.2 trilyon bir harcama gerekiyor [8].



Sekil 3.1 GAP Atatürk barajı haznesinin görüntüsü.

3.1.3. Sosyal Çevreye Etkileri

Hidroelektrik enerji üretim projelerinin (barajların) sosyal etkileri doğrudan, yada fiziksel ve biyolojik etkiler sonucu dolaylı olabilir. Bu etkilerin bir kısmı olumlu bir kısmı ise olumsuzdur.

Bazı büyük barajlar çevrenin yeşillendirilmesine gerçekten yardımcı olmuşsa da diğer bir takım yerlerde su altında kalan alanların değerlendirilen alanlara nazaran daha geniş ve daha bereketli olması nedeniyle aynı sonuç elde edilememiştir. Aslında baraj alanı altında kalan topraklar, ormanlar, bitkiler

tarihi eserler,köyler ve hatta kentlerin değerini ölçmek imkanı yoktur. Nasır gölü yüzlerce kilometre boyunca bu tür değerleri suya gömmüştür.

Diğer bir etki de, baraj göllerinin oluşturduğu yerlerde meskenlerini terketmek zorunda kalan insanlar üzerindeki etkidir. Bunların sayısı kesin olarak bilinmemekle beraber bunların mesela, Mısır ve Sudan da 100.000, Gana'da 90.000, Fildişi sahili'nde 80.000 kadar olduğu sanılmaktadır. Benzer şekilde, Nijerya'da Kainjo barajı 42.000, Türkiye'de Keban barajı 30.000 kişinin yer değiştirmesine sebep olmuştur [9].

Bereketli topraklardan çıkarılan bu kişilere yeni verilen topraklar genellikle fakir ve çorak olmakta, bu durum çözülmesi zor sosyal problemler meydana getirmektedir. Yerleşim yerlerindeki bu değişiklik farklı örf, adet, dil, din, sosyal değerleri ve kültürleri olan bu insanları olumsuz yönde etkileyecektir.

Yine yeni yapılmakta olan Atatürk barajı gölü alanında da bir çok yerleşim merkezi sular altında kalmıştır. Buralarda çok eski tarihi geçmişe dayanan yerleşim bölgeleri mevcuttu. Bunların bir kısmının tarihi kalıntıları sular altında kalmaktan kurtulmuşsa da yeterli inceleme ve araştırmalar yapılmamıştır. Buna örnek olarak Adıyaman'ın Samsat İlçesi ve etrafındaki yerleşim bölgeleri verilebilir.

3.2. Termik Santrallerin Çevreye Etkileri

Elektrik enerji üretim tesisleri içerisinde, çevreye etkileri bakımından en göze batan santral grubu, Termik Santral'lardır. Bu etkideki en büyük pay, yakıt olarak kullanılan ve fosil kökenli yakıt olarak adlandırılan petrol, taşkömürü, linyit ve doğal gaz gibi yakıtlara aittir. Fosil kökenli yakıtların üretim ve iletimi aşamasında toprak ve su kirliliği, tarım toprağı gibi çevre problemleri ile

karşılaşılmaktadır. Ancak bu kaynakların çevreye zararları, özellikle kullanılmaları, diğer bir deyişle yakılmaları sırasında oluşmaktadır. Bunların yakılmalarında elektrik enerjisi üretimi açısından Termik Santrallarda olmaktadır.

Bu enerji üretimi esnasında oluşan kirleticilerden; uçucu kül, kükürtoksit, azotoksit, karbonmonoksit, karbondioksit, atık ısı ve katı atıkları birçok çevre problemine sebep olmaktadır.

Bunların oluşturdukları etkiler aşağıda açıklanacaktır;

Uçucu küller:

Görüş mesafesini kısaltır ve solunum rahatsızlıkları meydana getirirler. Bacadan çıkan bu küllerin kül yağmuru olarak toprağa yağması, toprağın fiziksel ve kimyasal yapısını zamanla değiştirmektedir. Küller doğal ve kültür bitkilerinin yapraklarını örterek, bunların solunum ve fotosentez yapma olanağını azaltmaktadırlar.

Ayrıca Termik Santral'in kullandığı kömür radyoaktif maddeler içeriyorsa, buradan oluşan baca külleri, radyoaktif maddeleri toprağa karıştırır. Böylelikle o yörede ki tüm canlı yaşam riske girer. yine Termik Santral'in kirlettiği akarsuların tarım topraklarının sulanmasında kullanılması ile bu kirliliğin topraklara geçmesi, bu toprakları gittikçe verimsiz kılar.

Kükürtoksitler:

Termik Santralin bacasından çıkan bu gazlar malzeme ve bitkilere zarar verirler, ayrıca solunum rahatsızlıkları da meydana getirirler. Mesela; arpa, buğday, pamuk, yonca, elma, gibi bitkiler 0.3 ppm (yaklaşık $800 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) kükürtdioksit'e 8 saat süreyle maruz kaldıklarında dokusal bozulmalara

uğramaktadır [10].

Bitkiler üzerinde kirletici etkisi ile ortaya çıkan zararlanma üç ayrı boyutta görülmektedir. Bunlar akut, kronik ve gizli zararlanmadır. Akut zararlanmaya uğrayan bitkiler derhal ölmekte, kronik zararlanma öldürücü olmamakla birlikte bitki kalitesini büyük oranda bozmaktadır. Görünmeyen (gizli) zarar ise zaman içinde ortaya çıkmaktadır.

Kükürtdioksit'in yapraklardan sonra en etkili olduğu yer hazır bitki besinlerinin taşındığı borulardır. Bu boruların vasıtasıyla SO₂ nin etkisi bitkinin diğer kısımlarına yayılır. Bitki terleme olayını kontrol edemez ve su bütçesi bozulur. Bitkide solgunluk ve kurumalar görülür. Bu durum bitkide ki fotosentez olayını da bozar. Ayrıca polen tozları ve dişiçik tepesi gazdan zarar gördüğünden döllenme olmaz ve meyve tutmaz.

Meyvedeki belirtiler, SO₂ ye 1 yıl maruz kaldıktan sonra belirginleşir. Bitkilerdeki SO₂ zararları yaprak lekeleri, yaprak kurumaları, yaprak ve meyve dökülmeleri, büyümedeki gerileme, solgunluk ve ölümle sonuçlanır. Klorofil sentezinin etkilendiği SO₂ konsantrasyonu, 26 µg/m³ olarak saptanmıştır

Diğer yandan kükürtlü gazlar, asit yağmurlarının oluşmasındaki en önemli etkidir. Acaba bu yağmurların oluşma sebebi ve neticeleri neler olabilir ? Öncelikle asit yağmurları SO₂ 'nin havada gerçekleştirdiği birtakım reaksiyonlar sonucunda oluşurlar. İlk olarak SO₂ atmosferde oksidasyonla SO₃'e dönüşür. Bu oksidasyon süreci katalitik veya fotokimyasal süreçle devam eder ve SO₃ derhal H₂O ile reaksiyona girerek H₂SO₄'ü oluşturur. H₂SO₄ su ile birleştiği zaman sıvı H₂SO₄ meydana gelir. Bu da, yoğunlaşmış asitin depolanmasına neden olur, ya da eğer amonyak mevcut ise (NH₄)₂SO₄'e dönüşür. Eğer ortamda NaCl'li deniz sularının santralden verilen dumanla teması sonucunda önemli miktarda HCl meydana gelebilir.

Asit yağmurları başta ormanlar olmak üzere bütün bitki örtüsünü kavuracaktır. Bu yağmurlar toprağa da sızarak kökten odun borularıyla yukarılara taşınır. Ayrıca zamanla toprağı çıplaklaştırarak erozyon tehlikesini meydana getirerek, toprağın besin dengesini de bozacaktır. Asit yağmurları bitki örtüsü dışında yer üstü sularını da kirletecek ve dolayısıyla denizlerde kütlesele balık ölümlerine sebep olacaktır.

Asit yağmurlarının maddi sonuçları oldukça yüksektir. Örneğin, Almanya'da asit yağışlarla ve diğer yollarla meydana gelen çevre kirlenmesiyle taşınmaz kültür varlıklarında ve ormanlarda ve insan sağlığı üzerinde meydana gelen zararların 1986 yılında 48 milyar DM olduğu hesaplanmıştır. 1990 yılında bu miktarın 3 katına çıkacağı tahmin ediliyor [13].

SO₂ gazı insan sağlığında solunum yolları rahatsızlığı oluşturur. Günlük SO₂ konsantrasyonu 250-500 µg/m³ olduğu zaman akciğer hastalıkları olanların rahatsızlıkları artar; günlük konsantrasyonun 500 µg/m³ 'e ulaşmasıyla da, hastanelerdeki solunum yolu hastalarının sayısı artar ve ölüm olayları görülür.

SO₂ gazı solunum yollarına girerek orada su ile birleşir ve (H₂SO₃) sülfüroz asitini meydana getirir. Bazen bu oksidasyon havadaki su buharı ile olur ve zehirli sis dumanları teşekkül eder. Bu da dumanı soluyan kimselerin boğaz ve hava yollarında ilerleyici bir tahriş öksürüğüne sebebiyet vermektedir. Duman zehirlenmesi devam ettikçe hava yollarının tıkaçıcı iltihabı dediğimiz kronik bronşit ve bunun sonunda da karaciğer şişkinliği (anfizem) oluşmaktadır. Öksürük, balgam ve nefes darlığı şikayetleri oluşmaktadır.

Anfizemli ve bronşitli yaşlı kişiler daha büyük risk altındadır. SO₂ nin kokusu farkedilecek düzeye yükseldiğinde (ki bu düzey 0.5 ppm dir) astımlılarda kriz başlayabilmektedir. Yine çevre havasında sülfür düzeylerinin artması ile

çocuklarda ve erişkinlerde larenjit, trakeit, bronşit gibi akut solunum yolları hastalıkları oluşmaktadır.

SO₂ gazının hayvanlar üzerinde de etkileri vardır. SO₂ gazının havadaki 1.6 ppm lik dozu hayvanların solunum sisteminde akut etkilere neden olur. Düşük kükürtdioksit dozlarına sürekli maruz kalan hayvanlarda solunum yolları enfeksiyonları artar ve kasların elastikiyeti azalır. Örneğin kükürtdioksitin en küçük dozları bile arılara zarar vermektedir [11].

Azotoksitler:

Bu gazlar zehirli gazlar olup gerek insan sağlığı gerekse bitki örtüsü üzerinde zararlı tesirleri vardır.

Bitkilerdeki NO₂ nin zararları, yaprak lekeleri, yaprak kurumaları, yaprak ve meyve dökülmeleri, büyümedeki gerileme, solgunluk ve ölümlerle sonuçlanır.

NO_x ile SO₂ birarada bulunurlarsa birbirlerinin zararlı etkilerini arttırmaktadır. NO₂ gazı çıkan fabrikanın çevresinde yaşayan çocuklarda solunum fonksiyon testlerinde normale kıyasla zayıflama, akut alt solunum yolları enfeksiyonlarında artma, kanda methemoglobin düzeyinde artma saptanmıştır.

Azotdioksit gazı hayvanlarda ise burun ve gözlerde tahrişe neden olur. Bunu solunum gücünün azalması, akciğer ödemleri ve ölüm izler.

Karbonmonoksit:

Diğer bir zehirli gazdır ve davranışlarda bozukluk izleri oluşturur, kalp ve damar fonksiyonlarına zarar verir, solunum yetmezliği, koma ve ölüme dek değişebilen bir çok etki meydana getirir.

Karbonmonoksit kana geçtikten sonra oksijen taşıyıcı olarak bilinen hemoglobininle birleşmekte ve bu arada oksijenin yerini almakta ve karbosi hemoglobini (COHb) oluşturmaktadır. CO'nin insanlar üzerindeki etkileri ise şunlardır;

1. Dokulara daha az oksijen taşınmasına neden olmaktadır.
2. Myoglobin ve sitokrom oksidaj sistemine oksijenin bağlanmasını zorlaştırmaktadır. (Yani hücre içinde oksijenin kullanılarak enerji oluşması zorlaşmaktadır.)
3. Ateroskleroz muhtemelen artmaktadır.
4. Yeni doğan bebekler düşük kilolu olmakta ve yeni doğanlarda ölüm oranı artmaktadır.
5. Kalp ve akciğer hastaları üzerine etkileri vardır.

Karbondioksit:

Bu gaz sera etkisi olarak isimlendirilen olayda rol oynayan en önemli parametrelerden biridir. Bu olay, atmosferin ısınması, iklimlerin değişmesi, buzulların erimesi ve deniz seviyelerinin yükselmesi gibi bir dizi kısa ve uzun dönemli çevre problemlerine sebep olur.

Atmosferde bulunan CO₂ gazı, aynen sera camlarında olduğu gibi, güneşten gelen ışın enerjisinin yeryüzüne kadar gelmesini engellemez. Ama bu ışın enerjisi yeryüzüne çarpıp ısı enerjisi haline dönüşünce bunun yeniden atmosferin yüksek tabakalarına çıkmasını engeller (aynen seralarda olduğu gibi) ve böylece yeryüzüne yakın ortamlar üzerinde ısıtıcı bir etki yapar. Buna atmosferik karbondioksitin sera etkisi denmektedir. Yapılan açıklamalardan kolayca anlaşılacağı üzere bu olay içinde bitki yetiştirilen, her tarafı camlı yetiştirme mekanlarında oluşan sürecin aynısıdır. Bilindiği gibi camlı ya da naylondan yapılmış seralar güneş ışınlarının içeriye geçmesine olanak verir, ama sera içinde ısı enerjisi haline dönüşmüş ışın enerjisinin dışarıya çıkmasına engel olur. Buna sera etkisi denmektedir.

Atmosferik karbondioksitin sera etkisi çok önemli ekolojik sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Atmosferde doğal olarak 0.0003 (on binde üç) oranında bulunan CO₂, fosil yakıtların santrallarda yakılmasıyla atmosferdeki CO₂ miktarı gittikçe artıyor. Bu gelişim sera etkisinin artacağını ve böylece dünyanın gittikçe ısınacağını gösteriyor. Buna bağlı olarak kutuplardaki buzları eritebileceği, deniz kıyılarında su düzeyinin yükselebileceği düşünülmektedir. Bu nedenle birçok ülkede atmosferik karbondioksit miktarı sürekli olarak ölçülüyor ve gerekli önlemler alınmaya çalışılıyor [14].

Yanmamış Hidrokarbonlar:

Bunların çevreye zararları doğrudan ve dolaylı olarak iki türdür. Doğrudan zararlar arasında etilenin bitki büyümesini durdurması sayılabilir. Ancak bu kirleticilerin asıl çevre etkileri dolaylı olarak gerçekleşir ve atmosferdeki fotokimyasal reaksiyonları sonucu oluşur. Bunlar, bitkilerde büyümeyi durdurmaktan, şiddetli kanserojen olma ve ölümlere sebebiyet vermeye dek değişen geniş bir spektrumda çevreyi etkilerler [10].

Atık Isı:

Termik santrallarda, yakıt yakılarak üretilen basınçlı buharın türbin içinde aniden genişlemesi ilkesiyle elektrik enerjisi üretilir. Fakat bu enerjinin sadece %30-40 oranındaki bir bölümü elektrik enerjisine dönüştürülebilmekte, kalan kısım ise "kaçan enerji" olarak adlandırılmakta ve ısı kazandırarak radyasyon ile çıkmakta ya da baca gazıyla birlikte bacadan atılmaktadır. Bacadan kaçan ısıyı kabul edilebilir bir seviyede tutabilmek, ayrıca malzemeyi korumak için kazan çıkışında gaz ve buhar sürekli soğutulmakta ve bu nedenle santralin büyük miktarlarda soğutma suyu kullanması gerekmektedir. Örneğin, petrol ya da kömürle çalışan termik santraller de her 100 MW güç için yaklaşık 4 m³/sn. soğutma suyuna ihtiyaç var.

Yani termik santrallerde üretilen ısıнын büyük bir kısmı atık enerji olmakta ve herhangi bir şekilde çevreye verilmesi gerekmektedir. Bu amaç için, en çok kullanılan yöntemlerden biri soğutma suyu için doğal bir su kaynağından (akarsu, göl, deniz v.b.) alınan suyun, sistemden geçirildikten sonra 8-12°C ısınmış olarak tekrar alındığı ortama geri verilmesidir. Bu suyun soğuması ise akım boyunca atmosferle olan ısı alış veriş-i ile olmaktadır.

Termik santrallerin ısı deşarjlarını, yarattıkları hava kirliliğinde görülen kesinlikle çevre sağlığı ile ilgilendirmek kolay değildir. Atık ısı, daha çok ısınan su kütlesinin, daha sonraki kullanımını etkileyen ve alıcı suların biyolojik kalitesini değıştiren bir faktördür.

Su kaynaklarının sıcaklıklarının suni olarak arttırılması suyun fiziksel özellikleri ile birlikte kimyasal proseslerin oluşumunda ve suda bulunan canlı hayat üzerinde de etkili olmaktadır. Organik kökenli kullanılmış suların doğal bir su kütlesine verilmesi, sudaki çözünmüş oksijen miktarını yöresel olarak azaltmaktadır. Sudaki oksijen çözünürlüğü, artan su sıcaklığı için azalmakta olduğundan, atıkların akarsulara deşarj edilebilmesi için, alıcı ortam su sıcaklığının düşük olması gerekmektedir.

Sıcaklık artışı etkisiyle alglerin ya da diğer bitkisel plankton türlerinin üreme hızları değışir. Birkaç tür organizmanın hızla üremesi sonunda, ekosistem dengesi değıştiğinden istenmeyen sonuçlar doğar. Örneğin, koku ve tad problemleri ortaya çıkabilir, suyun kullanımı güçleşir, omurgalı hayvan nüfusu azalabilir.

Artan sıcaklığın suyun fiziksel özellikleri üzerindeki etkileri arasında en önemlilerinden birisi suyun yoğunluğunun sıcaklığın artması ile değışmesidir. Soğutma suyunun, hızlı karışımın sağlanamaması halinde, alıcı ortamla olan sıcaklık

farklarının doğurduğu yoğunluk farkları nedeniyle akımlar oluşmaktadır. Bu tip akımlar su yüzeyinde tabakalaşma ve araya da dip akımı olarak kendilerini gösterirler. Duran sulara verilen soğutma suyunun oluşturacağı yoğunluk akımları, alıcı ortamdaki doğal akımların mevsimsel sırasını etkileyip, bu tür suların biyolojik dengesini bozabilmektedir.

3.2.1. Genel Olarak Termik Santraller

Türkiyenin toplam kurulu elektrik üretim gücü 14899,5 MW, toplam üretimi 57889,9 Gwh dir. Bu üretimin yaklaşık % 60'ı termik santrallerden karşılanmaktadır.

