



*Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir*

***Çevre ve Şehircilik Bakanlığının ÇED Alanında  
Kapasitesinin Güçlendirilmesi için Teknik Yardım  
Projesi***

**Sözleşme N° 2007TR16IPO001.3.06/SER/42**

***NÜKLEER GÜÇ SANTRALİ***

**ARALIK 2017**



<b>Proje Adı</b>	<b>Çevre ve Şehircilik Bakanlığının ÇED Alanında Kapasitesinin Güçlendirilmesi için Teknik Yardım Projesi</b>
Sözleşme Numarası	2007TR16IPO001.3.06/SER/42
Proje Değeri	€ 1.099.000,00
Başlangıç Tarihi	Şubat 2017
Hedeflenen Son Tarih	Aralık 2017
<b>Sözleşme Makamı</b>	<b>T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Avrupa Birliği Yatırımları Dairesi Başkanlığı</b>
Daire Başkanı	İsmail Raci BAYER
Adres	Mustafa Kemal Mahallesi, Dumlupınar Bulvarı No: 278, Çankaya - Ankara / TÜRKİYE
Telefon	+ 90 312 474 03 51
Faks	+ 90 312 474 03 52
e-mail	<a href="mailto:ab@csb.gov.tr">ab@csb.gov.tr</a>
<b>Faydalanıcı</b>	<b>T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü</b>
Genel Müdür	Mehmet Mustafa SATILMIŞ
Adres	Mustafa Kemal Mahallesi, Dumlupınar Bulvarı No: 278, Çankaya - Ankara / TÜRKİYE
Telefon	+ 90 312 410 10 00
Faks	+ 90 312 419 21 92
e-mail	<a href="mailto:cedproje@csb.gov.tr">cedproje@csb.gov.tr</a>
<b>Danışman</b>	<b>NIRAS IC Sp. z o.o.</b>
Proje Direktörü	Bartosz Wojciechowski
Proje Yöneticisi	Kira Kotulska-Kozłowska
Adres	ul. Pulawska 182, 02-670, Warsaw, Poland
Telefon	+48 22 395 71 16
Faks	+48 22 395 71 01
e-mail	<a href="mailto:eiaturkey@niras.com">eiaturkey@niras.com</a>
<b>Yardımcı Proje Direktörü</b>	<b>Rast Mühendislik Hizmetleri Ltd.'yi temsilen Fazıl Baştürk</b>
Proje Takım Lideri	Radim Misiacek
Adres (Proje Ofisi)	ÇŞB Mustafa Kemal Mahallesi, Dumlupınar Bulvarı No: 278 Çankaya Ankara
Telefon	+90 312 410 18 55
Faks	+90 312 419 0075
e-mail	<a href="mailto:r.mis@seznam.cz">r.mis@seznam.cz</a>
Raporlama Dönemi	Uygulama Aşaması
Raporlama Tarihi	Aralık 2017

**ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI'NIN  
ÇEVRESEL ETKİ DEĞERLENDİRMESİ (ÇED) ALANINDA  
KAPASİTESİNİN GÜÇLENDİRİLMESİ İÇİN TEKNİK YARDIM  
PROJESİ**



**Faaliyet 1.2.3**

**ÇEVRESEL ETKİLER VE ALINACAK ÖNLEMLER KILAVUZU**

**NÜKLEER GÜÇ SANTRALİ**

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Alanında  
Kapasitesinin Güçlendirilmesi İçin Teknik Yardım Projesi

---

<b>Proje Adı</b>	<b>Çevre ve Şehircilik Bakanlığının ÇED Alanında Kapasitesinin Güçlendirilmesi için Teknik Yardım Projesi</b>
Sözleşme Numarası	2007TR16IPO001.3.06/SER/42
<b>Faydalanıcı</b>	<b>T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü</b>
Adres	Mustafa Kemal Mahallesi, Dumlupınar Bulvarı No: 278, Çankaya - Ankara / TÜRKİYE
Telefon	+ 90 312 410 10 00
Faks	+ 90 312 419 21 92
Tarih	Aralık 2017
Hazırlayan	Prof. Dr. Ahmet Erdal OSMANLIOĞLU
Kontrol Eden	Bülent Kadioğlu / Radim Misiacek

---

*Bu yayın Avrupa Birliği'nin mali desteğiyle hazırlanmıştır.  
Bu yayının içeriği Niras IC Sp. z o.o. sorumluluğu altındadır ve hiçbir şekilde AB Yatırımları  
Dairesi Başkanlığı ve Avrupa Birliği'nin görüşlerini yansıtır şekilde ele alınamaz.*

## İÇİNDEKİLER

<b>II.</b>	<b>ÖNSÖZ</b>	<b>7</b>
<b>III.</b>	<b>KISALTMALAR VE TERİMLER</b>	<b>7</b>
<b>IV.</b>	<b>TEKNİK OLMAYAN ÖZET</b>	<b>8</b>
<b>V.</b>	<b>GİRİŞ</b>	<b>9</b>
<b>VI.</b>	<b>(ALT) SEKTÖRDEKİ PROJELERİN TANIMLANMASI</b>	<b>9</b>
<b>VII.</b>	<b>ÇED YÖNETMELİĞİ KAPSAMINDAKİ YERİ</b>	<b>12</b>
<b>VIII.</b>	<b>İLGİLİ MEVZUAT</b>	<b>13</b>
VIII.1.	Ulusal Mevzuat.....	13
VIII.2.	Uluslararası Sözleşmeler (Türkiye'nin taraf olduğu) .....	16
VIII.3.	Avrupa Birliği Direktifleri .....	17
VIII.4.	Terimler Listesi .....	19
<b>IX.</b>	<b>ALTERNATİFLER</b>	<b>24</b>
IX.1.	Giriş .....	24
IX.2.	Proje sahası alternatifleri.....	25
VIII.2.5.9.	Alternatiflerin Tanımlanması .....	28
IX.3.	Proje teknolojisi alternatifleri .....	29
IX.4.	Proje süreçlerinin alternatifleri.....	30
<b>X.</b>	<b>ETKİLER VE ALINACAK ÖNLEMLER</b>	<b>30</b>
X.1.	Arazi Hazırlık ve İnşaat Aşaması .....	31
X.1.1.	Toprak ve Jeoloji .....	31
X.1.2.	Gürültü ve titreşim .....	32
X.1.3.	Hava Kirliliği .....	33
X.1.4.	Halk sağlığı etkileri de dahil genel sosyoekonomik etkiler .....	33
X.1.5.	Yüzey ve Yeraltı Suyuna Etkiler.....	34
X.1.6.	Bitkiler ve hayvanlar, eko sistemler, peyzaj ve korunan alanlar üzerine etkiler.....	34
X.1.7.	Atıklar .....	35
X.2.	İşletme Aşaması.....	35
X.2.1.	Toprak ve Jeoloji .....	35
IX.2.2.	Gürültü ve Titreşim.....	36
IX.2.3.	Hava Kirliliği .....	37
IX.2.4.	Halk sağlığı etkileri de dahil genel sosyoekonomik etkiler .....	38
IX.2.5.	Yüzey ve Yeraltı Suyuna Etkiler.....	38
IX.2.6.	Bitkiler ve hayvanlar, eko sistemler, peyzaj ve korunan alanlar üzerine etkiler.....	39
IX.2.7.	Atıklar .....	40
IX.3.	İşletme Faaliyete Kapandıktan Sonra Olabilecek Etkiler ve Alınacak Önlemler .....	42
IX.3.1.	Toprak ve Jeoloji .....	42
IX.3.2.	Gürültü ve titreşim .....	43