Genelde bu termik santrallerde kullanılan yakıt kalitesiz linyit kömürüdür. Bu linyit kömürü düşük kalori, yüksek oranlarda kükürt, nem, partikül, yanmayan madde içermektedir. Bu kömür 1950 den günümüze kadar termik santrallerde yakılarak ucuz elektrik enerjisi üretiminde kullanılmıştır.

Türkiye'de 1990 yılı itibarıyla, kömüre dayalı 15 (13'ü işletmede 2'si inşa halinde), motorin ile çalışan 14, atık ısı kullanan 3, doğal gazla çalışan 2, fuel-oil ile çalışan 2, jeotermal ile çalışan 1 adet, toplam 35 adet termik santral bulunmaktadır. TEK'e ait linyit ve taşkömürü ile çalışan termik santraller ve kurulu güçleri Tablo.1'de verilmiştir [15].

Tablo.2, Türkiyedeki termik santraller için yönetmelikte öngörülen emisyon limitlerini göstermektedir. Bu Tablo'da yakma tesisleri, eski ve yeni tesisler genel kategorileri adı altında katı, sıvı ve gaz yakıtlı yakma tesisleri sınıflarına ayrılmışlardır. Bu sınıflandırmaya göre 50.000 saatten fazla çalışma ömrü planlanan bir yeni tesis için (ki Türkiyedeki termik santrallerin % 90'nı bu gruba girer) öngörülen maksimum SO₂ emisyonu 1000 mg/Nm³ dir. Çayırhan Termik Santralindeki emisyon bu değerin 18 katına yaklaşmaktadır.

Tablo.1 : İşletmedeki kömüre dayalı TEK Termik Santralleri.

Santralin Adı	Kurulu Güç (MW)	Üretim (Gwh)
		Ortalama
<u>Taşkömürü</u>		
Çatalağzı A	129	800
Çatalağzı B1	150	900
<u>Linyit</u>		
Afşin-Elbistan	4x340	7800
Kangal 1	150	900
Seyitömer	4x150	3600
Soma A	44	320
Soma B	660	3960
Tunçbilek A	129	600
Tunçbilek B	2x150	1800
Çayırhan A	2x150	1800
Yatağan	3x210	3780
Yeniköy 1-2	2x210	2520

Bir termik santralda hava kaalitesi kontrol sistemleri (HKKS) genel yatırımın % 30 ve üretilen enerjinin % 10 civarını harcar. Bu da HKKS teknolojilerinin termik santral yatırımı ve işletmesi açısından büyük öneme haiz olduğunu gösterir.

Yukarıda genel olarak belirtilen Termik Santrallerin bazıları çevreye etkileri açısından önemlidir. Bu santraller Yatağan, Yeniköy, Soma, Kemerköy(Gökova) ile kurulma safhasındaki Aliağa Gencelli Termik Santralleridir. Aşağıda bu santrallerin bugünkü durumları, çevreye etkileri ve sonuçlarının değerlendirilmesi yapılacaktır.

Öncelikle karşılaştırma yapılması açısından 100 MW gücündeki bir santralin kirletici etkileri aşağıda Tablo.3' de verilmiştir.

Tablo.3 : 100 MW gücündeki bir santralin kirletici etkileri

Parametre	Değer
Termal Etki	$3,8 \times 10^5$ Kcal/saniye
SO ₂ Emisyonu	45.000 ton/yıl
NO _x Emisyonu	26.000 ton/yıl
CO Emisyonu	750 ton/yıl
Katı Parçacıklar	3.500 ton/yıl
Hidrokarbonlar	250 ton/yıl
Kül	5.660 m ³ /yıl

Yatağan Termik Santrali:

Muğla'nın Yatağan ilçesindeki bu santralin çevreye verdiği etkiler ve oluşturduğu tepkiler hala güncelliğini korumaktadır. Bu santral, 17 Şubat 1993 günü, geçen Ağustos ayında yerleştirilen radyasyon erken uyarı sistemi (RESA) nin alarm vermesiyle, gündeme geldi.

210 MW'lık üç üniteden oluşan bu santralda bölgede çıkarılan uranyumlu kömürler kullanılmaktadır.

Yapılan araştırmalara göre, Muğla-Yatağan Termik Santrali'nin kömür aldığı havzalarda 191 milyon linyit rezervi olduğu ve şu anda bölgede linyit alınmayan havzalarda ise 224 milyon linyit rezervinin bulunduğu ortaya çıkmıştır. Bu linyit kömürünün çıkarılması için 10 km²'lik alan boşaltılmış ve kömür tozları 30 km²'lik alanı bozmuştur.

Enerji üretim tesisinde bu kömürlerin yakılması sonucunda bacadan çıkan uranyumlu küller yağışla aşağıya inerek alarma

sebepe olmuşlardır.

Kömürden karbon gazının çıkmasıyla, küldeki uranyum, yanmamış kömüre göre daha fazla olmaktadır. İşte bu uranyumu yüksek küller çevre ve insan sağlığı açısından daha çok tehlikeye taşımaktadır. Öyleki Yatağan'ın 20 km uzağında bulunan Turgut İlçesindeki insanları bile menfi yönde etkilediği görülmüştür.

Yine Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü'nden Prof. Dr. Selman Kınacı, Yatağan kömürlaerinde 1988-89 yıllarında ölçümler yapıldığını söylüyor ve devamında şunları belirtiyor:

"Ölçümler sonunda yatakların hepsinde yüksek miktarlarda uranyum çıktı. Bazılarında 80, bazılarında 90, bazılarında ise 120 ppm (milyonda bir birim) uranyum."

1989 yıllarında elde edilen bu bulgularla, bu kömürün hiç bir işleme tabi tutulmadan santralda yakılmasının son derece sakıncalı olduğu ortaya konmuş ve ilgililer uyarılmıştır. Buna rağmen gerekli tedbirler alınmamış ve santralin işletilmesine devam edilmiştir.

Su ana kadar uranyumu yüksek küller, santralin karşısında bir kül dağı oluşturmuşlardır. Bunlar açıkta ve rüzgarlı havalarda savrulup gitmektedirler. Öncelikle kömürün yanması sonucu oluşan bu kül dağlarının kontrol altına alınması gereklidir.

Termik santralda, yılda 11 ile 15 bin ton uçucu baca külü oluşmaktadır. Küllerin içerdiği uranyum yüzdesine göre, bu, yılda 2-2,5 ton uranyum demektir. Santralda aynı zamanda yılda 2 milyon ton yer külü oluşmaktadır. Bu da yılda 250-320 ton uranyum oluşumudur. 600 Candu-PHW tipi bir nükleer santralin yıllık yakıt ihtiyacı 80 ton uranyumdur. Buna göre, Yatağan

Termik Santrali'nda elde edilecek uranyumla, üç ya da dört nükleer santralin ihtiyacı temin edilebilir [16].

Diğer yandan yine Yatağan Termik Santrali'nda yapılan başka bir araştırma sonucu elde edilen hesaplamalara göre standartların çok üzerinde konsantrasyon saptanmıştır. Buda bize Yatağan ve çevresinde yaşayan insanlarda astım, bronşit, anfizem ve akciğer kanseri gibi rahatsızlıkların termik santral nedeniyle artacağını göstermektedir.

Bölgede çıkan kömür, uranyum açısından tehlikeli olmayan bölümleriyle de, kontrolsüz yakılması zararlı olan bir kömür olduğu ortada. Radyasyon yükselmesine neden olması önlenirse de yaydığı diğer zararlı maddelerle çevreyi ve insan sağlığını tehdit ediyor.

Ayrıca santralin bacasından çıkan SO₂ gazı birinci derecede 170 km²'lik, ikinci derecede 190 km²'lik alanı toplam 360 km²'lik alan bitki örtüsü yönünden yok etmektedir. Yatağan yöresinde 1965'ten 1983 yılına kadar 2.437 ha lık orman yangınlar nedeniyle yok olmuştur. Ancak 1982'de termik santral kurulduktan sonra bacadan çıkan duman sayesinde 4.181 ha lık orman tamamıyla yok olmuş. Bunların yanısıra santralin kirli suları dipçik çayını da kirletip, kullanılamaz hale getirmiştir [12].

Yatağan Termik Santrali'nda sülfür gazları için konması gereken "desülfürizasyon filtresi" henüz konmamıştır. Ama bu filtre sisteminin Nisan 1993'e kadar yetiştirileceği yetkililer tarafından bildirilmiştir.

Yeniköy Termik Santrali:

2x210 MW kurulu gücündeki bu santral, bölgede şu anda işletmede olan tek santraldır (Yatağan, Yeniköy ve Kemerköy santralleri arasında).

Yeniköy Santrali'nda kullanılan kömürde yine Yatağan'daki kömürdür. Bu nedenle aynı tehlikeler ve çevreye etkileri bu santral için de geçerlidir.

Yeniköy ve Yatağan Santrallerinin çevrelerine yağdırdığı kükürtdioksit'in günde 1200 ton civarında olduğu tespit edilmiştir. Bu da çevre ve insan sağlığı için fevkalade tehlike oluşturmaktadır.

Kemerköy(Gökova) Termik Santrali:

2x210 MW kurulu gücünde olacak olan ve 1984 yılında yapımına başlanan ve hala devam eden bu santral üzerinde şimdiye kadar çok eleştiri yapılmıştır. Bugün de hala yapılmaktadır. Yatağan Santrali'nin Muğla'da oluşturduğu son tehlikeler, aynı kömürü kullanacak Kemerköy Santrali için yapılan eleştirileri haklı çıkarmaktadır.

Tesisin şu anda büyük bir bölümü tamamlanmış olsa bile enerji üretimine geçip geçmeyeceği belirsizliğini korumaktadır.

Kemerköy Santral Unitelerinin Yeniköy Santrali'na ilave edilmesi planlanırken, bu ilave halinde yöre için sakıncalı olacağı bir gerçek. Kaldı ki bölgedeki kömür yataklarının, kömürünün kalitesizliği bir yana, ömrünün de 13 yıl sonra sona ereceği saptanmıştır.

Ayrıca Yatağan'daki ve Yeniköy'deki gibi, Gökova'da da projeye konulan arındırma ve temizleme sistemlerinin önemli faydası olmayacağı saptanmıştır. Bunun içinde ayrıca bir "desülfürizasyon ünitesi" yapılması gerekiyor ki, bedeli 250-300 milyon dolar civarındadır. Yani bugüne kadar yapılan 600 milyon dolarlık harcamanın yarısı kadardır.

Diğer yandan bu santral için çevresel etki değerlendirme raporu(ÇED) yönetmeliğinin çıkarılmadan santral yapımına

girişildiği kaydediliyor. Öyleki bölgenin turistik bir bölge olması açısından da bu raporun önemliliği artıyor.

Soma Termik Santrali:

Ege Bölgesi'ne kirlilik saçan bir başka santral da Soma Termik Santrali'dir. Bu santralin çevreye etkileri şunlardır;

Soma Termik Santralından kuş uçuşu 78 km uzağa kadar termik santralin baca gazlarının bitkiler üzerindeki şiddetli etkisi devam etmektedir. Karaağaç, armut, badem vb. kuruduğu, üzüm gibi ürünlerin verimliliklerinin azaldığı tesbit edilmiştir. Soma çevresinde termik santral baca gazlarının etkilediği doğal bitkiler şunlardır; Başta karaağaç, gelincik, kızılçam fıstık çamı, çitlenbik, çınar, ateş diken, söğüt, üvez ve ıhlamurlar kurumuş veya kurumaktadır. Bunlardan özellikle bölge için önemli olan Bergama ve Kozak çevresindeki 16000 ha'lık bir alan kaplayan fıstık çamı eskiye oranla yarıdan aşağıya indiği bildirilmekte ve bölgede yer yer tamamen kuruyan ve sık sık kurumaya başlayan fıstık çam ağaçları görülmektedir. Ayrıca bu bölgede meyve ve sebzelerin ürün verimleri düşmüştür.

Ayrıca Soma Termik Santrali'nin yakın çevresinde yarattığı hava kirliliği nedeniyle bildirgin, bülbül, kerkenez, leylek vb. kuşlar nadiren görülebilmekte veya hiç görülememektedir [12].

Aliağa Gencelli Termik Santrali:

1989 Ekim'inde Bakanlar Kurulu Kararname'si ile kurulmasına karar verilen Aliağa Termik Santrali uzunca süreden beri tartışmalı güncelliğini korumakta. Bu santral Aliağa Gencelli'ye bağlı Kozbeyli ve Nemrut Limanı çevresinde kurulacaktır. Japonların "Yap-İşlet-Devret" modeliyle kurmak istedikleri bu santral da ithal kömür kullanılacaktır. Bu formüle uygun olarak 15 yıl boyunca Japonlar tarafından işletilecek,

daha sonra tesis Türkiyeli işletmecilere devredilecektir.

Termik santrallerin verimli üretim yapabildiği sürenin ortalama 25 yıl olduğu düşünülürse, geriye kalan 10 yıllık süre yerli işletmeciler tarafından değerlendirilecektir.

Yapımı planlanan bu santralin yakın gelecekte Aliağa, Foça ve Menemen yöresindeki canlı yaşamı etkileyeceği bir gerçektir. Öyleki bu yörede insanlar geçimlerini çeşitli tarım alanlarından sağlamaktadır. Fakat son yıllarda çevrede giderek artan sanayi bölgesi, bu verimli toprakların büyük bir bölümünü olumsuz etkilemiştir. Buna rağmen, Menemen ovası önemli bir üretim alanı olmaya devam etmektedir. Aliağa ve Foça'da pamuk, domates, buğday, arpa, tütün, ve meyva üretimi önde gelirken Gediz ovasında zeytin, tütün, mandalina yetişmektedir. Menemen ovasında üretim çeşitlenmektedir. En önemli üretim kaynağı bağ ve pamuk alanlarıdır. Aliağa'daki 150.000 nüfusun 45.000'i kırsal kesimi oluşturmakta ve bağcılık, hayvancılık ve arıcılık da önemli gelir kaynakları olmaktadır. Kurulması planlanan santral deniz kenarında ve çandarlı körfezinde hala balıkçılık yapılmaktadır. Aliağa'nın gelir kaynakları ve ekonomik yapısı bu düzeyde iken termik santralin yapımıyla üretimin tümü risk altına girmektedir. Örneğin NO_x gazı, imbat rüzgarı altında tüm Menemen Ovasını ve poyraz rüzgarı altında ise Foça sahillerindeki doğal güzellikleri nitrik asite boğacak ve bunun sonucunda özellikle Menemen Ovasının en zengin kesimini oluşturan tarım toprakları asit yağmuru altında kalacaktır.

Gencelli yöresi sürekli, kuzey rüzgarlarına açıktır. Bu rüzgarlar kül dağlarını Menemen Ovasına kadar taşıyacaktır. Bu kül dağları Kozbeyli, Gencelli, Horozgediği, yöresini tümüyle külle kaplayacaktır. Yine yörede etkilenecek yaklaşık 7.500 ha orman alanı vardır [12].

3.2.2. Termik Santrallarda Uçucu Kül Problemi ve bunların Değerlendirilmesi

Termik santrallarda alt ısı değeri 1.000-3.000 kCal/kg olan ve kül oranı % 50'ye kadar çıkabilen kömürler pulverize (toz halinde) olarak yakılmaktadır. 1.100-1.600 °C ısıda bacalarda ve elektrofiltrelerde toplanan ince toz haldeki ve pozolonik özellik taşıyan yanma atıkları büyük oranda baca gazları ile sürüklenir ve uçucu kül olarak adlandırılır.

Türkiye'deki termik santralların işleme kapasiteleri ve kullandıkları kömürlerin en az % 20 kül içerdiği dikkate alınarak yapılan hesaplamalarda 1986 yılında yaklaşık 6,2 milyon ton uçucu külün atmosfere atıldığı anlaşılmaktadır. Ortaya çıkan büyük miktarlardaki külün değerlendirilmesi ekonomik olarak ve çevre sorunları açısından büyük önem taşımaktadır.

Termik santrallarda oluşan ve hava, su ve toprak için potansiyel bir kirlenme kaynağı olan uçucu küller yaygın uygulama olarak tesis alanı içinde bir yere yığılmaktadır. Bu sorunun boyutları büyük ölçüde atık ve ortamın karakteristikleri ile belirlenir.

Kömürün bileşimindeki elementler uçucu kül içeriğinin ana kaynağıdır. Bu elementler yüksek sıcaklıkta kısmen buharlaşır. ve soğuma sırasında kül tanecikleri üzerinde yoğunlaşır. Öncelikli kirletici olarak kabul edilen bazı elementlerin uçucu kül içindeki konsantrasyonları Tablo.4'de görülmektedir.

Bu elementlerin değişik ortamlarda çözünürlükleri de farklıdır. Kullanım ya da stabilizasyon amacı ile yapılan kimyasal işlemlerde uçucu külden sızabilecek elementleri etkilemektedir.

Üretilen uçucu külün tamamını eritecek düzeyde olmamakla

beraber bazı kullanım alanlarından söz edilebilir. Halen kullanılan ya da değerlendirilecek başlıca önemli sahalar; inşaat malzemesi üretimi, değerli elementlerin yeniden kazanılması, toprak ıslahı ve su arıtımıdır.

Tablo.4 : Ucucu kül içinde bulunan öncelikli kirletici elementler.

Element	Konsantrasyon (ppm)	
	Minimum	Maksimum
Sb	0.8	1.000
As	2.3	1.700
Be	1.0	1.000
Cd	0.1	250
Cr	11.0	7.400
Cu	30.0	3.020
Pb	3.1	1.600
Hg	0.01	22
Ni	1.8	8.000
Se	1.2	500
Ag	1.0	50
Zn	14.0	13.000
Th	1.8	68
U	0.8	30

Ucucu külün çevreyi kirletme potansiyeline sahip olması, büyük hacimlerde ortaya çıkması, atılacak yer bulma güçlüğü ve değerlendirilmesindeki ekonomik yararlar dikkate alındığında, üzerinde önemle durulması gereken bir konu olduğu anlaşılmaktadır. Bu atık maddeye uygun kullanım alanlarının bulunması için çok iyi karakterize edilmesi gerekir. Çeşitli özellikleri esas alınarak hangi külün hangi amaçlarla kullanılabileceği belirlenmelidir.

Ucucu külün tuğla tipi malzeme üretiminde çimentoya katkı

maddesi olarak, yol inşaatı ve stabilizasyonu için kullanılması büyük ekonomik yararlar sağlar. Ancak kullanıldığı yerlerde çevreye zarar vermesine dikkat edilmelidir. Bu amaçla özellikle külün bulunduğu ortamda sızdırabileceği toksik elementlerin belirlenmesi gerekir.

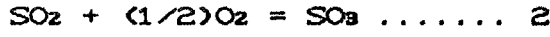
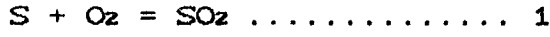
Bu kullanım alanlarına bir örnek olarak, uçucu kül katkılı çimento üretimi verilebilir. Normal (portland) çimentoya %30 oranında uçucu kül katılmasıyla elde edilen çimento analizleri çeşitli olumlu sonuçlar vermiştir.

Uçucu kül katkılı çimentodan yapılmış betonların su sızdırmazlığı ve aşındırıcı ortamlara karşı dayanıklılığı normal çimentoya oranla artmakta, buna karşılık hidratasyon ısısı düşmektedir. Bu özellikleri gözönüne alındığında uçucu kül katkılı çimento, kütle betonlu yapılarda (baraj, hidroelektrik santraller, liman, iskele, yol, köprü vb.) normal çimento yerine kullanılma avantajına sahiptir.

Uçucu kül katkılı çimento üretimi ve kullanımı çevre kirliliğini önlemedeki avantajları yanında ekonomik olarak da (yatırım, enerji, iş gücü vb.) oldukça önemli avantajlar sağlamaktadır [12].

3.2.3. Termik Santrallarda Baca Gazı Kirliliği ve Önlenmesi:

Baca gazı emisyonu partikül maddesi, kükürt ve azot oksitler meydana gelir. Bunlar içinde kükürt oksitler çevre kirliliği açısından en çok dikkati çeken grup olmuştur. Kükürt kömür içinde iki formda bulunur. Bunlar organik ve inorganik. İnorganik kısım pirit FeS_2 dir ve yakıt içinde küçük odacıklar ve parçacıklar halinde bulunur. Kömürün yıkanması ile bu kısım bir miktar azaltılabilir. Organik kükürt kömürün moleküler yapısı içinde umumiyetle oksijene bağlı olarak SO_4 iyonu halinde bulunur ve yanma ile doğrudan baca gazına geçer. Başlıca kükürt yanma reaksiyonları:



Yanma gazında tipik (SO_2/SO_3) oranı 20/1 ile 80/1 arasındadır. Gerçekte yanma reaksiyonları yukarıda gösterildiğinden çok daha karışıktır. SO_3 'ün emisyon standardı yoktur. Fakat SO_2 ile karşılaştırıldığında SO_3 çok reaktif ve hidroskopik olduğundan hemen havanın nemi ile reaksiyona girerek sülfürik asit aerosolları meydana getirir. Gaz içindeki küçük parçacıklar kondense çekirdeği olarak davranarak bu reaksiyonu kolaylaştırır; dolayısıyla görülen (yani ışık geçirgenliği düşük olan) baca dumanları içindeki başlıca madde aerosollarıdır. Baca gazında SO_3 , SO_2 'ye nazaran az olduğundan Baca Gazı Desülfürizasyon (BGD) sistemleri SO_2 komponenti (bileşeni) üzerine kurulmuştur.

Baca Gazı SO_2 Emisyonu Kontrolü:

Baca gazı SO_2 atığı ya yayma (dispersion) ya da azaltma (reduction) ile kontrol edilir. SO_2 ve öbür kirleticilerin (NO_x gibi) yayma metodu ile kontrolunda uzun bacalar kullanılır. İyi meteorolojik şartlarda uzun baca tekniği ile SO_2 -konsantrasyonları kabul edilmiş hava kalitesi standartları seviyesine getirilebilir. Meteorolojik şartlardaki değişiklikler bu metodun etkinliğini azaltabilir. Atmosferdeki düşük miktardaki SO_2 ile oksidasyon neticesi SO_3 iyonuna çevrilir ve asit yağmur oluşumuna sebep olabilir. Köklü çözüm, yaymadan çok SO_2 azaltılmasındadır. Türkiye de şimdiye kadar yayma tekniği kullanılmış ve düşük kükürtlü linyit kullanan termik santrallarda bu metod bir noktaya kadar çözüm olmuştur.

Azaltma metodu ile hava kirliliği, aşağıdakilerden biri veya bunların bileşimi ile yapılır.

- Düşük kükürtlü yakıtlara dönüşüm,
- Yakıt desülfürizasyon metodlarının kullanımı,
- Baca gazı desülfürizasyon (BGD) sistemleri kullanımı,

Tablo. TERMİK SANTRALLAR İÇİN YÖNETMELİKTE
ÖNGÖRÜLEN EMİSYON LİMİTLERİ

I. GRUP TESİSLER	KÜL EMİSYONU kg/Nm ³		AZOT DİOKSİT EMİSYONU mg/Nm ³		KARBON MONOKSİT EMİSYONU mg/Nm ³	FLOR Bİ- LEŞİKLE. EMİSYONU mg/Nm ³	KLOR Bİ- LEŞİKLE. EMİSYONU mg/Nm ³	KÜKÜRT DİOKSİT EMİSYONU mg/Nm ³									
	ESKİ TESİSLER	YENİ TESİSLER	ESKİ TESİSLER	YENİ TESİSLER				< 100 MWe			> 100 MWe						
								20.000 saatten az ömrü tesis. öm. tes.	20.000 saatten fazla öm. tes.	20.000 saatten az ömrü tesis. öm. tes.	20.000 saatten fazla öm. tes.	20.000 saatten az ömrü tesis. öm. tes.	20.000 saatten fazla öm. tes.				
YAKMA TESİSLERİ				YENİ													
KATı YAKMA Lİ YAKMA TESİSLERİ	250 ^(*)	150 ^(*)	1000	800	250	30	200										
SIVI YAKMA Lİ YAKMA TESİSLERİ	110	110	1000	800	175	-	-										
GAZ YAKIT Lİ YAKMA TESİSLERİ	10	10	500	500	100	-	-										

(*) 16'den fazla kül oranına sahip kömür yakan tesislerde bu değerler

Çevre Genel Müdürlüğüne 200 oranına kadar artırılabilir.

(**) Yakıt ısı gücü 100 MW'ın altındaki tesisler için bu limit 100 mg/Nm³'dür.

Birinci şık Türkiye kömürleri itibarı ile fizibil değildir. Yakıt desülfürizasyonu prosesleri (ikinci şık) konvansiyonal kömür yıkanmasından kömür sıvılaştırılmasına kadar değişir. Kömür yıkanması piritik kükürdün azaltılmasında etkilidir; moleküler kükürdü azaltmaz, dolayısıyla kükürdün en fazla % 50 azaltılması ile sınırlıdır. Netice itibarı ile bütün dünyada olduğu gibi baca gazı desülfürizasyonu için (BGD) sistemlerinin kullanılması (üçüncü şık) şarttır [17].

3.2.4. Baca Gazı Desülfürizasyon (BGD) Teknolojileri

Bu grup atık ve geri kazanım prosesleri olmak üzere iki ana kısımda toplanır. Atık sistemlerin ürünü çeşitli kükürt bileşimleridir ve bunlar arazi dolgu maddesi olarak kullanılır. Kazanım proseslerinde SO₂, elemental kükürt veya sülfirik asit olarak ticari boyutlarda kazanılır.

Dünyadaki ticari BGD tesislerinin çoğunluğunu atık tesisler oluşturur. Bunlardan en yaygın kullanım alanı bulanı kireçtaşı-alçıtaşı prosesidir. Türkiyede ilk BGD sistemi, Çayırhan Termik Santrali'nde (2x150 MW) kurulmaktadır ve seçilen sistem kireçtaşı-alçıtaşı prosesidir. Son gelişmelerle Yatağan Termik Santrali'nde da bu sistemin kurulmasına başlanmıştır.

Kireçtaşı - Alçıtaşı (K-A) Prosesi:

Tipik bir kireçtaşı-alçıtaşı BGD sisteminde kazan çıkış gazı Şekil 3.2 de görüldüğü üzere yıkayıcı kuleye (spray tower) girer ve gaz yukarı doğru çıkarken absorban eriyik tarafından yıkanır. Bu sırada baca gazı içindeki SO₂ ve SO₃ resirküle edilen kireçtaşı eriyiği ile reaksiyona girerek CaSO₃ ve CaSO₄ oluşturur. Kule altı eriyik tutma tankında sulfitler sulfata oksitlenerek sulfat alçıtaşı solusyonu elde edilir. Arındırılmış baca gazı ya tekrar ısıtılarak veya olduğu gibi yıkayıcı

tankından alınan bir kısım bleed-eriyik seperatörlere oradan da vakum filtrelerine pompalanır. Son ürün alçıtaşı olarak kullanılacaksa % 10 dan düşük su ihtiva etmelidir. Atılacaksa % 20 suya sahiptir; ve bu durumda kül barajına bırakılır.

Bu sistemde genel kimyasal reaksiyonları;

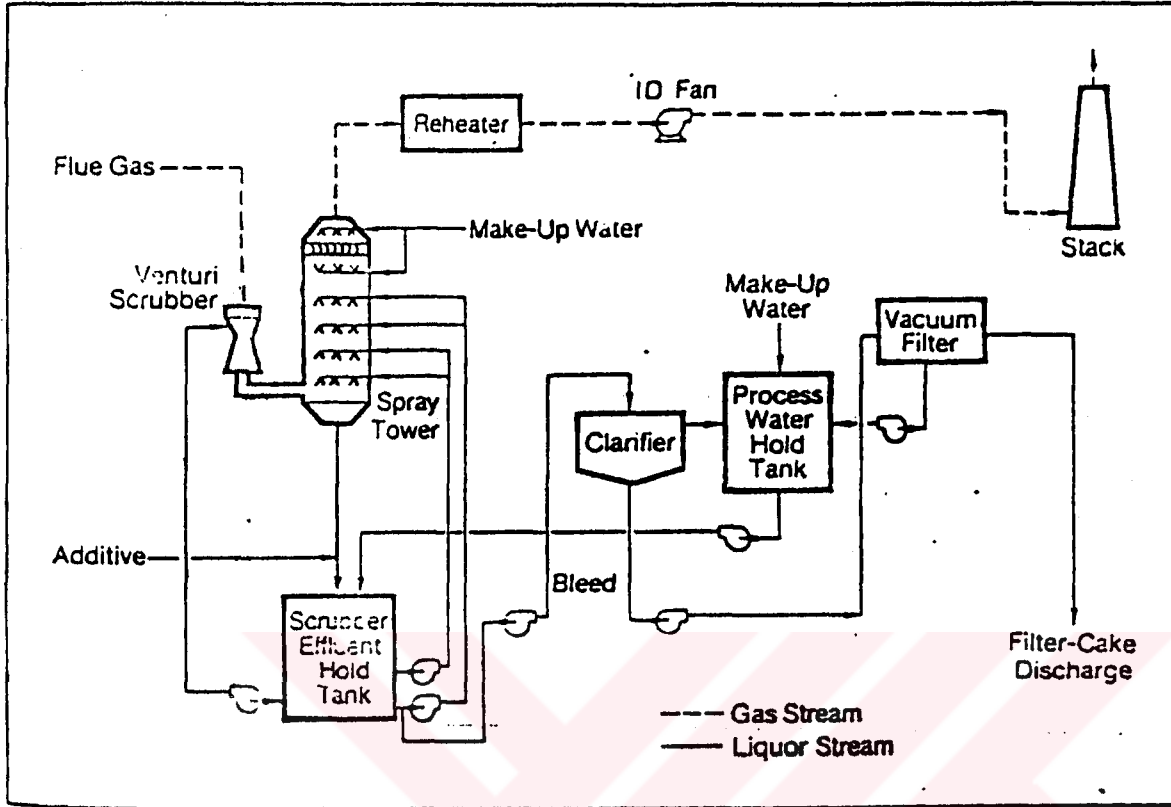


ile ifade edilmesine rağmen sistem, bir seri denge reaksiyonları bu sonuca ulaşır [17].

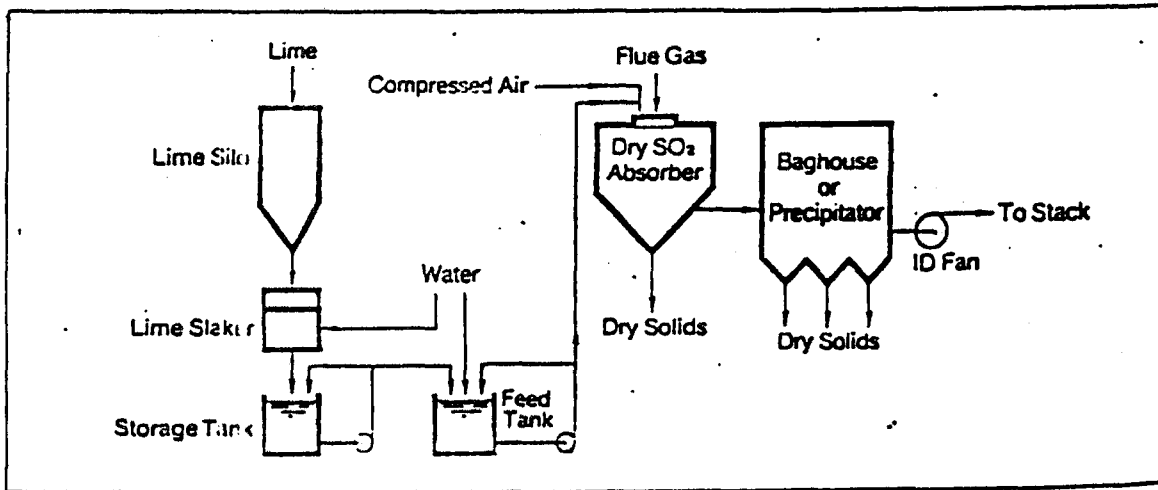
Kuru Yıkama Sistemleri:

Düşük kükürtlü kömürler için kuru yıkama, yaş kireç-kireçtaşı sistemlerine alternatif olabilir. Kuru yıkama terimi sistemin su alma gerektirmeyen (no dewatering) atık ürün vermesinden gelmektedir, ve atık madde konvensiyonel kül giderme sistemleri ile taşınabilir. Yaş yıkayıcılar 30 veya daha yüksek sıvı gaz (L/G) oranlarında çalışır. Şekil 3.3 de sistemin çalışma şeması görülmektedir. Buna göre, baca gazı atomize olmuş, içinde sıvı miktarı düşük olan eriyikle temasa geçer. Bu esnada SO₂-absorpsiyonu ve eriyik suyu evaporasyonu meydana gelir. Kuleyi terk eden ürün, suyu uçmuş SO₂ reaksiyon ürünleri ve küldür. Baca gazı, içindekilerle birlikte presipitörlere ve baghouse kısmına gönderilir. Kuru yıkama asgari su harcanması ve baca gazı yeniden ısıtma tesisleri istememesi gibi avantajlar arzeder. Prosesin olumsuz yanı, kireç ve soda gibi pahalı maddeler kullanmasıdır. Bu prosesin kullanımı düşük veya orta kükürtlü kömürler ile sınırlıdır.

Yaş ve kuru desülfürizasyon sistemlerine tamamlayıcı olarak pulverize-kömüre yanma öncesi dolomit ve kireçtaşı gibi bazı katkı maddeleri ilavesi düşünülebilir. Yanma esnasında SO₂ ile bu bazik maddeler arasında katı-gaz reaksiyonları



Şekil 3.2 Kireçtaşı-Alçıtaşı prosesi için tipik akış diyagramı



Şekil 3.3 Kuru flue-gaz temizleme sistemi için akış şeması.

neticesi, sulfatlar ve $K_2Ca_2(SO_4)$ tipi ikili tuzlar meydana gelecektir. Yanma esnasında kısmi SO_2 azaltımı, BGD tesisine binen yükü azaltması bakımından son derece önemlidir, ve bu husus baca gazı alanında zamanımızın en önemli araştırma konularından biridir. Katkı malzemelerinin bir önemli faydası da kömürün korrosiv tabiatını yumuşatması (külün asitliğini düşürerek) ve curuflla ilgili problemleri azaltmasıdır. Yanma testleri dolomit ve kireçtaşı gibi bazik-oksitler ilavesinin kül depositini daha kırılğan ve kolay taşınabilir yaptığını göstermiştir. Bu durum kömürün daha verimli yanmasını sağlar.

3.2.5. Termik Santrallar İçin Çevresel Etki Değerlendirme(ÇED) Projesi

Yeni kurulacak bir tesisin öncelikle hazırlanması gereken raporlarından biri Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) raporudur. Bu raporda bulunması gereken bilgiler şöyle sıralanabilir;

- a) Projenin yeni bir tesisin kurulmasını mı, yoksa varolan bir tesisin iyileştirilmesi ya da kapasitesinin arttırılmasını mı hedeflediği,
- b) Projenin varolan enerji gereksinimini karşılamaya mı veya gelecekteki gereksinime yönelik olarak mı hazırlandığı,
- c) Varolan ve geçmişteki enerji gereksinimlerinin dökümü,
- d) Türkiye'de enerji gereksinimi olan bölgeler ile bu bölgelerdeki gereksinimi karşılayacak değişik ve birbirinin alternatif olan enerji türleri arasındaki ilişki,
- e) Önerilen tesisin öngörülen ekonomik ömrü, bu süre içinde projenin karşılaması beklenen enerji gereksiniminin, ülkenin toplam enerji gereksinimine oranı, öngörülen ekonomik işletme ömrü sonrası tesisin kapasite arttırımına uygun olup olmadığı, uygun değilse tesisin nasıl değerlendirileceği,
- f) Önerilen projenin ülke, bölge ve kent planlarına uyum gösterip göstermediği,
- g) Proje için seçilen yerin konumu ve inşaat safhalarının zamanlaması ile toplam süre,

- h) Projenin uygulamaya konması ile sağlanacak gelişmeler ile ilgili bilgiler (işletme ve bakım),
- ı) Proje alanındaki doğal çevrenin özelliklerive doğal kaynakların kullanımı ile ilgili bilgiler,
- i) Proje alanında mevzuat ve yönetmelikler gereği özellik gösteren arazi kullanımları ile ilgili bilgiler,
- j) Proje alanında varolan ve planlanan ekonomik, sosyal ve çevre özellikleri ve arazi kullanımı ile ilgili bilgiler,
- k) Proje kapsamındaki Unitelerin inşaaı sırasında oluşacak çevresel etkilerin değerlendirilmesi,

Yukarıda belirtilen kapsamda hazırlanan ÇED Raporu'nun sonuçlarının, proje alanı içindeki doğal, ekonomik ve sosyal kültürel çevrenin uyumunu sağlayan gelişmelere yönelik hedeflere varması beklenir.

3.3. Nükleer Santralların Çevreye Etkileri

Nükleer enerjinin tarihçesi incelendiğinde, nükleer santralların kurulduğu bütün ülkelerin kamuoyunda bu enerji türüne hep kuşku ve endişe ile bakıldığı görülebilir. 1973 petrol darboğazının yolaıldığı acil enerji gereksinimini karşılamak amacıyla, hızlı bir şekilde ticarileştirilen nükleer enerjinin anılan darboğazın aşıldığı 1980'li yıllarda konunun daha bir sağduyuyla ele alındığı görülmüştür.