IX.3.3. Hava Kirliliği .....	43
IX.3.4. Halk sağlığı etkileri de dahil genel sosyoekonomik etkiler .....	44
IX.3.5. Yüzey ve Yeraltı Suyuna Etkiler .....	44
IX.3.6. Bitkiler ve hayvanlar, eko sistemler, peyzaj ve korunan alanlar üzerine etkiler .....	45
IX.3.7. Atıklar .....	45
IX.4. İlgili Etki Hesaplama Yöntemleri .....	46
IX.4.4.1. Radyoaktif Zehirlilik .....	53
IX.4.4.2. Genel Sosyoekonomik Etkiler .....	54
IX.5. Hammadde ve Kaynak Kullanımı .....	55
<b>XI. İYİ ÖRNEKLERİ İÇEREN ULUSLARARASI TECRÜBELER VE YENİLİKÇİ TEKNOLOJİLER</b>	<b>55</b>
<b>XII. İZLEME</b>	<b>57</b>
<b>XIII. İLETİŞİM BİLGİLERİ</b>	<b>61</b>
<b>XIV. UYGULAMADA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLAR</b>	<b>61</b>

## I. ÖNSÖZ

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 25 Kasım 2014 tarih ve 29186 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği'ni uygulamak için yetkili makam olup Yönetmelik Ek II kapsamında listelenen projeler için görevlerinin bir kısmını Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüklerine devretmiştir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, projelerin çevresel etkilerini ve bu etkilere azaltmak için gerekli önlemleri belirlemek üzere geçmişte belirli sektörler için kılavuzlar hazırlamış olup, bu dokümanları en son 2014 yılında olmak üzere zaman zaman güncellemektedir. Bu kılavuz, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın ÇED Alanında Kapasitesinin Güçlendirilmesi için Teknik Yardım Projesi'nin 1.2.3 nolu Aktivitesi kapsamında hazırlanmıştır.

Yukarıda bahsi geçen proje kapsamında, aşağıdaki ana sektörler için toplam 42 adet kılavuz hazırlanmıştır;

- Atık ve Kimyasallar
- Tarım ve Gıda
- Sanayi
- Petrol ve Metalik Madenler
- Agregata ve Doğaltaş
- Turizm ve Konut Yatırımları
- Ulaşım ve Kıyı Yatırımları
- Enerji Yatırımları

Proje kapsamında bu kılavuzlara ilave olarak Ek I ve Ek II faaliyetlerinden kaynaklı çevresel etkileri özetleyen 85 adet Kitapçık hazırlanmıştır. Kılavuzlar ve kitapçıklar hazırlanırken Yönetmelik Ek I ve Ek II listesi altında yer alan tüm faaliyetler incelenmiş olup, bu faaliyetlerden kaynaklı çevresel etkiler ve alınacak önlemler detaylı olarak ele alınmıştır.

Bu kılavuzların genel amacı, çevresel etki değerlendirme çalışmalarının incelenmesine veya ÇED Raporlarının ve/veya Proje Tanıtım Dosyalarının hazırlanmasına dahil olan ilgili taraflara arazi hazırlık, inşaat, işletme ve kapatma aşamaları boyunca nükleer güç santral projelerinden kaynaklı çevresel etkileri ve alınması gereken önlemler hakkında bilgi vermektir.

Bu kılavuz yasal olarak bağlayıcı bir belge değildir ve sadece tavsiye niteliğindedir.

## II. KISALTMALAR VE TERİMLER

ATMEA	: Basınçlı Su Reaktörü (Mitsubishi-Areva)
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
ÇNAEM	: Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi
DDA	: Düşük Düzeyli Atık
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu



EÜAŞ	: Elektrik Üretim Anonim Şirketi
IAEA	: Uluslararası Atom Enerji Ajansı
ICRP	: Uluslararası Radyasyon Korunması Komitesi
ITER	: Uluslararası Termonükleer Deneme Reaktörü
MYRRHA	: Yüksek Teknoloji İçin Çok Amaçlı Hibrit Araştırma Reaktörü
NGS	: Nükleer Güç Santrali
ODA	: Orta Düzeyli Atık
SCK-CEN	: Belçika Nükleer Araştırma Merkezi
TAEK	: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TENORM	: Kontamine Hurda Atık Malzemeler
TETAŞ	: Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi
VVER	: Basınçlı Su Reaktörü (Rusya)
YDA	: Yüksek Düzeyli Atık

### III. TEKNİK OLMAYAN ÖZET

Bir nükleer güç santrali, uranyum atomunun kontrollü zincirleme reaksiyon koşulları altında bölünmesiyle açığa çıkan ısı enerjisinden elektrik üretimi sağlayan nükleer reaktör ünitelerinin ve yardımcı cihaz ve yapıların bir arada bulunduğu tesistir. Nükleer reaksiyon sırasında açığa çıkan ısı enerjisinden önce buhar üretilmekte ve sonrasında buhar mekanik enerjiye dönüştürülerek elektrik jeneratörleri vasıtasıyla elektrik üretilmektedir.

Ülkemizdeki NGS çalışmaları;

Ülkemizdeki ilk NGS projesi; T.C. Hükümeti ile Rusya Federasyonu Arasında Mersin-Akkuyu Sahasında bir Nükleer Güç Santralinin Tesisine ve İşletimine Dair İşbirliğine İlişkin Anlaşma'nın 12 Mayıs 2010 tarihinde imzalanmasıyla yürürlüğe girmiştir. Mersin-Akkuyu NGS; VVER-1200 (AES-2006) tipinde dört üniteden oluşan toplam 4800 MWe gücünde olacaktır. Anlaşma kapsamında Akkuyu NGS Elektrik Üretim A.Ş. adı ile Proje Şirketi (%100 Rus Sermayeli olarak) kurulmuştur. NGS inşaatı ve işletmesi NGS'nin sahibi durumunda olan bu şirket tarafından yürütülecektir. Projenin %49'una kadar olan hisseleri Türk Şirketlerinin de yer aldığı şirketler birliği tarafından satın alınabilecektir. Aralık 2014 tarihinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığında ÇED olumlu kararı alınmış olup EPDK tarafından elektrik üretim lisansı verilmiştir. Akkuyu Nükleer A.Ş. tarafından hazırlanan Saha Parametreleri Raporu'nun 2017 yılında TAEK tarafından onaylanması ile proje şirketi inşaat lisansını alarak inşaat sürecine başlamıştır. 2023 yılında Akkuyu Nükleer Santralının ilk ünitesinin işletmeye alınması öngörülmektedir.