Nükleer santralın kurulacağı yerin seçiminde soğutma suyu potansiyeli, arazinin jeolojik yapı ve morfolojisi, enerjinin elde edilebilme ve ulusal enerji ağına aktarılabilme kolaylığı, zayıf sismoloji ve hepsinden önemlisi nükleer santraldan zarar görebilecek çevrenin özenle incelenmesi gerekir. Sonuncusu dışındakiler, çeşitli bilimsel yöntemler ile önceden değerlendirilip kesinleştirilebilir. Ancak nükleer santralın değişik özellikteki etkilerinin doğal çevreye hangi düzeyde zarar vereceğini kestirmek son derece karmaşık ve güç bir sorundur. her ne kadar farklı çevresel değişkenlere bağlı

bazı ön tahminler yapılabilirse de, konunun projelendirme aşamasında gereğince ele alınması gerekir. Santralin çalışmaya başlamasından sonra da çabaların sürdürülmesi zorunludur. Çünkü doğal çevredeki değişimler ancak uzun yıllar sonra farkedilebilir.

Proje aşamasında çevrenin korunması için, 2872 sayılı kanunun yaptırımları esas alınarak santralin kurulacağı yerin seçimi, inşaatta kullanılacak malzeme ve yapılacak hafriyat, şantiye yapımı, elektrik çıkışları ve yan bağlantıları için yapılabilirlik çalışmaları gerçekleştirilir. Bu çerçevede içinde nükleer santralin kurulmasını ilgilendiren dolaylı veya dolaysız bütün etkenler araştırılır. Bu tür incelemede aşağıdakiler temel olarak alınabilir.

- Çevre ortamının uygunluğu,
- Dış kaynaklı yükümlülükler ve zorlayıcı hükümler,
- Hedeflerin inşaat ve işletme dönemi,
- Santralin doğal çevreye etkisi,
- Sosyo-ekonomik ve toplumsal etkiler,

Nükleer santralin projelendirilmesinde başlangıçta sözü edilen soğutma suyu potansiyeli çok önemli etkenlerden biridir. Diğer bir deyişle, santral ancak deniz ya da yüksek debili nehir kıyılarında kurulabilir. Bu durum dikkate alınarak nükleer santralin çevresel etkileri deniz ve akarsu ortamları için ayrı olarak incelenmelidir.

3.3.1. Nükleer Santraldan Çevreye Atılan Atık Isı

Busantrallar çevrelerine önemli ölçüde ısı yayarlar. 1000 MW'lık kurulu güçten soğutma suyu aracılığı ile çevreye toplam 2000 MW'lık atık ısı atıldığı dikkate alınırsa, konunun önemi daha iyi anlaşılır. Deniz kıyısında kurulu santrallar açık su çevrimi ile soğutulurlar. Yani denizden alınan su herhangi bir işlem görmeden denize atılır. Soğutma suyu debisi oldukça yüksektir. Örneğin, 4x1000 MW'lık santralin soğutma

suyu debisi $160 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir. Bu su reaktörü terkederken, giriş sıcaklığına göre 15°C 'sınır. Bu ısı santralin yakın çevresinde suyun akışkan özelliğine bağlı olarak hızla yayılır. Böylece santral çevresinde birkaç km^2 lik bir alanda bu sıcaklığı ortalama 1°C 'den fazla artar. Deniz akıntıları ile bu ısının bazı bölgelerde yığılması çok ciddi ekolojik tehlikelere neden olabilir. Normal olarak deniz suyu sıcaklığının mevsimsel değişimi bile birkaç $^\circ\text{C}$ tan fazla değildir.

Nehir kıyılarında kurulan santraller için sudaki canlı ortamın ve su niteliğinin korunması ve santralin yeterli düzeyde soğutulabilmesi amacıyla kapalı soğutma çevriminde çalışma zorunluluğu doğabilir. Ayrıca 4 mevsimde $200 \text{ m}^3/\text{s}$ debili akarsu bulmak başlı başına bir sorundur. Kapalı çevrimde soğutma suyu ısisının bir bölümü doğal hava akımlı veya vantilatörlü dev kulelerden geçirilerek atmosfere atılır. Akarsular özellikle yaz ve sonbahar dönemlerinde sıcakların 3°C 'tan daha fazla artmasına karşı son derece duyarlıdır. Böyle durumda suda çözülmüş oksijen miktarı azalacağından ısınan bölgelerde akarsu yaşamı zararlı yönde etkileyen mavi ve yeşil yosunlar oluşur. Özellikle Rhein ve Rhone nehirleri boyunca kurulan çok sayıda santralin, bu akarsuların ekolojik dengesini kötü yönde ekilediği farkedilerek OECD tarafından konuya ilişkin standartlar ve yönetmelikler hazırlanmıştır [18].

3.3.2. Nükleer Güç ve Radyoaktivite

Nükleer santrallerin toplam sayısı 1970'de 80 iken 1984'de 345'e yükselmiştir ve bugün nükleer enerji bazlı elektrik üretimi dünya elektrik üretiminin % 18'sini oluşturmaktadır. 1984 araştırmalarına göre elektrik üretiminde nükleer enerji kullanan ülkeler arasında % 59'luk payı ile Fransa ilk sırayı almakta, % 51 ile Belçika bu ülkeyi takip etmektedir.

Nükleer santraller konusunda üzerinde dikkatle durulması gereken önemli konulardan biri gerekli özel önlemlerin alınması, bir diğeri ise radyoaktif atıkların güvenli ve uzun vadede olumsuz etkilere yol açmayacak şekilde uzaklaştırılmasıdır. Özellikle ikinci faktör nükleer santralin sayısını saptamakta önemli bir kısıtlayıcı olarak görülmektedir.

Daha önceki yıllarda nükleer tesislerde önemli bir kaza tesbit edilmemesine rağmen 1986 yılındaki Çernobil kazası, halk sağlığı ve çevre üzerinde önemli olumsuz etkiler oluşturmuş, 31 kişinin ölümüne, 200'den fazla kişinin hastanede tedavi zorunluluğuna ve 135.000 kişinin evlerinden uzaklaştırılmasına yol açmıştır. Ayrıca yakın çevredeki hayvan, bitki, tarımsal alanlar ve doğanın diğer elemanlarını yararlanılmayacak hatta imhası gerekli hale getirmiştir.

Kazanın oluşumunda dikkat çeken etkenlerden en önemlisi, kazanın güvenlik kurallarının ciddi şekilde çiğnenediği bir operasyon sırasında meydana gelmesidir.

Radyoaktivite, kararsız atom çekirdeğinin sebep olduğu bir olaydır. Çekirdek parçalanarak kararlı hale geçmeye çalışırken yeni bir çekirdek oluşturur. Bu süreç içinde α (Helium çekirdeği) ve β (yüksek hızlı elektronlar) gibi zerrecik radyasyonu yaparken, yüksek enerjili γ ışınları da neşreder.

Aktivitenin en yeni birimi olarak Bekerel (Bq) kullanılmaktadır. Bekerel, saniyedeki parçalanma sayısını gösteren bir çokluktur.

Gıdaların radyonükleidlerle kirlenmesi konsantrasyonla ifade edilir ve birim olarak Bq/l ve Bq/kg kullanılır.

Canlıları içten ve dıştan etkileyebilen radyasyonun bir kısmı tabii olarak bulunmakta, bir kısım radyasyon da insan

eliyle yapılan nükleer tıp, nükleer enerji santrali, nükleer deneme gibi faaliyetlerle ortaya çıkmaktadır. Bu radyasyon tiplerinin dağılımını şöyle özetlemek mümkündür [19].

<u>Yıllar</u>	<u>Tabii</u>	<u>Tip</u>	<u>Nükleer Deneme</u>	<u>Nükleer Enerji</u>
1976	% 100	% 20	% 7	% 0,001
1980	% 100	% 20	% 1	% 0,035

3.3.3. Nükleer Santral Kimyasal Atıkları

Reaktörün kurulu bulunduğu deniz kıyı şeridi, sürekli biçimde zayıf miktarda da olsa klorlanmaktadır. (0,3 -1 mg/lt) Soğutma su debisine bakmak suretiyle santral çevresindeki suyun klorlama hızı düzenlenir. Örneğin, 1mg/lt derişimle 200 m³/s debili soğutma suyu denize bir günde 20 ton klor aktarır.

Akarsuya atılan kimyasal ürünlerin yapısal ve nicel özelliği akışa bağlı olarak, bir yerden diğerine hızla değişir. Yoğunlaştırıcı tüplerde mikroorganizmaların tutulmasını önlemek için kapalı çevrimde klorlama zorunlu olabilir. Bu ise akarsudaki canlı yaşam açısından istenmeyen durumdur. Sorun, yılda 3-4 defa 48 saat süreyle 10 ppm derişimli klorlama ile ve bu işlem süresince soğutma suyu ve yıkama atık suyunun nehirle bağlantısı kesilerek çözümlenebilir.

Çevrimde tortu oluşmasını önlemek amacıyla, soğutma suyunun niteliğine göre suyun Hidroklorik asit (HCl) veya sülfürik asit (H₂SO₄) ile işlem görmesi gerekebilir. İlk bakışta bunlardan doğacak atıkların ekolojik zararlara yol açmayacağı söylenebilirse de etkilerinin düzenli gözlenmesinde yarar vardır. Suyun minerallerden arındırılmasından doğan atıklar 5000 MW güç için yılda 1000 ton civarındadır. Bunun ön işlem gördükten sonra bir yerlerde depolanması gerekir. Depolanma için çevre görünümünü ve bitki örtüsünü dikkate alarak uygun bir yer düşünölmelidir. Öte yandan iyon değıştirici reçinelerin yenilenmesinden dolayı oluşan sülfat ve diğer tuz-

ların özellikle akarsu kıyısında yeralan santrallarda suya atılma miktarının çok sıkı denetlenmesi gerekir, suyun iyon dengesinin aşırı bozulması, canlı ortamda şoklara ve kitle ölümlerine yol açabilirler.

3.3.4. Radyoaktif Atıkların Etkisi

1000 MW'lık bir santralin atmosfere yıllık olarak attığı soygazlar (ksenon,kripton) 20.000 Curie, iyot atığı 1 Curie düzeyindedir. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'nın kozmik radyasyonla kıyaslamayla elde edilen ve atmosfere yılda ortalama 300.000 Curie'e kadar radyoaktif gaz atılabileceğine izin veren yönetmeliğe göre bu miktar herhangi bir tehlike göstermemektedir. Reaktörden sıvı halinde atılan radyoaktif madde miktarı ise yılda 1000 Curie trityum ve 15 Curie diğer maddelerdir.

Bacadan çıkan soy gazlar atmosferde dağılırken diğer gaz atıklar ve özellikle seresoller 50 km'lik bir dire alanı toprak yüzeyine yayılırlar. Reaktörden çıkan radyoaktif atıkların en tehlikelisi de budur.

Reaktör çevresinde oturan halkın ve reaktörde çalışan personelin sağlığı CMA değerleri ile (radyoaktif elementlerin alınmasına izin verilen en yüksek miktarların) güvence altına alınmıştır.

Havaya atılan uzun ömürlü radyo elementler (kripton,trityum vs.) yıllar boyunca atmosferde varlığını sürdürür ve özellikle sıvı azot sanayiinde bazı güçlüklerle yol açabilir.

4x1000 MW'lık bir nükleer santralin yakın çevresinde canlıya solunum yoluyla aktarılan en yüksek dozun 20 mrem, (canlı bir dokunun 1 gramında 6×10^{10} MeV'luk enerji aktaran ışıma dozu) yutma yoluyla aktarılan en yüksek dozun ise 10

mrem düzeyinde olduğu saptanmıştır. Oysa canlıya doğal radyoaktivite ile yılda ortalama 60 ile 140 mrem, bir akciğer röntgeni çekiminde ise deriye 50 mrem, akciğer dokularına 25 mrem olmak üzere toplam 75 mrem doz aktarılmaktadır. Bu kıyaslama nükleer reaktörün doğrudan radyasyonla çevresindeki canlı ortama fazla zarar vermediğini göstermektedir [18].

3.4. Nükleer Reaktör Atıkları

Nükleer yakıt çevriminin reaktöre kadar olan safhasında karşılaşılan radyoaktif atıklar hep uranyumun doğal radyoaktivitesinden kaynaklanır. Reaktör içinde nötron ışınlamasının sebep olduğu fisyon ve dönüşüm reaksiyonları ile radyoaktivite milyonlarca kat artar. Dolayısıyla nükleer yakıt çevriminin bundan sonraki aşamalarında radyoaktif atık sorunu çok büyük boyutlar kazanır.

Nükleer reaktör içinde oluşan doğal radyoaktivitenin pek büyük bölümü yakıt içinde oluşan fisyon ürünlerinden kaynaklanır. Yakıt reaktöre ince metalden yapılmış sızdırmaz bir kılıf içinde konduğundan bütün fisyon ürünleri normal olarak içerde hapis kalır ve reaktör bünyesine dağılmaz. Konan yakıt bir süre sonra çıkarılıp alındığında bütün fisyon ürünleride beraberinde gider. Şimdiye kadar uygulanan tek geçişli yakıt çevriminde kullanılmış yakıtın bizzat kendisi bir radyoaktif atıktır.

Her ne kadar nükleer yakıt sızdırmaz bir zarf içine alınmış ise de gerek imalat hataları ve gerekse işletme sürecinde korozyon vb. nedenlerle yıpranma dolayısıyla zarf delinip çatlayabilir ve fisyon ürünleri buralardan dışarı sızabilir. Böylece reaktör suyuna karışan fisyon atıkları filtrelerde ve iyon değiştiricilerde tutulurlar. Zaman zaman değiştirilen bu filtreler ve iyon değiştirici reçineler nükleer reaktör işletmesinin radyoaktivite ile bulaşmış atıklarından bir bölümünü oluştururlar.

1 GW/yıl elektrik üretimine karşılık bir nükleer reaktörün radyoaktif atıkları, herbiri 200 litrelik 2300 varili doldurur. Bunun 2000 varili işletme atıkları, 275 varili bakım atıkları ve 5 varili ise kontrol çubukları ile yakıt yüklenmesi sırasında kullanılan nötron yutucu çubuklardır.

3.5. Radyoaktif Atıkların Saklanması ve Elden Çıkarılması

Reaktörden çıkan kullanılmış yakıt veya onun tekrar işlenmesinden oluşan fisyon ürünleri yüksek şiddette radyoaktif atık içerirler. Bunlar en büyük sorun oluşturlar. Bunlar şimdiye kadar doğaya kesinlikle bırakılmamışlardır. Hacimce mümkün olduğu kadar küçültülerek ve şartlandırılarak henüz verilemeyen kesin karar için bekletilmektedirler. ABD'de sıvı atıklar tanklar içinde, katı atıklar yere gömülü halde saklanmaktadır.

Aşırı radyoaktif atıkların binlerce yıl sürecek saklanmaları henüz çözüme kavuşmuş değildir. Bunlar böylesine uzun bir tarih sürecine terkedilmeden önce düşünülebilecek hiçbir dış etki ile çözünüp veya dağılıp doğaya karışmayacak sağlam bir yapıya kavuşturulmalıdır. Cam, dış etkilere en fazla dayanabilen bir malzeme türüdür. onun için fisyon ürünlerinin gömülmeden önce "camlaştırılması" na karar verilmiştir. Katı hale getirme ve sonra camlaştırma radyoaktif atığın hacmini 3,5 kat dolayında azaltır. Hafif su reaktöründe 1 GW/yıl elektrik üretiminden oluşan fisyon atığı camlaştırıldıktan sonra 5 m³ kalır. Halbuki aynı atık derişik sıvı halinde iken 18 m³'lük hacim işgal eder.

Radyoaktivitesi yüksek atıkları elden çıkarmak için akla yatan en uygun çözüm, onları camlaştırarak yer kabuğunun 300-500 m derinliğinde jeolojik tabakalar içine gömmek olmuştur. Yer seçiminde iki şart bilhassa önemlidir. Birincisi, tektonik hareket olasılığının ve ikinciside yeraltı

sularının bulunmamasıdır. Zelzele nedeniyle bir çökme veya sıkışma, camı ve muhafazasını parçalayıp dağıtabilir. Yeraltı suyu, korozyon ve erozyonla radyoaktif atıktan kopacak parçacıkları besin çevrimine, yani canlı hayata taşıyabilir. Dolayısıyla radyoaktif atıkları gömmeye en uygun jeolojik tabakalar kaya tuzu, kil tabakaları ve çatlamamış granit ve bazalt kütleleridir [4].

3.6. Çernobil Nükleer Santrali Kazası

26 Nisan 1986 günü Sovyetler Birliği'nde meydana gelen Çernobil Nükleer Santrali kazası 31 kişinin ölümü ve 200 kişinin de radyasyon sendromu ile hastaneye kaldırılmasına neden olmuştur. Ölenlerin çoğu radyasyona maruz kalan itfaiyeciler idi. Diğer ölenler arasında Çernobil Santrali'nde beşinci reaktörün yapımında çalışan inşaat işleri ile santral personeli bulunuyordu.

Çernobil nükleer kazasının bu ülke dışında önemli etkileri olmuş ve çok sayıda insan kazaya uğrayan reaktörde çevreye salınan radyasyon ve radyoaktif maddelerden zarar görme tehlikesine maruz kalmıştır.

Şimdi, kazanın meydana geliş şekli ve kazanın insan sağlığı üzerindeki etkilerini gözden geçirelim.

3.6.1. Kazanın Oluşumu ve Radyoaktif Maddelerin Yayılışı

Kaza, reaktörün durdurulmasından önce yapılan deney sırasında, reaktör güvenlik sistemlerinin devreden çıkarılması ve işletme kurallarının hiçe sayılması gibi bir dizi insan hataları sonucu başlamış ve reaktör kararsız bir duruma getirilmiştir. Bunun sonucu güç düzeyinde meydana gelen hızlı yükselmeyi reaktör üst kapağını fırlatan buhar patlaması izlemiştir. Bir kaç saniye sonra meydana gelen ikinci bir patlama ile reaktörün kızgın parçaları tahrib olmuş reaktörden

dışarı fırlatılmıştır. Bu esnada reaktörden salınan bir radyoaktif gazlar ve parçacıklı maddeler karışımı 1200 m.'yi aşan yüksekliklere çıkmıştır.