Ülkemizdeki ikinci nükleer santral projesi ise; T.C. Hükümeti ile Japonya arasında nükleer santral yapımı ve işbirliğine ilişkin hükümetler arası anlaşmanın 3 Mayıs 2013 tarihinde imzalanmasıyla yürürlüğe girmiştir. Sinop-İnce burun NGS her biri 1120 MW kapasiteli ATMEA-1 tipi dört reaktörden oluşacak toplam kapasite 4480 MW olarak planlanmıştır. Sinop-ince burun NGS, EÜAŞ (%49), Japon Şirketleri (%30) ve Fransız Şirketi (%21) ortaklığı ile kurularak işletilecektir. İlk ünitenin 2023, son ünitenin de 2028 yılında devreye alınması planlanmaktadır.



Ülkemizdeki üçüncü nükleer santral projesi ile ilgili olarak çeşitli mutabakat anlaşmaları yapılmış olup görüşmeler sürdürülmektedir.

## IV. GİRİŞ

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 25 Kasım 2014 tarih ve 29186 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği'ni uygulamak için yetkili makam olup Yönetmelik Ek II kapsamında listelenen projeler için görevlerinin bir kısmını Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüklerine devretmiştir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, projelerin çevresel etkilerini ve bu etkilere azaltmak için gerekli önlemleri belirlemek üzere geçmişte belirli sektörler için kılavuzlar hazırlamış olup, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın ÇED Alanında Kapasitesinin Güçlendirilmesi için Teknik Yardım Projesi kapsamında ÇED Yönetmeliği'nde yer alan tüm sektörler için kılavuzlar yerli ve yabancı teknik uzmanlar tarafından güncellenmiştir.

Yukarıda bahsi geçen proje kapsamında, aşağıdaki ana sektörler için toplam 42 adet kılavuz hazırlanmıştır;

- Atık ve Kimya
- Tarım ve Gıda
- Sanayi
- Petrol ve Metalik Madenler
- Agregata ve Doğaltaş
- Turizm ve Konut
- Ulaşım ve Kıyı
- Enerji

Bu kılavuzların genel amacı, çevresel etki değerlendirme çalışmalarının incelenmesine veya ÇED Raporlarının ve/veya Proje Tanıtım Dosyalarının hazırlanmasına dahil olan ilgili taraflara arazi hazırlık, inşaat, işletme ve kapatma aşamaları boyunca nükleer güç santrali projelerinden kaynaklı çevresel etkileri ve alınması gereken önlemler hakkında bilgi vermektir.

Bu kılavuz yasal olarak bağlayıcı bir belge olmayıp ve sadece tavsiye niteliğindedir.

## V. (ALT) SEKTÖRDEKİ PROJELERİN TANIMLANMASI

NGS projeleri, yüklenici firmaların yanı sıra Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın kuruluşları olan EÜAŞ, TEİAŞ, TETAŞ ve TAEK vb. kuruluşların yetki ve sorumlulukları kapsamındaki enerji yatırım projeleridir. 2010 yılı itibariyle ülkemizde kurulacak ilk NGS olan Mersin-Akkuyu NGS çalışmalarının yanı sıra Sinop-ince burun NGS proje çalışmaları da yürütülmekte olup üçüncü ve dördüncü NGS de planlanmaktadır.

Bir NGS projesi alt sektör projeler olarak değerlendirildiğinde dört ana başlık altında tanımlanabilir;

- Nükleer Yakıt
- Reaktör ve Bileşenleri
- Yardımcı Sistemler
- Binalar

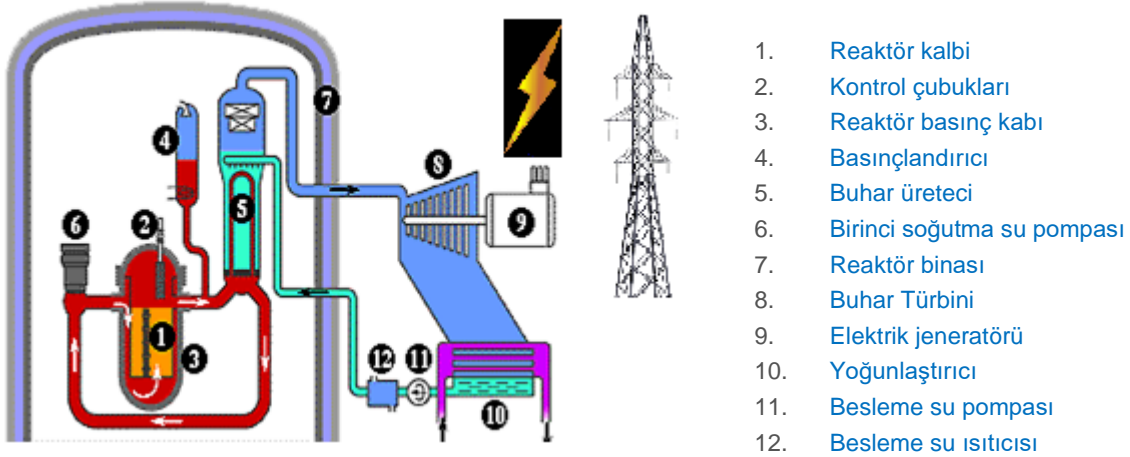
**Nükleer Yakıt:** İçerisinde reaksiyona girdiğinde yüksek ısı çıkışı sağlayacak düzeyde fisil uranyum bulunan yakıt peletlerinin bir araya getirilmesi ile hazırlanmış olan metal çubuk demetidir.

**Reaktör ve Bileşenleri:** Nükleer reaksiyonun gerçekleştiği ve fisil atomun kontrollü zincirleme reaksiyon koşulları altında bölünmesiyle açığa çıkan ısı enerjisini buhara çevirerek enerjiye dönüştüren ünedir. Nükleer reaktörün başlıca bileşenleri;

Birinci devre (kırmızı); nükleer reaksiyon ile açığa çıkan ısının bulunduğu sıcak su devresidir. Bu devrede bulunan sudaki ısı, buhar üretilmesi için eşanjörle ikincil devre (mavi) sisteme aktarılır.

İkinci devre; eşanjörden aldığı ısıyı buhar türbini vasıtasıyla mekanik enerjiye dönüştürür. Daha sonra yoğunlaştırıcıdan geçirdiği buharı tekrar reaktör besleme suyu olarak buhar üreticisine geri gönderir.

Birinci ve ikinci devre sistemleri kapalı devre olarak çalışırlar ve sadece eşanjör vasıtasıyla ısı alışverişinde bulunurlar.



Şekil 1. Nükleer Reaktör ve Bileşenleri

İkinci sistemdeki yoğunlaştırıcının soğutulmasında soğutma sistemi kullanılır. Soğutma sisteminde deniz, göl veya nehirlerden elde edilen su kullanılır. Eğer yeterli su kaynağı bulunmuyorsa soğutma kuleleri ile soğutma işlemi gerçekleştirilir.

#### Yardımcı Sistemler:

**Reaktör suyu temizleme sistemleri:** reaktör soğutma sistemindeki radyoaktif sıvı ve gazların tutulmasını sağlayan iyon değiştirici kolonları ve filtreleri içerir. Ayrıca çevrim halindeki suya korozyon önleyici kimyasalların eklenmesi bu sistemle yapılır.

**Acil Reaktör Soğutma Sistemleri:** Reaktör soğutma sisteminden soğutma sıvısı kaybı durumunda soğutma işleminin devamını sağlamak üzere düzenleyici suyu sisteme besler. Bu sistem, reaktör kapalı veya güç üretmediği durumlarda da reaktördeki yakıtın bozunum ısısının alınması için gereklidir. Basınç

pompaları, depolama tankları, biriktirici karterler gibi bileşenleri bulunur.

**Reaktör Binası Havalandırma ve Basınç Kontrol Sistemleri:** Reaktör soğutma sistemi veya basınç sisteminin kontrol edilmesi ve gerektiğinde düzenlenmesinde kullanılan sistemlerdir. Püskürtücü, enjeksiyon, soğutucu fanlar, bor içerikli buz yoğuşturucu, vakumlayıcı ve havalandırma amaçlı cihaz ve sistemlerini içerir.

**Radyoaktif Atık Yönetim Sistemleri:** Reaktör sularının demineralizasyonu, reçinelerin rejenerasyonu vb. işlemlerden ortaya çıkan sıvı, gaz veya katı radyoaktif atıkların reaktördeki sistemlerden alınarak radyoaktif atık yönetim tesislerine gönderilmesini sağlayan sistemleri içerir.

**Diğer Yardımcı Sistemler:** Su depoları, klorlama tankları, ısınma sistemi, havalandırma sistemi, basınçlı gaz sistemleri, elektrik panoları, dizel jeneratörler ve yangın söndürücü gibi cihaz ve sistemleri içerir.

**Binalar:** Tasarıma bağlı olarak binaların birbirinden ayrı veya birkaçının bir arada tek bir bina olarak yer aldığı NGS sahaları bulunabilir. Başlıca binalar;



Şekil 2. NGS Binaları

**Reaktör Binası:** İçerisinde reaktör ünitesinin bulunduğu ve tasarıma göre değişiklik gösteren korunaklı betonarme – çelik yapılarıdır.

**Nükleer Yakıt Binası:** Kullanılmış yakıtların depolandığı (kuru veya havuz tipi) depolar ve taze yakıtların reaktöre yüklenmeden önce kasklar içerisinde bekletildiği binalardır.

**Atık Yönetim Binası:** Radyoaktif sıvı ve gazların temizlendiği, katı atıkların işlenerek depolandığı binadır.

**Türbin ve Elektrik Jeneratörü Binası:** Buhar türbinlerinin, elektrik jeneratörlerinin, yoğuşturucu ve su besleme sistemlerinin bulunduğu binadır.

**Su kontrol ve Su Çevrimi Pompaları Binası:** Reaktörün ihtiyaç duyduğu suyu kontrollü olarak nehir, göl veya denizden alan ve benzer şekilde reaktör sisteminden gelen suyun içerdiği kalıntıların yoğuşturucu öncesi temizlendiği sistemleri içeren binadır.

**Dizel Jeneratör Binası:** Santralin ihtiyaç duyabileceği yedek enerjiyi sağlayacak olan dizel jeneratörleri ve destek sistemlerini (hava, su, radyatör fanları, dizel yakıtı, yağlama ve havalandırma vb. sistemleri) bulduran binadır.

**Kontrol Binası:** NGS bulunan tüm sistemlerin radyolojik, termal ve elektriksel olarak izlendiği ve kontrol

edildiği ana kontrol binasıdır.

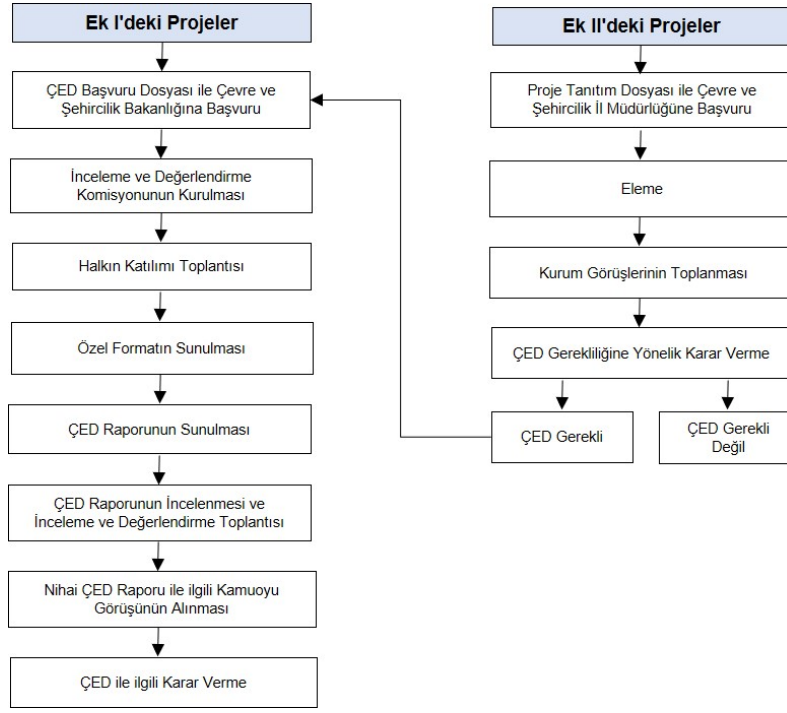
**Yönetim Binası;** NGS genel idare binası olup tesisin yönetimini ve denetimini kapsayan işlerin yürütüldüğü binadır.(işletme ve bakım, mühendislik yöntem geliştirme, radyasyon korunması, kimyasal kontroller, güvenlik, kalite güvence ve kontrol, nükleer performans izleme, sistemleri mekanik, elektriksel kontroller, tasarım, test ve modifikasyon, satın alma, evrak kayıt, lisansla ilgili işlemler ve çevre düzenleme vb.)