Atmosfere radyoaktif madde salınması yaklaşık 10 günlük bir süre boyunca devam etmiştir. Atmosfere salınan bu radyoaktif gaz ve maddeler radyoaktif bulutlar oluşturarak Avrupa üzerine yayılmaya başlamıştır. Aslında bu radyoaktif bulutların yayılması tüm kuzey yarım küresini etkilemiştir. Bu arada Türkiye'de nasibini almıştır. Radyoaktif bulutun geçişi sırasında yağmur yağmayan yerlerde, radyoaktif maddeler buluttan yıkanarak yer yüzüne inmiştir. Bu nedenle bulutun geçişi süresinde yağmur alan yerlerdeki radyoaktivite düzeylerine göre daha yüksek olmuştur. Bu, özellikle İtalya'nın kuzeyi, Yunanistan ve Almanya ile İngiliz adalarında gözlenen durumdur. Aynı şekilde radyoaktif bulutun Bulgaristan ve Yunanistan üzerinden güneye geçişi süresince Trakya'nın Edirne çevresinde yağan şiddetli yağmurlar sınır bölgesindeki köy arazi ve meralarında önemli kontaminasyona neden olmuştur. Ayrıca Karadeniz üzerine yağan şiddetli yağmurlarla radyoaktivitesini bu kıyı şeridinde bırakmıştır. Bu bölgede meydana gelen kontaminasyon özellikle çay ve fındık ürünlerini etkilemiştir.

Diğer yandan kuzey yarım küresi içinde yayılan radyoaktif maddeler Japonya ve ABD'ne kadar ulaşarak bu ülkelerde de normalin bir hayli üstünde radyasyon düzeyleri ve kontaminasyona neden olmuştur.

Toplum içinde en fazla riske maruz grubun meralarda otlayan inek ve koyunların sütünü içen küçük çocuklar olduğu saptanmıştır. Yapraklı taze sebze ve meyva gibi diğer besin maddelerinin de muhtemel ısınlanma kaynakları olduğu tespit edilmiştir. Ölçülen kontaminasyon düzeyine ve aynı zamanda uygulanan radyasyon korunması kriterlerine göre, yetkili makamlar tarafından, radyasyona maruz kalınmayı sınırlamak

üzere bir takım koruyucu önlemler alınmıştır [20].

3.7. Radyasyon ve İnsan

3.7.1. Temel Kavramlar

Radyasyon sözcüğü, madde içine nüfuzedebilen ışınlar anlamına gelmektedir. Cinsleri ve kaynakları farklı olan ışınların tek ortak yönü maddeye, bu arada insan vücuduna edebilmeleridir. Çeşitli radyasyonların nüfuz edebilmeleri farklıdır. Fakat belli bir radyasyon için nüfuz etme enerji ile ilgili bir özelliktir. Düşük enerjili ışıklar, mesela görünür ışık nüfuz edici değildir. Fakat X-ışını ve gamma ışını, özellikleri görünür ışıkla tamamen aynı olmakla beraber, enerjileri yüksek olduğundan dolayı onlardan ayrılırlar.

Adı geçen radyasyonlara ortak bir isim olarak iyonlaştırıcı radyasyonlar da denir. Bilimsel yönden en doğru olan isimlendirme budur ve onların maddesel ortamlarda yaptıkları etkiyi belirtir. Çünkü X-ışını ve diğer bütün nükleer radyasyonların tek ortak yönü içinden geçtikleri maddesel ortamlarda atomların elektronlarını kopararak onları iyonlaştırmalarıdır. Radyasyonun insan bünyesinde zararlı etkisinin nedeni de hücre içinde meydana getirdiği iyonlaşmadır. Algılayıcının duyarlı hacmi içinde oluşan iyonlar, bir elektronik sistem vasıtasıyla sayılarak onu meydana getiren radyasyonun varlığı, enerjisi ve şiddeti ölçülür.

X ve gamma ışınları radyasyon deyince akla ilk gelenlerdir. Fotonlardan oluşan ve aynı zamanda dalgasal karakterde olan ışınlardır. Bu niteliklere sahip radyasyonlara elektromanyetik radyasyon da denmektedir. Dolayısıyla X ve gamma ışınları da bu pek geniş radyasyon ailesinin yüksek enerjili (kısa dalga boylu) iki bireyidirler. Her ikisinin

malzemeye nüfuz etmeleri yüksek olduğundan tıbbi ve endüstriyel radyografide yaygın şekilde kullanılırlar. İnsan vücudunu, beton duvarı, kalın çelik gövdeleri katedip geçebilirler.

Alfa ve beta ışınları atomun çekirdeğinden kaynaklanırlar. Belirli kütleleri olan maddesel taneciklerdir. Bu radyasyonlar aynı zamanda elektriksel yük taşırlar. Alfa parçacığı daima (+), beta parçacığı ise (+) veya (-) yüklüdürler. Kütleleri ve elektriksel yükleri nedeniyle bu tür radyasyonlar malzemeye daha az nüfuz edebilirler. Beta ışını insan vücuduna en çok 10 mm kadar girebilirken, alfa ışınının giriciliği ise sadece 10 mikron kadardır.

Nötron ve proton aynı büyüklükte iki nükleer parçacıktır. Nötron yüksüz, fakat proton (+) yüklüdür. Çeşitli nükleer reaksiyonlar sırasında çekirdekten kopan nötron ve protonlar insan sağlığı açısından en tehlikeli radyasyon türlerinden ikisini oluştururlar. Özellikle nötron, elektrik yükü ile yüklü olmadığından dolayı, malzemelere oldukça derin şekilde girebilir.

Hareketsiz iyonlara radyasyon denemez. Fakat hızlandırıcılarda yüksek enerjilere çıkarılmış bütün iyonlar radyasyon sayılırlar. Kütlelerine, elektrikyüklerine ve aldıkları hıza göre değişen derecelerde giricilik kazanırlar ve insan bünyesi için zararlı olurlar.

Radyasyon üreten çeşitli kaynaklar vardır. Elektronik radyasyon kaynaklarının herkesce bilinen bir örneği tıbbi ve endüstriyel röntgen aletleridir. Bunlar yalnızca X-ışını üretirler. Hızlandırıcılar, her türlü radyasyon üretebilen elektronik aletlerdendir. Radyasyonu hiç kesilmeyen kaynak radyoaktivite'dir. Radyoaktiviteden alfa, beta ve gamma olmak üzere yalnızca üç tür radyasyon kaynaklanır.

Radyasyonun bir diğerk kaynağı, nükleer reaksiyonlardır. Fisyon (parçalanma), füzyon (birleşme) ve dönüşüm reaksiyonları sırasında çeşitli radyasyonlar açığa çıkar. Nükleer reaksiyonlar dursa bile, bunlar geride radyasyon yayan radyoaktif maddeler bırakırlar.

Radyasyon birimi olarak en çok rem kullanılmaktadır. Bunun tanımı şöyledir;

1 röntgenlik X-ışını miktarının canlı dokuda meydana getirdiğı biyolojik etki 1 rem'dir. (veya, canlı bir dokunun 1 gramına 6×10^7 MeV kadar enerji aktaran ışıma dozuna 1 rem denir.)

3.7.2. Maruz Kalınan Radyasyon Dozlarının Hesaplanması

Çevre monitoringinden yeterli veriler sağlandığı zaman her ülkedeki yetkili kuruluşlar halkın Çernobil nükleer kazası sonucu aldığı ve daha sonra alacağı dozları hesaplamaya başladılar.

Bu dozların alınmasında halkın aşağıdaki dört ayrı yoldan radyasyona maruz kaldığı göz önünde tutulmuştur;

1. Radyoaktif bulutun üstümüzden geçişi sırasında bütün vücuda alınan girici radyasyon dozu,
2. Radyoaktif buluttan gelen radyoaktif maddelerin solunması ile alınan doz,
3. Yeryüzü ve binalar üstüne inen radyoaktif maddelerden alınan girici radyasyon dozu,
4. Kontamine besin maddelerinin tüketilmesiyle alınan radyasyon dozu.

Doz hesaplarının yapılmasında çevredeki radyoaktivite için toplanan veriler ile radyonüklidlerin çevre içinde transferini tanımlayan matematik modeller kullanılmıştır.

Kişilerin maruz kaldığı radyasyon dozların örneğin dışarda kalma süresi, soluma hızı, yediği besin maddeleri, vücut ağırlığı ve metabolizma gibi etkenlere göre büyük değişimler gösterdiği bilinmektedir. Bu nedenle aşağıdaki üç temsili yaş grubuna göre doz hesapları yapılmıştır;

- a) 1 yaşına kadar bebekler,
- b) 10 yaşına kadar çocuklar,
- c) Yetişkinler,

Bu hesapların yapılmasında her yaş grubu için tipik olan solunum hızları, içilen su ve yenilen çeşitli besin maddeleri miktarları kullanılmış ve vücut ağırlığı ile her gruba has metabolik karakteristikler kullanılmıştır.

Bir toplum içinde dozların ne şekilde değiştiği, halkın alışkanlıkları ve davranışı çok ayrıntılı bilgiye ihtiyaç gösterdiği gibi ayrıntılı çevre bilgilerine de gereksinme vardır. Bu nedenle her yaş grubu için iki çeşit radyasyon dozu hesaplanmıştır. Önce bir çevre içinde radyoaktif maddelerin hareket ediş şekli ile halkın beslenme alışkanlıklarına ilişkin bilgiler kullanılarak "ortalama radyasyon dozu" hesaplanır. Daha sonra ortalama bulaşma düzeyinden daha yüksek bölgelerde yaşadığı ve ortalama düzeyden daha yüksek besin maddeleri yediği varsayılan "hayali" insanlar için bir doz hesabı yapılır. Bu doz hesaplamaları toplumun alabileceği en yüksek doz için bir fikir verecektir. Türkiye için yetişkinler tarafından kazayı izleyen iki yıl içinde alınacak etkin doz $8,9 \times 10^{-2}$ mSv (veya 8,9 mrem) olarak hesaplanmıştır [20].

3.7.3. Bir İnsanın Alabileceği Radyasyon Dozu

İnsanın üzerinde yaşadığı dünyada radyasyondan kaçınması mümkün değildir. İnsan uygar toplumlarda yılda 160 mrem dolayında radyasyon alır. Bunun üçte ikisi doğadan, üçte biri de insan yapısı kaynaklardan gelir. Tablo 3.1'de konu daha detaylı olarak görülmektedir.

Kaynaklar	Doz	
	mrem/yıl	%
DOĞAL KAYNAKLARDAN	106	
- Yer kabuğundan	38	
- Kozmik radyasyondan	31	
- İç ısınlamadan	37	
YAPAY KAYNAKLARDAN	53	
- Tıbbi röntgen	50	
- Bomba serpintisi	1	
- Diğer kaynaklar	0.8	
- İş hayatından	0.9	
- Nükleer sanayiden	0.2	
Toplam	159	100

Tablo 3.1 Alınan doz miktarları.

Bütün jeolojik tabakalarda, değişik oranlarda olmak üzere radyo-izotop karışıklığı bulunur. Binaların yapısında kullanılan malzemeler yer kabuğundan alındığından dolayı onlarda belirli oranlarda radyoaktivite içerirler. Kozmik radyasyon dozu coğrafi konuma ve deniz seviyesinden yüksekliğe bağlıdır. Günümüz yolcu uçaklarının normal olarak seyrettikleri 10.000 m. yükseklikte kozmik radyasyonun şiddeti deniz seviyesindeki 50 katıdır. Dolayısıyla Avrupa-Amerika kıtaları arasında bir gidiş dönüş yolculuğu 4 mrem ilave doz alınmasına sebep olur.

Hava, su ve özellikle besinlerle vücudumuza girerek orada yerleşen doğal radyoaktif izotoplar bizi içerden ışınlırlar. Süt, gıdalarımız arasında en radyoaktif olanıdır. Besinlerin içerdiği doğal radtoizotopların başında radyopotasyum, radyum ve radyokarbon gelir. Radyoaktif maddeler bir taraftan yarıömürlerine bağlı olan bir tempo ile zayıflarlarken, diğer

tarafından beslenme yoluyla sürekli biçimde takviye olunurlar. Böylece canlı organizmasında evrensel bir radyoaktivite dengesi oluşmuştur.

3.7.4. Radyasyonun Genetik Etkileri

Çernobil kazasından sonra iyonlaştırıcı radyasyonun somatik ve genetik etkileri ile ilgili olarak çok şey söylenmiş olmakla beraber, kamuoyunda bir takım tereddüt ve endişiler hala sürüp gitmektedir.

İyonlaştırıcı radyasyonun en önemli özelliklerinden biri canlı hücrelerinde kalıtsal bilgiyi içeren DNA molekülünde değişiklikler yaparak kuşaktan kuşağa aktarılabilen mutasyonlar oluşturmalarıdır. Canlıların hemen hemen tüm özellikleri genler tarafından belirlendiği için, gen mutasyonlarının etkileri fiziksel ve mental sağlığımızın hemen hemen her yönünü içine alır. Genetik açıdan üreme hücrelerinde oluşan mutasyonlar önem taşırlar. Zira bu mutasyonlar bir sonraki kuşakda aktarılabilirler. Vücut hücrelerinde meydana gelen somatik mutasyonlar ise kansere neden olabilecekleri için önem taşırlar.

Radyasyonun genetik etkileri konusunda yapılan araştırmalar çok büyük bir hacim tutar. Tüm bu araştırmaların sonucunda genetikçilerin vardığı ortak nokta zararsız olan hiç bir radyasyon dozu olmadığıdır.

Diğer bir nokta ise maruz kalınan doz ile genetik etkileri arasında eşiksiz bir doğrusal ilişki olduğudur. Doz ne kadar artarsa (doz burada canlı vücuduna ışınlar tarafından bırakılan enerjinin miktarını, ya da ışınların sıklığını yansıtmaktadır.) genetik etki olasılığında o oranda artar. Doz, yani ışınların sıklığı ne kadar artarsa, hücrelerde kalıtsal bilginin vurularak bozulması, yani mutasyon meydana gelmesi olasılığı da o oranda artar.

3.7.5. Çernobil Kazasının Türkiye'deki Bugünkü Etkileri

Ukrayna'nın Kiev kenti yakınlarındaki Çernobil nükleer santrali 1986 yılında çıkan yangınla Dünya'ya felaket saçmıştı. Yayılan radyasyon bulutları Türkiye'nin Karadeniz ve Trakya bölgelerine de çökmüştü. Hava, su, toprak, bitkiler, ve herşey etkilenmişti.

Aradan geçen 7 yıl içinde sinsi tehlike tüm öldürücü yüzüyle ortaya çıktı. Çünkü ikinci beş yıl radyasyonun en tehlikeli dönemi idi. Çernobil Santrali patladığında ana rahminde ya da birkaç yaşında olan çocuklar, radyasyonun etkisinden kurtulamadılar. Bugünkü 2-6 yaşlarındaki çocuklarda sadece lösemi (kan kanseri) değil, şekil bozukluklarında mevcut olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca erken doğum, ölü doğum, sakat doğum oranları da artış göstermiştir.

Doktorların ortak kanısına göre, özellikle Karadeniz bölgesinde yeni doğan çocuklarda görülen anormal bozuklukların nedeni Çernobil Kazası'dır.

Çernobil'in ikinci dönem sonuçlarının yaşandığı sadece lösemi değil, genel olarak tüm kanser türlerinde olduğudur. Çernobil'e bağlı olarak 1992'nin ilk aylarından itibaren kalın bağırsak, kemik ve lenf kanserlerinde bariz bir artış olduğu tespit edilmiştir. Örneğin Giresun Devlet Hastanesi'nde 1991'de yatarak tedavi gören kanserli sayısı 35 iken, 1992'nin ilk 10 ayında bu sayı 90'ı bulmuştur.

Bunların bütün nedenini sadece Çernobil'e bağlamak doğru olmaz. Tabii ki başka nedenlerde mevcuttur. Ama bu konuda gerekli önlemler alınmakta geç kalınmıştır. Bugün hala Avrupa'da her yağmurda sonra radyoaktivite ölçümü yapılmaktadır. Çünkü radyoaktif yayılmanın etkileri ikinci beş yıl içinde görülmeye başlamaktadır.

BÖLÜM 4

ÇOK DÜŞÜK FREKANSLI (ELF) ALANLARININ CANLILAR UZERİNDEKİ ETKİLERİ

4.1. Doğru Akım ve Elektrik Alanlarının Biyolojik Dokularla Etkileşimi

Elektriksel işaretler vücudun bir bölümünden diğer bölümüne bilgi iletmede ve biyolojik işlemlerin kontrolünde önemlidir. Basınç, sıcaklık, ışık, ses gibi etkilere dolaylı sinir hücrelerinden beyne elektriksel işaretler gider ve buna karşılık beyinden kas ve kalp gibi vücut elemanlarına kontrol işaretleri geri gelir. Ancak dışardan elektriksel girişler ile bu işlemleri oluşturmak istenirse, verilecek olan elektriksel işaretin çeşitli biyolojik organlara nasıl etkileyeceğine dair çok sınırlı bilgiye sahibiz.

Biyolojik sistemler karışık alt sistemlerden oluşur. Bu sistemlerin anlaşılması için, elektriksel alanların biyolojik sıvılara etkisinden başlamak uygun olur. Bu sıvılar iyon, su gibi polar moleküller, lipidler, hormonlar ve koloidal parçacıklar ihtiva ederler. İletkenlik; düşük akım yoğunluğunda çizgisel olup, orta seviyede yüksek akım yoğunluklarında bu çizgisellik bozulmaya başlar. Karışık alt sistemlerden biraz daha ilerisi membranlarla elektrik alanlarının etkileşmesidir. Membranlar, elektriksel gerilim ve kimyasal işaretlerin membran iletkenliğinin, büyüklük mertebesinde değişiklik yapabilmesine bağlı olarak çeşitli iyonlara karşı gözenekliliklerini değiştiren aktif kimyasal reaksiyonlar içerir. Daha karışık bir alt seviye, elektrik alanlarının varlığında; membranlar ve biyolojik sıvılar arasındaki etkileşmelerdir. Elektrik alanları, molekül ve iyonların membranın içinden seçimli geçmesini etkiler, yüzeydeki tabakaların yapısını değiştirir, membrana bağlanmış yeni moleküllerin

yolunu ya da yüzeye bağlanmasını değiştirir. Hücre membranları arasında iyon ve moleküllerin geçişine ilişkin bu değişimlerin sonucunda, hücrelerin performansı veya başka deyişle yapısını oluşturdıkları organların performansında değişimlere neden olur. Örneğin, kalbdeki pompalama hücresinden geçen olumsuz bir akım, kalbin çalışma temposunu ve pompalama oranını değiştirir.

Yüklü parçacıklar üzerine etkiyen kuvvet için temel bağıntı,

$$F = Q. (E + V.B) \quad (4.1)$$

şeklinde verilir. Burada E elektrik alan, B magnetik alan vektörünü göstermektedir. Buradaki E ve B Maxwell denklemleriyle birbirine bağlanır. Eğer lineer olmama durumu ya da zamanla değişen empedans mevcut ise AC alanları DC akımları üretmek üzere düzeltilebilir. Magnetik alnların oluşturduğu kuvvetler genellikle çok küçük olması nedeniyle göz önüne alınmayacak.