**Güvenlik Binası:** Kimlik kontrolü, nizamiye, giriş/çıkış kontrolü, patlayıcı ve metal detektörler, elektronik saldırı hareket sensör ve alarmları, bilgisayar kontrollü kapılar, dikenli çit ve/veya jiletli teller, güvenlik kuleleri, nöbet çizelgeleri, silah deposu, devriyeler, beton bariyerler, kameralar ve araç muayene ve bariyerleri gibi iş ve işlemlerin yürütüldüğü binadır.

## VI. ÇED YÖNETMELİĞİ KAPSAMINDAKİ YERİ

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ÇED süreçlerinde yetkili kamu kuruluşu olarak Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği ile yasal bir düzenleme getirmiştir. ÇED Yönetmeliği kapsamında ve ÇED Raporu hazırlanması zorunlu olan projeler, ÇED Direktifi ile uyumlaştırılmış olarak Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği ekinde bulunan Ek-1 listesi altında verilmiştir.

Yönetmelik ekinde bulunan “Çevresel Etki Değerlendirmesi Uygulanacak Projeler Listesi (Ek-1)”ne göre;“2-Termik güç santralleri” başlığı altında yer alan ve;“2b) Nükleer güç santralleri veya diğer nükleer reaktörlerin kurulması veya sökülmesi, (maksimum gücü sürekli termik yük bakımından 1 kilovattı aşmayan, atom çekirdeği parçalanabilen ve çoğalan maddelerin dönüşümü, üretimi amaçlı araştırma projeleri hariç)”olarak belirtilen projeler ÇED Raporu hazırlanması zorunlu olan projelerdendir. Ek-1 listesinde bulunan “nükleer güç santralleri veya diğer nükleer reaktörlerin kurulması veya sökülmesi projeleri için ÇED sürecini yürütme yetkisi Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü’ndedir.



Şekil 3. Ek-1 ve Ek-2 listelerindeki projeler için ÇED süreci

## VII. İLGİLİ MEVZUAT

### VII.1. Ulusal Mevzuat

ÇED süreci boyunca, sadece Çevre Kanunu (ikincil mevzuatı ile birlikte) değil aynı zamanda doğayı koruma, kültürel mirasın korunması, vb. gibi diğer mevzuatlar da dikkate alınacaktır. Buna ek olarak, ÇED Sürecinde, tasarım çalışmaları üzerinde etkisi olan diğer karayoluna özgü mevzuat da dikkate alınacaktır.

Ulusal mevzuatın listesi dinamik bir belgedir, dolayısıyla ÇED çalışmaları sırasında, bu mevzuatın güncellenmiş / revize edilmiş versiyonları dikkate alınacaktır.

#### Kanunlar

- Çevre Kanunu
- Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Kanunu
- Nükleer Güç Santrallerinin Kurulması ve İşletilmesi ile Enerji Satışına ilişkin Kanun
- Milli Parklar Kanunu
- Orman Kanunu
- Mera Kanunu
- İş Kanunu
- Su Ürünleri Kanunu
- Yeraltı Suları Hakkında Kanun
- Kamu Sağlığı Yasası

- Milli Parklar Kanunu
- Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu
- Kıyı Kanunu
- İmar Kanunu
- Yaban Hayatının İyileştirilmesi ve Vahşi Yaşamın Korunması Kanunu
- Belediye Kanunu
- Büyükşehir Belediyesi Kanunu
- Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu

#### **Tüzük ve Yönetmelikler**

- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
- Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği
- Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği
- Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği
- Atık Yönetimi Yönetmeliği
- Av ve Yaban Hayvanlarının ve Yaşam Alanlarının Korunması, Zararlılarıyla Mücadele Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik
- Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik
- Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği
- Çevre Sağlığı Denetimi ve Denetçileri Hakkında Yönetmelik
- Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği
- Çevresel Etki değerlendirme Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik
- Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği
- Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmeliği
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
- Geçici veya Belirli Süreli İşlerde İş Sağlığı ve Güvenliği Hakkında Yönetmelik
- Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
- Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
- İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik”
- İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği
- İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü
- İşyeri Açma ve Çalışma Ruhsatlarına İlişkin Yönetmelik
- İşyeri Açma Ve Çalışma Ruhsatlarına İlişkin Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik
- Karayolları Kenarında Yapılacak ve Açılacak Tesisler Hakkında Yönetmelik
- Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
- Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik
- Kontrollü Alanlarda Çalışan Harici Görevlilerin İyonlaştırıcı Radyasyondan Kaynaklanabilecek Risklere Karşı Korunmasına Dair Yönetmelik
- Nesli Tükenmekte Olan Hayvan ve Bitki Türlerinin Uluslararası Ticaretin Uygulanması Konusundaki Yönetmelikler
- Nükleer Güç Santrali Sahalarına İlişkin Yönetmelik
- Nükleer Güç Santrallerinin Güvenliği için Özel İlkeler Yönetmeliği

- Nükleer Güç Santrallerinin Güvenliği için Tasarım İlkeleri Yönetmeliği
- Nükleer Güvenlik Denetimleri ve Yaptırımları Yönetmeliği
- Nükleer Maddelerin Sayım ve Kontrolü Yönetmeliği
- Nükleer ve Radyolojik Tehlike Durumu Ulusal Uygulama Yönetmeliği
- Nükleer Santrallerin Yapı Denetimi Yönetmeliği
- Nükleer Tanımlar Yönetmeliği
- Nükleer Tesislerin Güvenliği için Kalite Yönetimi Temel Gereklere Yönetmeliği
- Nükleer Tesislere Lisans Verilmesine İlişkin Tüzük
- Orman Kanunu'nun 16. Maddesinin Uygulama Yönetmeliği, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
- Orman Yangınlarının Önlenmesi ve Söndürülmesinde Görevlilerin Göreceklere İşler Hakkında Yönetmelik
- Otoyol Trafiği Yönetmeliği
- Parlayıcı, Patlayıcı ve Zararlı Maddelerle Çalışılan İşyerlerinde ve İşlerde Alınacak Tedbirler Hakkında Tüzük
- Radyasyon Güvenliği Tüzüğü
- Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği
- Radyoaktif Atık Yönetimi Yönetmeliği
- Radyoaktif Maddenin Güvenli Taşınması Yönetmeliği
- Radyoaktif Madde Kullanımından Oluşan Atıklara İlişkin Yönetmelik
- Radyoaktif Maddenin Güvenli Taşınması Yönetmeliği
- Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
- Su Havzalarının Korunması ve Yönetim Planlarının Hazırlanması Hakkında Yönetmelik
- Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmeliği
- Su Ürünleri Yönetmeliği
- Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği
- Sulak Alanların Korunması Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik
- Tarım Arazilerinin Korunması ve Kullanılmasına Dair Yönetmelik
- Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
- Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliği
- Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği
- Tekel Dışı Bırakılan Patlayıcı Maddelerle Av Malzemesi ve Benzerlerinin Üretimi, İthalı, Taşınması, Saklanması, Depolanması, Satışı, Kullanılması, Yok Edilmesi, Denetlenmesi Usul ve Esaslarına İlişkin Tüzük
- Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
- Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
- Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik
- Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu Uygulama Yönetmeliği
- Yaban Hayatı Koruma ve Yaban Hayatı Geliştirme Sahaları ile İlgili Yönetmelik
- Yapı İşlerinde Sağlık ve Güvenlik Yönetmeliği
- Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik
- İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü



## VII.2. Uluslararası Sözleşmeler (Türkiye'nin taraf olduğu)

- 20/2/1984 tarihli ve 18318 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Avrupa'nın Yaban Hayatı ve Yaşama Ortamlarını Koruma Sözleşmesi" (BERN Sözleşmesi) uyarınca koruma altına alınmış alanlardan "Önemli Deniz Kaplumbağası Üreme Alanlarında belirtilen I. ve II. Koruma Bölgeleri, "Akdeniz Foku Yaşama ve Üreme Alanları",
- 12/6/1981 tarih ve 17368 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Akdeniz'in Kirlenmeye Karşı Korunması Sözleşmesi" (Barcelona Sözleşmesi) uyarınca korumaya alınan alanlar,
- 23/10/1988 tarihli ve 19968 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanan "Akdeniz'de Özel Koruma Alanlarının Korunmasına Ait Protokol" gereği ülkemizde "Özel Koruma Alanı" olarak belirlenmiş alanlar,
- 13/9/1985 tarihli Cenova Bildirgesi gereği seçilmiş Birleşmiş Milletler Çevre Programı tarafından yayımlanmış olan "Akdeniz'de Ortak Öneme Sahip 100 Kıyasal Tarihi Sit" listesinde yer alan alanlar,
- Cenova Deklarasyonu'nun 17. maddesinde yer alan "Akdeniz'e Has Nesli Tehlikede Olan Deniz Türlerinin" yaşama ve beslenme ortamı olan kıyasal alanlar,
- 14/2/1983 tarihli ve 17959 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Dünya Kültür ve Tabiat Mirasının Korunması Sözleşmesi'nin 1. ve 2. maddeleri gereğince Kültür Bakanlığı tarafından koruma altına alınan "Kültürel Miras" ve "Doğal Miras" statüsü verilen kültürel, tarihi ve doğal alanlar,
- 17/5/1994 tarihli ve 21937 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Özellikle Su Kuşları Yaşama Ortamı Olarak Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanların Korunması Sözleşmesi" (RAMSAR Sözleşmesi) uyarınca koruma altına alınmış alanlar.
- 27/7/2003 tarihli ve 25181 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanarak yürürlüğe giren Avrupa Peyzaj Sözleşmesi.
- 28.11.1979 tarihli ve / 16823 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanan Nükleer Silahların Yayılmasının Önlenmesine İlişkin Antlaşma (NPT)
- 20.10.1981 tarihli ve -17490 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanan Türkiye ile UAEA Arasında NPT Antlaşmasına İlişkin Olarak Güvenlik Denetimi Uygulanmasına Dair Antlaşma
- 23.05.1986 tarihli ve -19115 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanan Nükleer Enerji Alanında Üçüncü Şahıslara Karşı Hukuki Sorumluluğa İlişkin Paris Sözleşmesi'ni Yenileyen 1982 Ek Protokolü
- 07.08.1986 tarihli ve -19188 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanan Nükleer Maddelerin Fiziksel Korunması Hakkında Sözleşme
- 03.09.1990 tarihli ve -20624 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanan Nükleer Kaza Halinde Erken Bildirim Sözleşmesi
- 03.09.1990 tarihli ve -20624 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanan Nükleer Kaza veya Radyolojik Acil Hallerde Yardımlaşma Sözleşmesi
- 19.11.2006 tarihli ve -26351 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanan Paris ve Viyana

Sözleşmelerinin Uygulanmasına Dair Ortak Protokol

- 14.01.1995 tarihli ve -22171 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanan Nükleer Güvenlik Sözleşmesi
- 26.12.1999 tarihli ve -23918 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanan Nükleer Denemelerin Yasaklanması Antlaşması
- 12.07.2001 tarihli ve -24460 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanan Türkiye ile UAEA Arasında NPT Antlaşmasına İlişkin Olarak Güvenlik Denetimi Uygulanmasına Dair Anlaşmaya Ek Protokol
- 24.04.2015 tarihli ve -29336 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanan Nükleer Maddelerin Fiziksel Korunması Sözleşmesinde Değişiklik

Avrupa Nükleer Enerji Topluluğu (EURATOM) ile AB'ne Üye Olmayan Ülkeler Arasında Söz Konusu Ülkelerin Yürürlükteki İlgili Topluluk Mevzuatı Çerçevesinde Avrupa Topluluğu Acil Radyolojik Bilgilerin Değişimi Anlaşması'na Katılımına Dair Anlaşma. (Agreement between the European Atomic Energy Community (EURATOM) and Non-member States of the European Union on the Participation of the Letter in the Community Arrangements for the Early Exchange of Information in the Event of Radiological Emergency (ECURIE). 26.07.2005 tarihinde imzalanmış olup henüz Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmemiştir.

Kullanılmış Yakıt İdaresinin ve Radyoaktif Atık İdaresinin Güvenliği Üzerine Birleşik Sözleşme (Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management) ise gündemde olup henüz imzalanmamıştır.

### **VII.3. Avrupa Birliği Direktifleri**

AB Entegre Çevre Uyum Stratejisi (UÇES) (2007-2023) Türkiye'nin, AB'ye katılımı için bir ön koşul olan, AB çevre müktesebatına uyumun sağlanması ve mevzuatın etkin bir şekilde uygulanması amacıyla ihtiyaç duyulacak teknik ve kurumsal altyapı, gerçekleştirilmesi zorunlu çevresel iyileştirmeler ve düzenlemelerin neler olacağına ilişkin detaylı bilgileri içermektedir. UÇES'in güncellenmesi çalışmaları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yürütülmektedir. Bu kapsamdaki Avrupa Birliği Direktifleri aşağıda sunulmaktadır;

2014/52/EU sayılı ÇED Direktifi; Özel ve kamunun belirli projelerinin çevre üzerindeki etkilerine ilişkin Avrupa Parlamentosu ve Konseyinin Direktifi, çevre ile bağlantılı resmi veya özel projelerin insan, bitki, hayvan, toprak, hava, iklim, maddi varlıklar, kültürel miras üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerinin belirlenmesini ve değerlendirmesini gerektirmektedir.

27 Haziran 2001 tarihli ve 2001/42/EC sayılı Stratejik Çevresel Değerlendirme Direktifi; plan ve programların çevre üzerindeki olası önemli etkilerinin değerlendirilmesi ve mümkün olan en az düzeye indirilmesi veya ortadan kaldırılması konularının ele alındığı bir süreci belirlemektedir.