Biyolojik malzemelerin çoğu aşırı nonhomojen yapılı oldukları için, elektrik alanında önemli yerel değişimler görülür. Bu durum moleküller, iyonlar ve membranların hareketine ayrıntılı biçimde baktığımızda açık bir şekilde ortaya çıkar.

Bir elektrik alanda bulunan bir homojen sıvı içindeki elektrik akım yoğunluğu;

$$J = \sum_j q_j \cdot \mu_j \cdot c_j \cdot E \quad (4.2)$$

bağıntısı ile verilen q_j , iyon üzerindeki yük, μ_j iyon hareketliliğini, c_j 'de onun konsantrasyonunu göstermektedir. Sıvı kanalları nisbeten ince ise sıvılar, nisbeten iyi iletken olup bu yüzden karşılıklı gerilimlerle kısa devre oluşmasına neden olur. Aksi takdirde iletkenlikleri bin kat daha küçük değere sahip hücre membranları boyunca kısa devre oluşur.

Sıvı içinde iki partikül arasındaki etkileşme göz önüne alındığında dört tip önemli kuvvet vardır. Bu kuvvetler osmotik veya diffüzyon kuvveti, elektrostatik kuvvet, Vander Wals kuvveti ve hydration kuvvetidir. Bu kuvvetlerin hepsi biyolojik sıvılarda nisbeten kısa mesafelerde etkilidir. İyon yoğunlukları o kadar büyüktür ki yüklü yüzeylere yakın mesafeler hariç nötr yüklülük her yerde geçerlidir.

Sıvı içinde elektrik alan veya elektrik alan gradientinin etkisi gelişigüzel, nisbeten büyük hızlara çok küçük bir sürüklenme hızı ilave eder. Örneğin, Na^+ iyonuna 10^8 V/m 'lik bir elektrik alanı uygulanırsa $5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ 'lik sürüklenme hızı verir. $4 \times 10^2 \text{ m/s}$ 'lik termal hızla karşılaştırıldığında hayli küçük olduğu görülmektedir. Protein için daha yüksek alanlar olmasına rağmen Na^+ iyonun sürüklenme hızının onda birine eşit hız elde edilir. 100 Hz'de bakteri için ölçülmüş sürüklenme hızı, 10^4 V/m alan ve $5 \times 10^6 \text{ V/m}$ 'lik alan gradientinde, aynı alan içindeki Na^+ iyonlarının hızının % 10'na eşit bulunmuştur.

4.2. Çok Düşük Frekanslı Elektrik Alanlarının Biyolojik Dokularla Etkileşimi

Çok düşük frekanslarda (ELF) birçok fiziksel olaylar doğru akımda olduğu gibi tanımlanabilir. Örneğin, düzgün olmayan ELF'de nötr parçacıklar üzerine etkiyen kuvvetler E^2 ile orantılıdır. Akım geçişi nedeniyle ısınma etkisi akım yoğunluğunun karesi ile orantılıdır. Bu özellik AC ve DC'de de aynıdır. Ancak en önemli fark akım yoğunluğunun, ortamın lineer bir sistem gibi davranmasını sağlayacak kadar düşük olmasından dolayı AC alanlar iyon toplanmasına yol açmazlar. Lineerlik için bu gereksinim düşük frekanslarda biyolojik sıvılar için geçerlidir. Eğer herbir hücre membranlarını geçen yerel akımlar inceleniyorsa dokular içinde bu arasıra geçerlidir. Bu nedenle düşük akım yoğunluklarında biyolojik malzemeler 8 dielektrik sabitine lineer iletkenliğiyle

karakterize edilmesine rağmen, bu katsayılar biyolojik malzeme ve sıvıların lineer olmayan özelliklerini oluşturan önemli biyolojik etkileri yeteri kadar açıklayamaz.

Çoğumuz sürekli olarak ELF alanlarına maruz kalmaktayız. Enerji dağıtımı yapılan kablolar, elektrik motorları ve modern hayatın gereği olan tüm elektrikli cihazlar yaşadığımız çevreyi kuşatmış bulunmaktadır. En önemli etki güç dağıtım sistemlerinin ürettiği yayılan alanlardır. Normal bir evde 60 Hz'lik alanlar 1-20 V/m aralığında değişir. Ve bu değer elektrikli cihaz yakınında daha da artarak 250 V/m'ye ulaşabilmektedir. Alanların bazılarının vücut üzerinde indüklediği akım yoğunlukları da tablo 4.1'de verilmektedir.

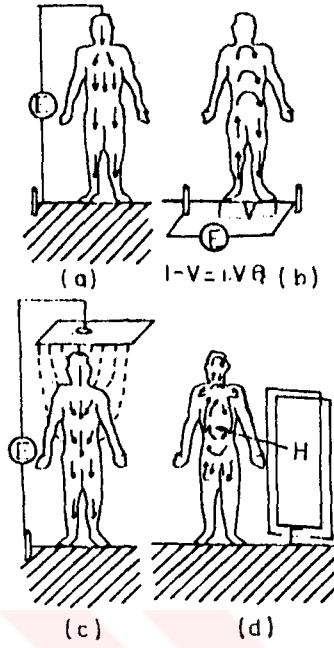
Dış alanların oluşturduğu vücut içindeki alanlar vücudun elektriksel özelliklerine ve geometrisine bağlıdır. Şekil 4.1' de muhtemel alanların dağılımı gösterilmektedir.

Tablo 4.1 Vücut akımının karşılaştırılması ve elektrik alanı-akım yoğunluğu ilişkisi.

	Akım (μA)	Yoğunluk ($\mu A/cm^2$)	Elektrik alanı (kV/m)
Kablolu ev içi aletleri	20-500	0.5-12 ^a	1.5-38
8 kV/m alanda bul. insan	120	3 ^a	8
Elektrikli battaniye	7-25	2-40 ^b	0.5-1.7
0,16 kV/m alanda bulunan insan	2.2	0,05 ^a	0.150

a) 40 cm²'lik bacak içinden geçen.

b) Battaniye içindeki elektrik içinden 1/4 inç uzakta.



Sekil 4.1. Yetişkin bir insanda iç akım yoğunluğu dağılımı. Akımın geçebilmesine imkan veren dört muhtemel yol okların yönlerinde gösterilmektedir. Okların kalınlığı akım yoğunluğunu temsil etmektedir. Yer değiştirme (deplasman) akım yolları kesik çizgilerle gösterilmektedir. a) iletkenlik durumu b) adım potansiyel durumu c) indüklenmiş elektrik alanı geçişi d) indüklenmiş magnetik alan geçişi.

DC ve düşük frekanslı alanlara maruz kalmanın, bitkiler ve hayvanlar üzerindeki etkilerinin çoğunun değerlendirilmesi zordur. Bunun temel nedenlerinden başlıcaları, biyolojik sistemlerin çok karışık yapılı olması ve performanslarını değiştirecek dağılmaları etkisiz bırakabilen birçok negatif geri beslemeye sahip olmalarıdır. Örneğin, vücut içinde iç sıcaklığı artıracak artan enerji dağılımı, kan akışı ve terlemedeki artışla telafi edilir. Elektrik alanların etkilerine ilişkin yapılan birçok deney, büyüme, yenilenme, kan kimyası vs. gibi işlemlerde pozitif bir değişiklik göstermemiştir. Bu sistemin bozulmadığı anlamına gelmemelidir [21].

4.3. Deney Hayvanları Üzerinde Yapılan Çalışmalar

Oldukça düşük frekanslı (0-300 Hz arasındaki frekanslar) alanlarla yapılan araştırmaların çoğunluğu, aşağıdaki konular üzerinde yoğunlaşmıştır:

- Sinir sistemi de dahil olmak üzere fiziksel yapı,
- Biyokimyasal değişimler,
- Kanın niteliğindeki değişimler,
- Davranışlardaki değişimler,
- Üreme ve gelişme sistemlerindeki değişimler.

Araştırmalar, birkaç minyatür domuz ve bazı canlılarla yürütülen çalışmalar haricinde dıma yalnızca küçük laboratuvar hayvanları üzerinde sürdürülmüştür.

Araştırmalarda, küçük hayvanlara uygulanan 100 kV/m ye kadar elektrik alanlarında sinir sisteminin elemanları, beyin dokusunun biokimyasal özellikleri, vücudun periyodik fizyolojik ve biokimyasal değişimleri üzerinde etkileri saptanmıştır. Davranışlar üzerindeki çalışmaların sonuçları, sinir sisteminin ELF elektrik alanı tarafından etkilenebileceği fikrini vermektedir.

Elektromagnetik dalgalarla daha üst seviyede etkileşmenin sonuçları da bilinmektedir. 60 Hz'de 30 gün süresinde 100 kV/m lik alanlara maruz kalan farelerden alınan sinirlerin incelenmesi sonucunda Cfiber iletkenlik hızında artışlar, hal-sizlik oranında azalma ve sinirsel uyarımlarda artışları gösteren gerilim süre eğrisinde kaymalar görülmüştür.

Köpekler üzerine yapılan deneyler, 50 Hz'de 25 kV/m şiddetli elektrik alanlarına 6 hafta süresince 8 saat/gün'lük maruziyetler sonucunda kan kimyasında önemli değişimler göstermiştir. Bu değişimler hemoglobin konsantrasyonunda azalma, serum proteinde artış, neutrophils'de azalmadır. Fareler üzerine yapılan aynı deneylerde büyüme oranı 25 ve 100

kV/m'lik alanlarda yavaşca artış göstermiştir.

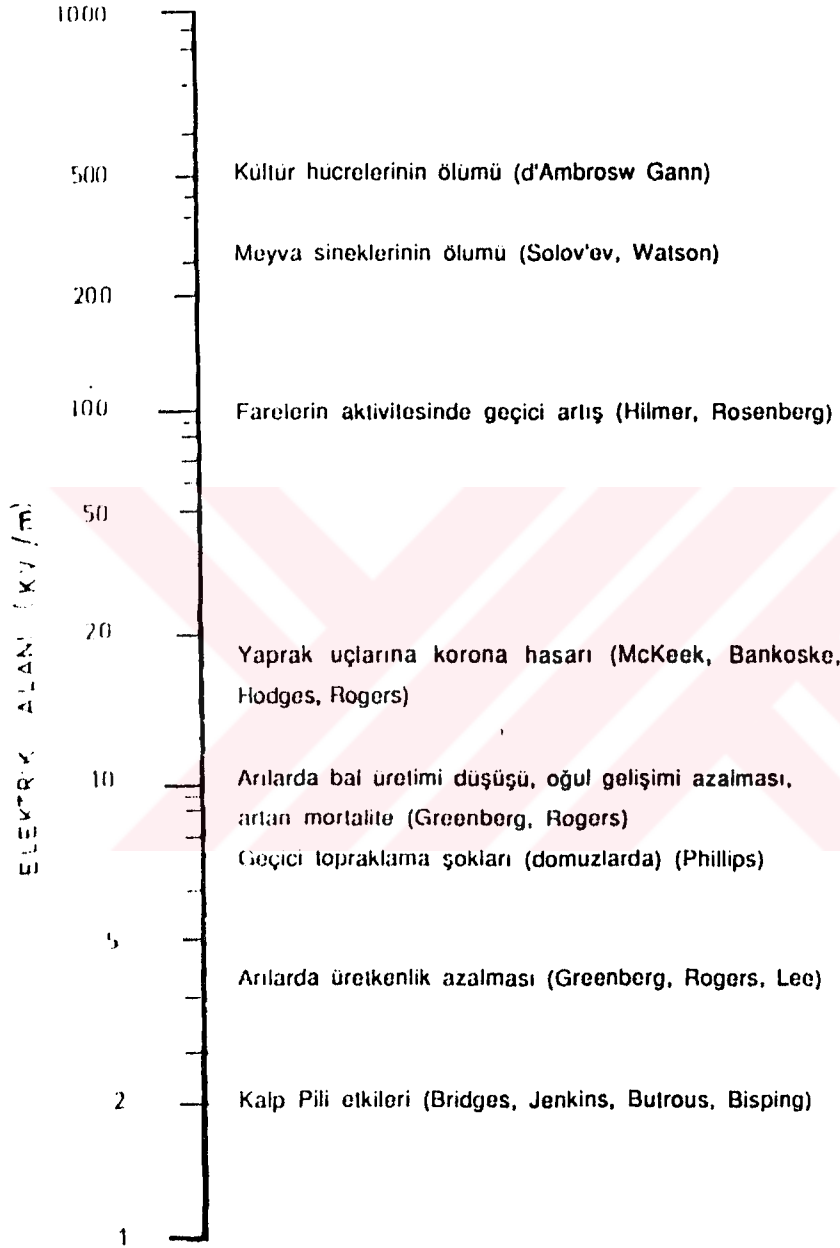
765 kV'luk iletim hatlarının altına yerleştirilen bal arıları üzerine yapılan deneylerde, 0.6-4.5 kV/m'lik alanlar sağlığa önemli miktarda zarar verebilecek etkiler göstermiştir. Bunlar aynı bölgede ekranlanmış yuvalarda yaşıyanlara göre kış süresince ölüm oranlarında %64 artış olarak özetlenebilir. Aynı çalışmada 1.1-8.3 kV/m'lik alana maruz kalan yuvalardaki arılar yaz süresince hiç bal üretmediği ve ağırlıklarında azalma olduğu, kışı sağ olarak geçirmede tüm kovanın başarısız kaldığı anlaşılmıştır. Son zamanlarda kovanlara elektrik şoku verilerek yapılan deneyler de benzer sonuçlar vermiştir. Tablo 4.2 'de birbirinden bağımsız araştırma gruplarının buldukları ortak sonuçlar özetlenmektedir. Deneyler büyük kV/m'li ELF alanlarının biyolojik sistemleri bozabilmesi etki süresine bağlı olduğunu göstermiştir.

4.4. ELF Alanlarının İnsan Üzerine Etkileri

Yüksek gerilim hatlarının bakım işleriyle uğraşan personelin ve yüksek gerilim dağıtım merkezlerinde çalışan işçilerin sağlık durumlarıyla ilgili olan mevcut araştırmalar sadece küçük gruplar üzerinde denendiği için sonuçlar da birbirleriyle tutarsızlıklar göstermiştir. Sovyet bilim adamları, kanın biokimyasal yapısındaki değişmelere ve sinir sistemi üzerindeki etkilerine dayandırılan kişisel şikayetlerin artan oranda meydana geldiğini fark etmişlerdir.

Laboratuvar şartları altında, kısa periyotlarla (günlük) 20 kV/m'ye kadar elektrik alanı uygulanan gönüllüler üzerinde bazı araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalarda, kan hücrelerinin dış yüzeylerinin çoğunda (normal fizyolojik alan içinde) ve kanın biokimyasında deney hayvanları üzerinde yapılan çalışmalarda gözlemlendiği gibi önemsiz değişmelerin mevcudiyeti tesbit edilmiştir.

Tablo 4.2 Çeşitli gözlemcilerin yüksek gerilim hatları civarında yaptığı araştırmaların sonuçları.



Enerji nakil hatları ve transformatörler gibi çeşitli elektriksel güç hatları ve cihazları ile birbirine yakın yaşayan, bu yüzden de manyetik alanların etkisinde kalan yetişkinler ve çocuklar arasında kanserin meydana gelme oranında bir artış olduğu saptanmıştır.

4.5. İnsanlar ve Kobaylar Üzerindeki Fiziksel İç Etkileri

Daha önceden bozulmamış (tabii) organizmaların ELF elektrik alanlarının etkisinde kalması sonucunda vücutta farklı etkiler ortaya çıkar. Bu etkiler, düzgün elektrik alanlarının vücutta bulundukları yerlere göre sınıflandırılabilir :

-Vücut yüzeyinin dış kısmı üzerinde hareket eden elektrik alanları. Bu alanlar, saçların titremesine ve bundan dolayıda kişi tarafından hissedilmesine sebep olabilirler. Ayrıca bu alanlar deri içinde bulunan duysal alıcı sinirleri (reseptör) harekete geçirebilirler.

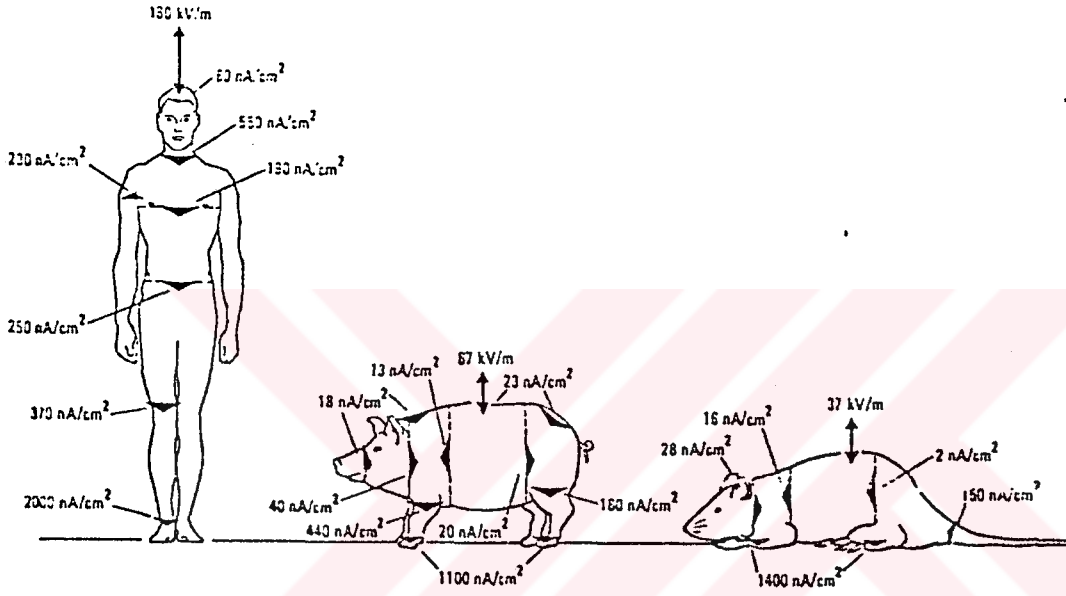
- Vücut içinde bir elektrik akımı meydana getiren elektrik alanları. Bu alanlar yaşayan hücrelerin yüzeyinde hareket eder ve yaşayan dokuların iletkenliklerinden dolayı oluşan elektrik akımları tarafından da bu hücrelerin canlılıkları ortadan kalkar.

İletken bir maddenin yüzeyindeki elektrik alanları, düzgün elektrik alanlarını nispi olarak çoğaltırken vücut içinde bir elektrik akımı meydana getiren alanları da 10^6 defa zayıflattığı gösterilmiştir [22].

Elektrik alan çizgileri vücut yüzeyine dik doğrultudadır. İnsan vücudunun eğri yüzeyleri (mesela insan başı), az eğri olan diğer yüzeylerinden daha fazla alan şiddetinden etkilenir. Bu yüzden, vücudun çeşitli kısımları üzerinde meydana gelen elektrik alan doğrultularını belirlemek yararlıdır.

Vücut içinde meydana gelen önemli iki büyüklük akım ve akım yoğunluğudur. Vücut içindeki toplam akımın kolaylıkla ölçülebilmesi veya hesaplanabilmesi mümkündür. Fakat akım yoğunluğu, bir organ veya dokuya elektrik alanının temasıyla ortaya çıkan etkilerle daha çok ilgilidir.

Elektrik alanı ile temas halinde bulunan bir vücudun kapasitesi ile elektrik alanı orantılıdır. Yani büyük kapasiteli vücutlardan, büyük değerlerde akımlar akar. Mesela, farenin vücudunun kapasitesi yakalşık olarak 5 pikofarad (pF) iken toprakla teması bulunduğu zaman inasanın kapasitesi yaklaşık olarak 125 pF'dır.



Sekil 4.2 60 Hz, 10 kV/m 'lik dikey elektrik alanı uygulanan, toprakla teması olan insan, domuz ve farenin vücutlarından seçilen bazı yerlerde aksenel olarak hesaplanan akım yoğunlukları.

4.6. Doğal Elektrik Alanlar

Yeryüzündeki elektrik ve magnetik alanlar iki bileşene sahiptir. Bunlar;

- Etkili olan statik bileşen,
- Statik bileşenden daha küçük olan zamanla değişken bileşen.

Elektrik ve magnetik alanların dikey bileşenleri, sırasıyla, Ez ve Hzolarak gösterilirken yatay olan iki

bileşenleri de $E_{x,y}$ ve $H_{x,y}$ ile karakterize edilirler.

Oldukça düşük frekanslı (ELF) saha içinde, insan yapısı alanların kaynaklarının en önemlileri 50 Hz veya 60 Hz 'lık güç frekanslarında çalışırlar. 50 Hz veya 60 Hz 'lık güç frekanslarındaki doğal elektrik alanların şiddetleri yaklaşık olarak 10^{-4} V/m 'dir. Fakat yüksek gerilim iletim hatlarının civarındaki elektrik alanlarının şiddeti doğal elektrik alan şiddetinden 10^8 kere daha kuvvetlidir. Ayrıca evlerdeki elektrik tesisatları ile elektrikli cihazların etrafındaki alan şiddeti de tabiatda bulunan alan şiddetinden yaklaşık olarak 10^3 ila 10^6 kere daha güçlüdür.

Yeryüzünün yakınındaki doğal elektrik alanı yaklaşık olarak 130 V/m 'lık statik alandır. Şimşekli yıldırımli fırtınalar gibi faktörler, doğal elektrik alanlarının günlük değişimlerini meydana getirirler. Bu değişim, toprak ve atmosferin üst kısımları arasındaki elektrik yükleri miktarlarındaki dönüşümlerden dolayı oluşur. Yapılan bir araştırmada şimşekli fırtınaların 3-20 kV/m şiddetinde elektrik alanına sahip olduğu belirtilmiştir [24].

Düşük frekanslardaki alternatif alanlar, şimşekli yıldırımli fırtınaların kuvvetine ve yer kabuğunun içinden geçen akımların (tellurik akımların) meydana getirdiği manyetik darbelere bağlıdır. Yeryüzündeki elektrik alanın şiddeti, 0.001 - 5 Hz 'lık frekans alanı boyunca ve zamanla değişir. Bölgesel değişimler, manyetik alandaki değişimlere ve atmosferik şartlara bağlı olarak meydana gelir.

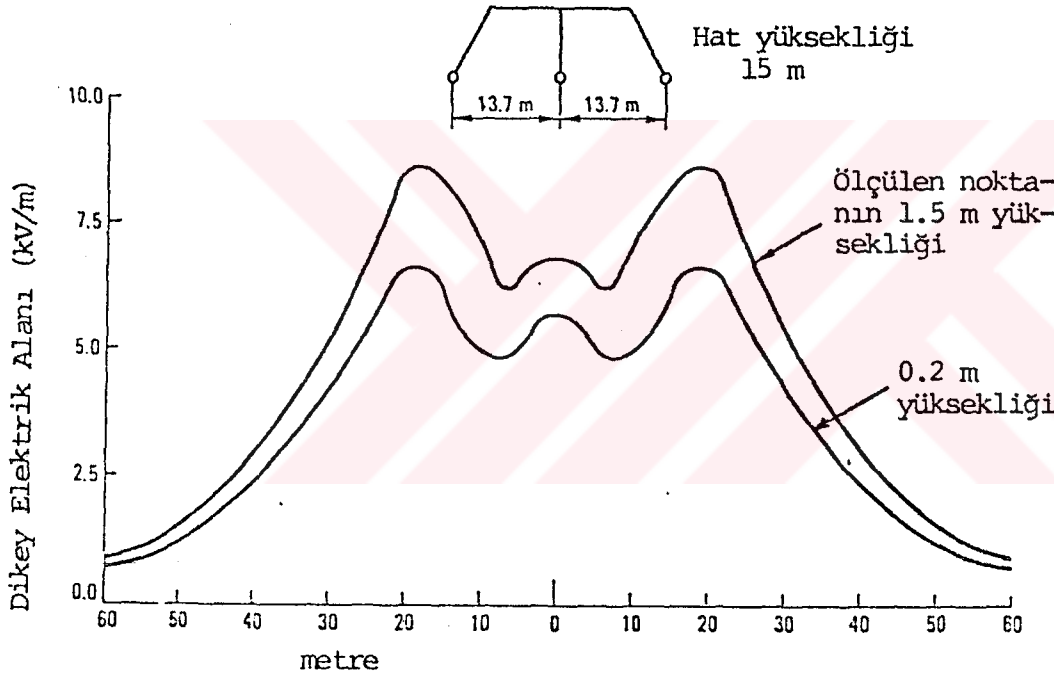
4.7. Yapay Elektrik Alan Kaynakları

4.7.1. Yüksek Gerilim İletim Hatları

İnsan yapısı ELF kaynaklarının en önemlisi yüksek gerilim (YG) iletim hatlarıdır. Ayrıca, çoğu ülkede 50 Hz ve Kuzey Amerika'da da 60 Hz'lik frekanslarda endüstri ve evlerde

kullanılan bütün elektrik cihazları (transformatörler, elektrik motorları gibi) birer ELF alan kaynağıdır.

Yüksek gerilim iletim hatlarının yakınında bulunan ve sonuçta elektrik veya manyetik alanlarından etkilenme sonucunda meydana gelen hastalıklar veya kazalar işçilerin bulundukları yerlerde bağlıdır. Eğer tellerde elektrik varken çalışılırsa, vücuttaki elektrik alan şiddetini ve akım yoğunluğunu düşürmek için koruyucu elbise kullanılmalıdır. Bu koruyucu elbise aynı zamanda da manyetik alan etkilerine karşı da dayanıklıdır.



Şekil 4.3 765 kV ve 60 Hz'deki bir iletim hattının altında ölçülen düzgün elektrik alanı.

4.7.2. İletim Hatları ve Dağıtım Merkezleri Yakınındaki Elektrik Alanları

Toprak seviyesinde, yüksek gerilim hatlarının altında meydana gelen elektrik alanları enerji hatları tarafından taşınanelektrik alanları gibi aynı frekanslara sahiptir. Bu alanların karakteristikleri hat gerilimine, geometrik

boyutlara ve iletim hattının iletkenlerinin pozisyonlarına bağılıdır. Bir referansa göre seçilen alan şiddeti, toprak seviyesinde hiçbir etkiye uğramamış elektrik alan şiddetidir. Arazinin düzensiz olan kısımlarının veya bitkilerin etkilerini ortadan kaldırmak için düzgün elektrik alan şiddeti, toprak seviyesinin üstünde 0.5, 1, 1.5, 1.8 m yüksekliklerde hesaplanır ve ölçülür.

Bir yüksek gerilim hattının altındaki elektrik alan şiddeti üzerinde belli başlı birkaç etki vardır:

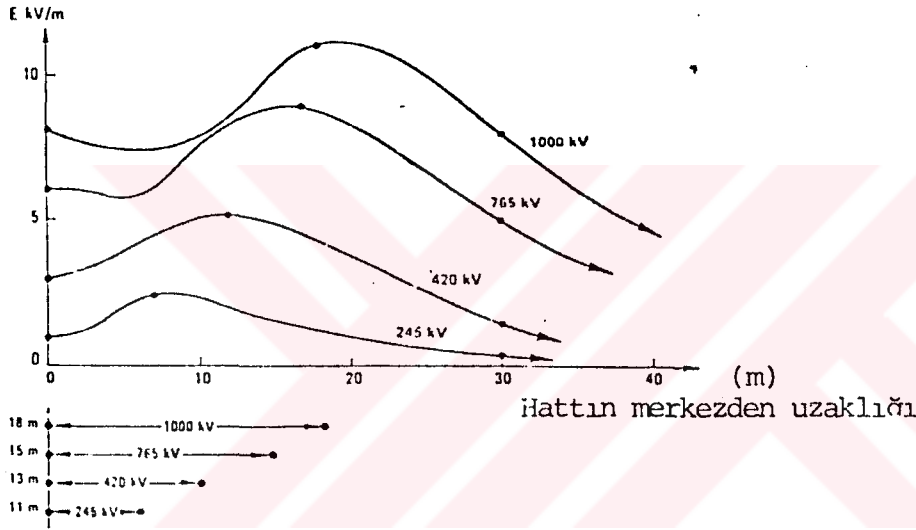
- Toprağın üstündeki iletkenlerin yükseklikleri,
- İletkenlerin geometrik şekilleri, direk üzerindeki topraklama iletkenleri, iki devrenin yakınlığı,
- Direğin topraklama metalinin yakınlığı,
- Diğer uzun cisimlerin (ağaçlar, parmaklıklar vs.) yakınlığı,
- Merkezdeki hattan yana doğru olan mesafenin yakınlığı,
- Ölçümün yapıldığı noktada toprak üstündeki yüksekliğin miktarı ve hattın gerçek gerilimi.



Sekil 4.4 Bir evin yakınından geçen bir hattın altında alan şiddeti ölçümü. Bu evde oturanlarda elektromagnetik saçılımların etkisiyle baş dönmesi ve baş ağrısı gibi rahatsızlıklar görülmüştür [25].

Yüksek gerilim hattı yakınında bulunan binaların içindeki alan şiddetleri genellikle düzgün alanlardan daha küçüktür. Ayrıca bu alan şiddetleri binanın yapısına ve kullanılan malzemeye bağlıdır.

Toprak seviyesinden itibaren farklı yüksekliklerde bulunan çeşitli YG iletim hatları için ölçülen alan şiddetlerinin değerleri Şekil 4.5 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.5 YG iletim hatları için ölçülen alan şiddetleri.

4.7.3. İletim Hatları Yakınındaki Manyetik Alanları

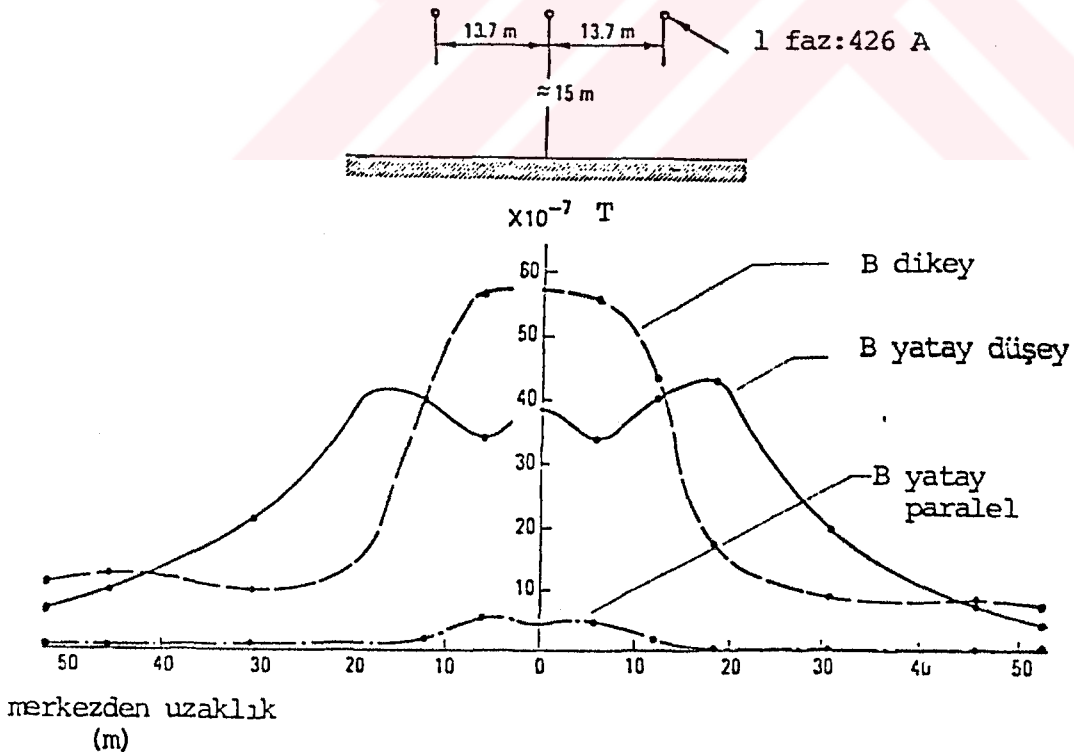
Bir elektrik alanı, daima yüklerin varlığı ile ortaya çıkarken, bir manyetik alan da daima bir elektrik akımının akışı olduğu zaman meydana gelir. Statik manyetik alan akım yönünün durumu ile şekillenir. Oysa ki, zamana bağlı elektrik ve manyetik alanlar, alternatif akım iletim sistemlerinin civarında endüklenir.

Yüksek gerilim iletim hattının altındaki manyetik alan, hat eksenine çapraz olarak yöneltilir. Maksimum akı yoğunluğu

iletkenler arasındaki faz ilişkisine bağlı olabilir.

İletkenlerin geometrik konumlarından ayrı olarak, maksimum manyetik alan şiddeti sadece akımın büyüklüğü ile saptanabilir. Yaygın olan yüksek gerilim iletim hatları için toprak seviyesindeki maksimum manyetik akı yoğunluğu yaklaşık olarak 0.1 mT/kA 'dır.

Elektrik alanının özelliklerinden ayrı olarak, bir manyetik alan daha fazla etki gücüne sahiptir ve bundan korunmakta oldukça zordur. Dolayısıyla, manyetik alanlar insanoğlunu çok kolay etkilerler ve toprakla teması olmasa bile insanda sirkülasyon veya girdap akımları oluşturulabilir. Eğer manyetik akı yoğunluğu yaklaşık olarak 0.028 mT değerine erişirse, iletim hatlarının meydana getirdiği manyetik alanların vücut içinde endüklediği iç gerilim farkları 1 mV değerinde olabilir [26].



Sekil 4.6 15 m. yüksekliğinde, 60 Hz, 765 kV'luk hat altındaki üç manyetik alan elemanının grafiği.

Şekil 4.6 'da, her hat için hesap edilen yük akımlarının sadece % 10 'unu taşıyan YG iletim hatlarının yakınındaki manyetik alan dağılımı gösterilmiştir.

4.8. İletim Hatlarının Korona ve Gürültü Etkileri

Yüksek gerilim altındaki bir elektrot, yüksek gerilim iletkeninin yanındaki havayı iyonlaştırması sonucunda ozon (O_3) gazı meydana getirebilmektedir. Havanın iyi olması halinde, yüksek gerilim iletim hatlarında meydana gelen koronanın yakınında hiçbir ozon gazı açığa çıkmaz. Fakat bazı hava şartlarında, YG iletim hatlarının yakınında korona akımlarının etkilerinden dolayı ozon gazı meydana gelir. Bununla beraber, ozon gazının çok kararsız bir gaz olmasından dolayı, açık havada çok hızlı bir şekilde zararsız oksijen bileşenlerine ayrışır. Bu yüzden de insan üzerinde hiç bir biyolojik etkisi olmaz.

Gürültü, salt sahalarında ve enerji iletim hatlarının yakınında veya altındaki bölgelerde meydana gelmektedir. Fakat bugün ki teknolojik gelişme, enerji iletim hatları civarında koronanın sebep olduğu gürültüleri kabul edilebilir değerlere düşürme imkanına sahiptir.

Salt sahalarının akustik çevresi, enerji iletim hatlarının çevresinden oldukça farklı ve özeldir. Bu yüzden de hem gürültünün frekans genişliği ve hem de farklı ıslık dağılım bölgelerindeki şiddeti gözönüne alınabilir. Rahatsızlık bakımından gürültünün etkileri incelenmiş ve sonuçlar göstermiştir ki, özellikle çok kalabalık şehirlerde ve gecekondu mahallelerinde transformatörler ile enerji iletim hatlarının gürültüleri problem olmaktadır.

4.9. 380 kV'luk İletim Hatlarının Havanın Kirlenmesindeki Rolü

Artmakta olan elektrik enerji gerksinimini karşılamak için gerilim seviyelerinin arttırılması konusundaki çalışmalar beraberinde bir takım çevre sorunları meydana getirmektedir. Bu sorunlardan birisi de korona boşalmaları ile ortaya çıkan gazların sebep olduğu hava kirlenmesidir.

Türkiye enterkonnekte sisteminde uzak mesafe enerji taşımacılığı için kullanılmakta olan 154 kV gerilim seviyesi oksitleyici gaz üretimi yönünden önemli olmamakla birlikte yeni kurulmuş bulunan 380 kV'luk ve planlanan 765 kV'luk enerji nakil hattı (ENH) ve şalt sahalarının çevresel etkileri olduğu prototip ENH üzerinde yapılan laboratuvar ve saha çalışmalarından anlaşılmaktadır.

ENH'nin oksitlerin ve diğer gazların oluşmasındaki etkinliği konusu üç yönden araştırılmıştır :

1. Hatların birim uzunluğundaki korona ile kaybolan enerjinin ve açığa çıkan ozon miktarının, yani ozon üretim hızının tayini.
2. Değişik hava koşulları altında açığa çıkan ozonun yayılması ve hatların geçtiği güzergah civarındaki ozon yoğunluğunun bulunması.
3. Bu miktarın hangi koşullar altında çevreye zararlı olabileceğinin araştırılması.