28 Ocak 2003 tarihli 2003/4/EC sayılı Çevresel Bilgiye Erişim Direktifi; çevresel bilgiye erişim hakkı ile ilgili şartları ortaya koyarken, çevresel bilginin erişilebilir olması ve halka duyurulması ile ilgili konuları düzenlemektedir.

21 Mayıs 2008 tarihli ve 2008/50/EC sayılı Hava Kalitesi Çerçeve Direktifi; ozon tabakasını incelten maddelerin azaltılması, uçucu organik bileşiklere (VOC) ilişkin emisyonlar ve yakıt kalitesi ile ilgili düzenlemeler yer almaktadır. Hava Kalitesi Çerçeve Direktifi, tüm kirleticiler için ortak metotlar vasıtası ile hava kalitesinin değerlendirilmesine, izleme gereklilikleri ve metotlarına, temiz hava plan ve programlarına ilişkin kurallar getirmektedir.

23 Ekim 2000 tarihli ve 2000/60/EC sayılı Su Çerçeve Direktifi; bütünleşmiş havza yönetimi ve halkın karar alma süreçlerine katılımı esasına dayalı olarak, Avrupa Birliğindeki tüm su kütlelerinin kalite ve miktar açısından korunmasını ve iyileştirilmesini öngören temel yasal düzenlemedir.

19 Kasım 2008 tarihli ve 2008/98/EC sayılı Atık Çerçeve Direktifi; atık yönetimi hiyerarşisi tanımlayarak, atık yönetimi stratejileri öncelikle atıkların oluşumunun kaynağında önlenmesine odaklanmıştır. Bunun mümkün olmadığı hallerde, atık malzemeler yeniden kullanılmalı, yeniden kullanılamıyorsa geri dönüştürülmelidir. Geri dönüştürülmesi mümkün olmayan atık malzemeler ise geri kazanım (örneğin enerji geri kazanımı) amacıyla kullanılmalıdır. Atıkların yakma tesislerinde veya düzenli depolama sahalarında güvenli şekilde bertaraf edilmesi atık yönetimi hiyerarşisinde en son seçeneği oluşturmaktadır. Atık başlığı altında Çerçeve Direktifin yanı sıra, atıkların düzenli depolanması, atıkların taşınımı ve özel atıklar (pil ve akümülatörler, ömrünü tamamlamış araçlar, atık elektrikli ve elektronik eşyalar, ambalaj ve ambalaj atıkları gibi) konularına ilişkin düzenlemeler yer almaktadır.

30 Kasım 2009 tarihli ve 2009/147/EC sayılı Kuş Direktifi ile 21 Mayıs 1992 tarihli ve 92/43/EEC sayılı Habitat Direktifi, korunan alanların (özellikle Natura 2000 alanlarının) belirlenmesine yönelik hükümleri ve tüm sektörlerdeki uygulamalarda göz önüne alınması gereken öncelikli koruma tedbirlerini içermektedir. Buna göre ekonomik ve rekreasyonel gereklilikleri dikkate alarak ekolojik, bilimsel ve kültürel gereklilikler ışığında kuş türlerinin nüfusunun korunmasına yönelik gerekli tedbirleri alınacaktır. Bu sektör altındaki diğer önemli konulardan biri ise, 29 Mayıs 1999 tarihli ve 99/22/EC sayılı Yabani Hayvanların Hayvanat Bahçelerinde Barındırılması Direktifidir.

24 Kasım 2010 tarihli ve 2010/75/EC sayılı Endüstriyel Emisyonlar Direktifi ile 9 Aralık 1996 tarihli ve 96/82/EC sayılı Tehlikeli Maddeler İçeren Büyük Kaza Risklerinin Kontrolüne İlişkin Direktif (SEVESO II); bütünleşmiş izin sistemi ile kirliliğin üretim sürecinde önlenmesi, üretim sonucu oluşan kirliliğin kontrolü, mevcut en iyi teknikler ve halkın katılımı hususlarını düzenleyen 2008/1/EC sayılı Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Direktifinin (IPPC) diğer 6 sektörel direktif ile yeniden şekillendirilerek tek direktif haline getirilmesini hedeflemiştir. Yapılan düzenlemeler sonucunda; 2010/75/EC sayılı Endüstriyel Emisyonlar Direktifi ve 2001/80/EC sayılı Büyük Yakma Tesisleri Direktifi yürürlükte olan direktiflerdir. Bunların dışındaki diğer direktifler (Büyük Yakma Tesisleri Direktifi (2001/80/EC), Atık Yakma Direktifi (2000/76/EC), Solvent Emisyonları Direktifi (1999/13/EC), Titanyum Dioksit Sanayisinden Kaynaklanan Atıklara İlişkin üç Direktif (78/176/EEC, 82/883/EEC, 92/112/EEC) ise yürürlükten kaldırılmıştır.

20 Ocak 2009 tarihli ve 1272/2008/EC sayılı Kimyasallar alandaki düzenleme; Madde ve Karışımların Sınıflandırılması, Etiketlendirilmesi ve Ambalajlanmasını içermektedir. Bu alandaki diğer bir düzenleme ise; 18 Aralık 2006 tarihli ve 1907/2006/EC sayılı REACH (Kimyasalların Kaydı, Değerlendirilmesi, İzni ve Kısıtlanması) düzenlemesidir. Kimyasallar maddelerin ve karışımların ithalatı ve ihracatı, kalıcı organik kirleticilerin sınırlandırılması, deney hayvanları ile biyosidal ürünlere ilişkin düzenlemelerdir.

25 Haziran 2002 tarihli ve 2002/49/EC sayılı Çevresel Gürültü Direktifi; çevresel gürültünün değerlendirilmesi ve yönetimine ilişkin düzenlemeleri içermektedir. Direktif kapsamında, yerleşik nüfusu 250.000'den fazla olan yerleşim alanları, yılda 6 milyondan fazla aracın geçtiği ana kara yolları, yılda 60.000 den fazla trenin geçtiği ana demir yolları, yılda 50.000 den fazla hareketin gerçekleştiği hava alanları için stratejik gürültü haritalarının hazırlanması ve gürültü eylem planlarının oluşturulması gerekmektedir.

23 Nisan 2009 tarihli ve 406/2009/EC sayılı İklim değişikliğine yol açan sera gazlarına karşı çaba paylaşımı direktifi; sera gazlarının emisyonunun izlenmesi, emisyon ticareti sistemi ile emisyon ticareti sisteminin dışında kalan sektörlerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılması, karbon yakalama ve depolaması, F-gazlarının kontrolü ve ozon tabakasının korunması ile ilgili AB düzenlemeleri bulunmaktadır. Bu kapsamda AB, 2020 yılına kadar sera gazı emisyonlarını referans yıl olarak kabul ettiği 1990 yılındaki seviyeye göre %20 oranında ve 2030 yılında da 1990 yılına kıyasla %40 oranında azaltmayı hedeflemektedir.