4.9.1. Havadaki Ozon Yoğunluğu ve Standartlar

Atmosferin üst katmanlarında ultraviyole (morötesi) güneş ışınlarıyla havadaki oksijen moleküllerinin parçalanmasından oluşan ozon gazı, atmosferin yeryüzüne yakın olan katlarında, havada mevcut diğer gazlarla aşırı kimyasal aktivitesi nedeniyle, tekrar oksijen ve bazı gazlara dönüşerek yok olur. Bu dönüşme ozonun 0.2 - 2 saat olan yarı ömrü ve meteorolojik

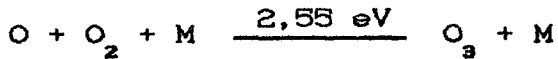
olaylarda etkilediğinden, yoğunluğu yer seviyesinde 0.1 - 0.5 mg/m³ arasında değişir. Bu yoğunluğun büyük şehirlerin çevrelerinde 1-2 mg/m³ gibi oldukça fazla değerlere ulaştığı ölçülmüştür.

Ozon gazının çok etkili bir oksitleyici, zehirleyici ve çürütücü gaz olması nedenleriyle havada müsaade edilebilir bir saatlik ortalama maksimum yoğunluğu 0.16 mg/m³ olarak tesbit edilmiş olup bu miktarın üstüne bir yıl içinde bir defadan fazla geçilmemesi gerekmektedir.

4.9.2. Korona Olayı Sırasında Ozon Oluşumu

ENH iletkenlerinde elektriksel boşalmalar ile havadaki gazın değişimi tamamen bilinmemekle birlikte ozon oluşumuna sebep olabilecek reaksiyonlar için üst enerji seviyesi bir oksijen molekülünün çözülmesi için gerekli 5,11 eV'luk enerjinin yarısı kadar olduğu tesbit edilmiştir. Korona kaybıyla açığa çıkan enerjinin oksijenin çözülmesine ve ozona dönüşmesine sebep olduğu kabul edilirse, ozon gazının oluşum hızının 1,42 g/kWh olacağı hesaplanabilir.

İlirtken yüzeyinde korona olayı sonucu parçalanan O₂ molekülü, O₂ veya N₂ gibi üçüncü bir molekül yardımıyla O₃ molekülüne dönüşür.



Burada M, O₂ veya N₂ gibi üçüncü bir aracı moleküldür. Diğer önemli bir reaksiyon ise enerji seviyelerini değişmiş O₂^{*} moleküllerinin diğer O₂ molekülleri ile arasında ozon oluşturmalarıdır.



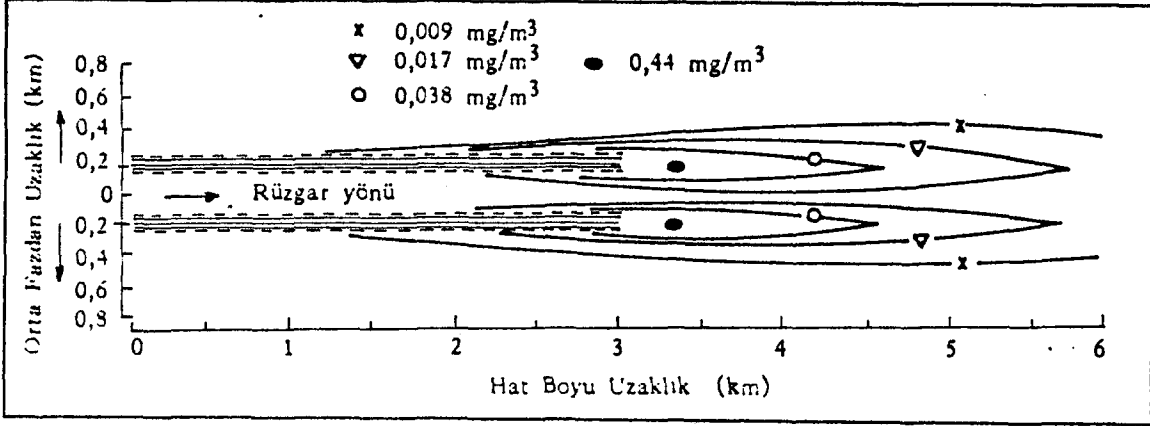
Korona olayı ozonla birlikte azot ve kükürt oksitlerin oluşmasına sebep oluyorsa da bunların miktarları oldukça düşüktür.

Ozon Gazı Dağılımı

ENH iletkenlerinde oluşan ozon hava içinde bulunan diğer gazlara göre ağır oluşu nedeniyle hat güzergahı ve çevresine yayılır. Yayılması ve yoğunluğu havadaki çeşitli meteorolojik olaylar ve hat güzergahının bulunduğu bölgenin durumuna göre değişir. Yayılma ve yoğunluk değişimine rüzgar ve yönü, havadaki turbulanslar ve hattın yereysel durumu sıcaklık, nem, yağmur gibi faktörlere göre daha etkilidir.

Tablo 4.2 Demet ve tek iletkenli hatlarda iç faz iletkeni boyunca ölçülen ortalama korona kayıpları ve ozon oluşum hızları.

İletken Çapı (cm)	Alan Şiddeti Faktörü k_g ($kV_{ef}/cm/tV_{ef}$)	İletkenin Korona koşulları	Ortalama Ozon Oluşum Hızı, R (g/kW saat)	Korona Güç Kaybı, P (kW/km)
4-3,416	0,0455	Kuru	0,635	0-65,6
		Kirli	0,635	0-65,6
		Nemli	0,771	0-49,2
		Yağışlı (ıslak)	1,270	49,2-131,2
4-3,037	0,0499	Kuru	0,453	0-65,6
		Nemli	1,496	0-131,2
		Yağışlı	0,907	0-98,4
4-2,514	0,0582	Kuru	1,088	0-98,4
		Kirli	1,723	0-131,2
		Nemli	2,267	0-49,2
		Yağışlı (ıslak)	4,263	49,2-164,0
4,432	0,0750	Kuru	2,404	0-229,6
		Yağışlı	0,907	98,4-164,0
2-3,037	0,061-0,070	Kuru	(1,81)	(0-123)
		Nemli	(3,18)	(0-88)
		Yağışlı (ıslak)	(1,27)	(88-165)



Sekil 4.7 Yer seviyesinde hesaplanan ozon dağılım profilleri. Hat uzunluğu 3 km'dir. Parametreler (3 fazlı hat için): $P=165 \text{ kW/km}$, $R=200 \text{ g/km/saat}$, $h=30 \text{ m}$, $V=1 \text{ m/s}$.

Yapılan hesaplarda 380 kV'luk Keban-Ankara ENH'nın güzergahı boyunca ozon yoğunluğu standartlarda belirtilen $0,16 \text{ mg/m}^3$ değerlerinin üzerine hatta çok yakın olan kesimlerde çıkmaktadır. Hava koşullarının ozon üretimindeki en etkin olduğu durumlar için hesapların yapıldığı gözönüne alınırsa hat güzergahından uzaklaştıkça ozon gazının çevreye etkisinin olmayacağı açıktır [27].

SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRMELER

1950'lerden günümüze gelinceye kadar, tüm dünya ülkeleri gelişmenin, sanayileşmenin ön koşulu olan enerjiye gittikçe artan gereksinimleri doğrultusunda, varolan tüm enerji kaynaklarını değerlendirme yoluna gitmişlerdir. Günümüzde sonsuz hızıyla ilerleyen teknoloji ve sanayileşme enerjiye bağımlılığıyla, tüm dünya ülkelerine enerji kaynaklarının artık tükenmekte olduğu gerçeğini hatırlattı. Enerji sektörünün tamamen ortadan kalkmaması için, enerji planlamaları ve politikalarına "çevre" faktörünün de eklenerek "sürdürülebilir kalkınma" ilkesinin oluşturulması bir zorunluluk haline gelmiştir.

Bir ülkenin sosyal ve ekonomik etkinlikleri için gerekli enerji dengesini, yani enerji kaynaklarının, enerji dönüşümünün, iletişiminin, dağıtımının ve kullanım sistemlerinin, verimli ve çevre ile uyumlu olarak çalıştırılmasını sağlayan altyapı, enerji politikasının kapsamını oluşturmaktadır.

Bu çalışmada ele alınan, Türkiye Enerji Politikası'nın ana ilkelerinden ve hedeflerinden olması gereken bazı unsurlar şunlardır :

1. Ülke kaynaklarının gerek kamu ve özel sektör, gerekse yabancı sermayenin katkısı ile en iyi şekilde değerlendirilmesi,
2. Enerji üretimi, dağıtımı ve tüketiminin her aşamasında kayıpların en aza indirilmesi, verimliliğin arttırılması ve olası kayıpların önlenmesi,
3. Enerji ihtiyaçlarının karşılanması sırasında, çevre ve halk sağlığının korunmasına özen gösterilmesi,
4. Yeni kaynak aramalarına hız verilirken, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının en kısa zamanda enerji üretimine katkısının sağlanması.

Ülkemizde varolan enerji üretim tesisleri içinde çevre

kirliliği oluşturan en önemli tesis Termik Santraller'dir. Kömüre dayalı bir termik santralin çevreye vereceği zararı en aza indirebilmek için, öncelikle yer seçimi aşamasında ekolojik faktörler, diğer sanayilerin dağılımına göre yerleşim faktörleri dikkate alınmalıdır. Yer seçimi yapılırken tek amaç en ucuz, en kısa yoldan, maliyeti en düşük enerji üretmek olmayıp çevre faktörü de mutlaka gözönüne alınmalıdır.

Çevre faktörü gözönüne alınırken "Çevresel Etki Değerlendirme" (ÇED) raporu'nun mutlaka hazırlanarak tesisin bu rapor doğrultusunda kurulması gerekir. Bu raporda bulunmasp gereken bilgiler şöyle sıralanabilir :

- Önerilen projenin ülke, bölge ve kent planlarına uyum gösterip göstermediği,
- Proje için seçilen yerin konumu ve inşaat safhalarının zamanlaması ile toplam süre,
- Projenin uygulamaya konması ile sağlanacak gelişmeler ile ilgili bilgiler (işletme ve bakım).
- Proje alanındaki doğal çevrenin özellikleri ve doğal kaynakların kullanımı ile ilgili bilgiler,
- Proje kapsamında ünitelerin inşaası sırasında oluşacak çevresel etkilerin değerlendirilmesi,

Yukarıda belirtilen kapsamda hazırlanan ÇED Raporu'nun sonuçlarının, proje alanı içindeki doğal, ekonomik ve sosyal kültürel çevrenin uyumunu sağlayan gelişmelere yönelik hedeflere ulaşması gerekir.

Mevcut enerji kaynaklarının çevreye en az zarar verecek şekilde üretilip, tüketilmesi için gerekli tedbirler alınmalıdır. Bu çerçevede;özellikle büyük miktarlarda değarj ve emisyonların görüldüğü termik santrallerin çevresi ile yoğun endüstri ve yerleşim bölgelerinde emisyon ve atık değarjlarının kontrolu sıkı bir şekilde yapılmalı, atık alıcı ortamı (hava, su, toprak) kaliteleri izlenmeli ve kirlilik

azaltıcı tedbirler (filtre takılması, desülfürizasyon ünitesi, ve ikame yakıt uygulamaları vb.) etkin bir şekilde uygulanmalıdır.

Enerji kaynakları -özellikle linyitler- tüketiminden önce mutlaka zenginleştirmeye tabi tutulmalı, kirleticilerden mümkün olduğu nispette son kullanımdan önce arındırılmalıdır.

Termik Santraller de baca gazı SO₂ emisyonu kontrolü'nün yayma metodu yerine azaltma metoduyla yapılması gerekir. Türkiye de şimdiye kadar yayma metodu kullanılmış ve düşük kükürtlü linyit kullanan termik santrallerde bu metod bir noktaya kadar çözüm olmuştur.

Azaltma metodu aşağıdakilerden biri veya bunların bileşimi ile yapılır.

- Düşük kükürtlü yakıtlara dönüşüm,
- Yakıt desülfürizasyon metodlarının kullanımı,
- Baca gazı desülfürizasyon (BGD) sistemlerinin kullanımı

Uçucu küllerin çevre kirlenmesine yol açmaması için,

- Uçucu kül daha az kirlenmeye yol açan hidrolik taşıma yöntemi ile taşınabilir.
- Çeşitli bölgelere atılan uçucu kül yığınlarının üzeri toprakla kaplanarak ağaçlandırılabilir.
- Uçucu külün tuğla tipi malzeme üretiminde çimentoya katkı maddesi olarak, yol inşaatı ve stabilizasyonu için kullanılabilir.

Kurulu bulunan termik santraller de desülfürizasyon ünitesi bazılarında mevcuttur. Mevcut olanlar da sonradan konmuştur. Örneğin, Yatağan Termik Santrali'nin çevreye verdiği zararlar sonucu bu ünitenin yapılmasına karar verilmiştir. Halbuki bu ünitelerin planlama safhasında düşünülmesi gerekir. Diğer yandan elektrofiltreler kullanılmakla birlikte, santrallerin en çok arızalanan ve kül atmada

karşılaşılan aksamalardan dolayı sık sık devre dışı bırakılmaktadır.

Günümüzde uzay teknolojisi dışında hiçbir teknolojide nükleer santrallerin sahip olduğu nitelikte güvenlik önlemleri bulunmamaktadır. Buna rağmen reaktör işletmeye alındıktan sonra yakın çevrenin geniş kapsamlı ve yaygın bir izleme programı ile sürekli izlenmesi, çevrenin en iyi şekilde korunmasını sağlayacak uygun önlemlerin hazırlanmasında önemli rol oynayacaktır.

Yerleşim bölgelerinden uzak yerlere kurulması gereken Nükleer Santrallerin hizmete girdikten sonra 4 yıl boyunca ortamın ekolojik değişimi sürekli izlenmelidir. Özellikle çevrede otlayan hayvanların sütleri ve kültür bitkileri analiz edilerek radyoelement göçü izlenmelidir.

Nükleer enerji, ülkemiz için hassas, yeni bir teknolojidir. Teknik, ekonomik ve politik yönleriyle çok problemleri vardır. Ancak, Türkiye'nin Nükleer enerjiyle bir an önce tanışması şarttır.

Yeni, yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarına yönelerek (jeotermal ısı, güneş ve rüzgar enerjisi gibi) bunlardan yararlanma yoluna gidilmelidir. Çevre maliyeti de enerji maliyeti kapsamına dahil edilip, ekonomik değerlendirmeye gidildiğinde bu kaynakların oldukça ucuza mal olduğu görülecektir.

Konu bilimsel, teknolojik, ekonomik, sosyal ve yasal boyutlarıyla bir bütün olarak ele alınmalıdır. Bu ise ulusal bir çevre politikasının saptanması, planlamanın ve kurumsal düzenlemenin yapılması ile gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] BAŞEŞME, H., Hidroelektrik Santraller ve Hidroelektrik Santral Tesisleri, TEK, Ankara, 1980.
- [2] HEPER, Y., Buhar Santralleri, TEK, Ankara, 1979.
- [3] PEŞİNT, M.Adnan, Elektrik Santralleri Enerji İletimi ve Dağıtımı, 1983.
- [4] ÖZDEN, N., Nükleer Çağın İlk 40 Yılı, Cilt-1, İstanbul, 1983.
- [5] FIABANE, A.M., The Chemical Society Monographs for Teachers, No.31, 1977.
- [6] CANBEYLİ, R., Büyük Barajların Ekolojik Etkileri, Bilim ve Teknik Dergisi, Cilt-14, s.25-29, 1981.
- [7] BISWAS, A., Operation of Complex Water Resource Systems, Erice, Italy, 1981.
- [8] TEKİNEL, Prof.Dr.O., Atatürk Barajını Bekleyen Büyük Tehlike, Y.Asya Gazetesi, 25.11.1992 tarihli s.
- [9] BISWAS, M.R., Food Climate and Man, John Wiley, New York, 1979.
- [10] TIRIS, Dr.M., Enerji ve Çevre başlıklı makale, Milliyet Gazetesi 20.9.1992 tarihli sayısı.
- [11] BELL, J., Effects of the Power Plants, New Scientist, 1981.
- [12] Çevre Mühendisleri Derneği (ÇMD) Araştırma Raporu, Aliğa Özelinde Ülkemizde Termik Santraller ve Çevre, Nisan 1992, Ankara.
- [13] Scala Zeitschrift, Februar-Mearz 1991, Deutschland.
- [14] ÇEPEL, N., Çevre ve Ekoloji, s.43-45, 1991 İstanbul.
- [15] Enerji İstatistikleri, Türkiye 5. Enerji Kongresi, 22-26 Ekim 1990, Ankara.
- [16] KALAYOĞLU, S., UNSEREN, E., Yatağan Santrali, İTÜ Nükleer Enerji ENstitüsü, 1988.
- [17] Fizik Mühendisliği 4. Bilimsel ve Teknik Bildirisi, Şubat 1992, Ankara.

- [18] AKÇAY, H. , Çevre.84 Sempozyumu, E.10 Dokuz Eylül Üniversitesi, 1983, İzmir.
- [19] SAMSUNLU, Prof.Dr.A. , Çevre Koruma Dergisi, Sayı: Temmuz 1987/3 , s.8-9
- [20] A.GÖKSEL, Dr.S. , Çevre Koruma Dergisi, Sayı: Ekim 1987/4.
- [21] Şeker, S. , ÇEREZCİ, O. , Elektromagnetik Alanların Biyolojik Etkileri, Güvenlik Standartları ve Korunma Yöntemleri, 1991, İstanbul.
- [22] KAUNE, W.T. , PHILLIPS, R.D. , Comparison of the Coupling of Grounded Humans, Swine and Rats to Vertical 60 Hz Electric Fields, Bioelectromagnetics, s. 117-130, 1980.
- [23] DENO, D.W. , ZAFFANELLA, L.E. , Electrostatic Effects of Overhead Transmission Lines and Stations, EPRI Report EL-100, s.248-280, 1975.
- [24] CHALMERS, J.A. , Atmospheric Electricity, Pergamon Press, Oxford, 1967.
- [25] NATUR das Umweltmagazin, Nr.12, Dezember 1990, s.89-90.
- [26] HAUF, R. , Electromagnetic ELF Fields, WHO Regional Publications, Copenhagen, 1982.
- [27] DOĞA Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi, Cilt-16, Sayı:1, 1992, s.54-58.

ÖZGEÇMİŞ

1968 yılında Manisa'da doğdum. İlk ve Orta öğrenimimi Saruhanlı'da tamamladıktan sonra 1987 yılında Manisa Teknik Lisesi'nden mezun oldum. Aynı yıl girdiğim Yıldız Üniversitesi Elektrik Mühendisliği bölümünü 1991 yılında tamamladım. Halen aynı Üniversite'de Araştırma Görevliliği yapmaktayım.

Mayıs 1993

MÜH. RAŞİT ATA