#### VII.4. Terimler Listesi

**Alfa Parçacıkları:** Bir radyoaktif çekirdeğin bozunumu sırasında yayınlanan pozitif 2 yüklü helyum atomu çekirdekleridir.

**Atmosferik Ulaşım Yolu:** Radyonüklitlerin hava ile yayılarak çevreye ulaşma yoludur.

**Becquerel (Bq) :** Aktivitenin özel birimi olup saniyedeki parçalanma sayısıdır. 1 Becquerel =  $2.7 \times 10^{-11}$  Curie dir.

**Bertaraf:** Radyoaktif artıkların bir daha çıkarılmamak üzere inşa edilmiş bir depoya kalıcı olarak yerleştirilmesidir.

**Beta Parçacıkları:** Bir radyoaktif atomun bozunumu sırasında atom çekirdeğinden yayınlanan pozitif veya negatif yüklü elektronlardır.

**Bölünebilir Madde:** Kendiliğinden veya nötronlarla reaksiyona girerek çekirdek bölünmesi oluşturan maddedir.

**Çekirdek Bölünmesi:** Ağır atom çekirdeklerinin, kendiliğinden veya nötronlarla reaksiyona girerek, toplam kütleleri reaksiyondan önceki kütleden daha az olan atom ve parçacıklara bölünmesi ve kaybolan kütlelerin enerjiye dönüşmesidir.

**Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED):** Gerçekleştirilmesi planlanan projelerin çevreye olabilecek olumlu ya da olumsuz etkilerinin belirlenmesinde, olumsuz yöndeki etkilerin önlenmesi ya da çevreye zarar vermeyecek ölçüde en aza indirilmesi için alınacak önlemlerin, seçilen yer ile teknoloji alternatiflerinin belirlenerek değerlendirilmesinde ve projelerin uygulanmasının izlenmesi ve kontrolünde sürdürülecek çalışmaların tümü.

**ÇED Gereklidir Kararı:** ÇED Yönetmeliğinin Ek-II listesindeki projelerin çevresel etkilerinin önemli olduğu ve Çevresel Etki Değerlendirmesi Raporu hazırlanması gerektiğini belirten Bakanlık kararı.

**ÇED Gerekli Değildir Kararı:** ÇED Yönetmeliğinin Ek-II listesindeki projelerin önemli çevresel etkilerinin olmadığı ve Çevresel Etki Değerlendirmesi Raporu hazırlanmasına gerek bulunmadığını belirten Bakanlık kararı.

**ÇED Olumlu Kararı:** Çevresel Etki Değerlendirmesi Raporu hakkında Kapsam Belirleme ve İnceleme Değerlendirme Komisyonunca yapılan değerlendirmeler dikkate alınarak, projenin çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin, alınacak önlemler sonucu ilgili mevzuat ve bilimsel esaslara göre kabul edilebilir

düzeylede olduğunun saptanması üzerine gerçekleşmesinde sakınca görülmediğini belirten Bakanlık kararı.

**ÇED Olumsuz Kararı:** Çevresel Etki Değerlendirmesi Raporu hakkında Kapsam Belirleme ve İnceleme Değerlendirme Komisyonunca yapılan değerlendirmeler dikkate alınarak, projenin çevre üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle uygulanmasında sakınca görüldüğünü belirten Bakanlık kararı. ÇED Raporu: EK-I listesinde yer alan veya Bakanlıkça "Çevresel Etki Değerlendirmesi Gereklidir" kararı verilen bir proje için belirlenen özel formata göre hazırlanacak rapor.

**ÇED Raporu Özel Formatı:** Çevresel Etki Değerlendirmesi Raporunun hazırlanmasında esas alınmak üzere; Kapsam belirleme ve İnceleme Değerlendirme Komisyonu tarafından projenin önemli çevresel boyutları göz önüne alınmak suretiyle EK-III deki proje tanıtım genel formatında belirtilen ana başlıklar altında ele alınması gereken konuları tanımlayan format.

**ÇED Süreci:** Gerçekleştirilmesi planlanan projenin çevresel etki değerlendirmesinin yapılması için 8 ve 16 ncı maddelerde belirtilen başvuru ile başlayan ve işletme sonrası çalışmaların uygun hale geldiğinin belirlenmesi ile sona eren süreç.

**Çevresel etki değerlendirme başvuru dosyası (ÇED Başvuru Dosyası):** ÇED Yönetmeliği ekinde yer alan ve genel formatı esas alınarak hazırlanan dosyayı,

**Çoklu Engel:** Radyoaktif maddenin veya artığının insan ve çevresinden izole edilmesi için kullanılan birden fazla ve birbirinden bağımsız engeller dizisidir.

**Denetimli Alan:** İyonlaştırıcı radyasyonlara karşı korunma bakımından giriş, çıkış ve çalışmanın denetim altında bulundurulduğu ve özel kuralların uygulandığı alanlardır.

**Dış Bölge:** Nüfus dağılımı ve yoğunluğu, arazi ve suyun kullanımı konularında alınması gerekli tehlike durumu önlemlerinin uygulanmasına ilişkin göz önüne alınan alandır.

**Doğal Radyasyon Işınlanması:** Kozmik ışınlar ile yeryüzünde ve insan vücudunda bulunan doğal radyoaktif maddelerin yayınladıkları ışınlar nedeniyle maruz kalınan ışınlanmalardır.

**Doğal Uranyum:** Doğada normal olarak bulunduğu şekliyle içinde % 0.715 oranında U-235 izotopu, % 99.28 oranında U-238 izotopu ve % 0.0057 oranında U-234 izotopu bulunan elementtir.

**Doz Hızı:** Birim zamanda alınan radyasyon dozu miktarıdır. (örn: rem/saat, mSv/saat, vb)

**Doz Sınırları:** Radyasyon görevlilerinin, yakın çevrede yaşayanların ve halkın alabileceği, izin verilen maksimum eşdeğer dozlardır.

**Birincil Doz Sınırları:** Radyasyon görevlileri ve toplumun, radyasyonun eşikli ve eşiksiz etkileri için ayrı ayrı önerilen ve eşiksiz etkiler için ışınlanan tüm doku ve organların toplam riskine dayanan eşdeğer doz sınırlarıdır.

**İkincil Doz Sınırları:** Birincil sınırların doğrudan uygulanamadığı durumlarda kullanılmak üzere birincil değerlerden türetilen doz sınırlarıdır.

**Dozimetre:** İyonize radyasyon sonucu meydana gelen toplam birikmiş ışınlanmayı ölçen ve kaydeden taşınabilir ölçüm aletidir.

**Düşük Zenginlikte Uranyum:** % 20 den daha az oranda U-235 izotopu içeren uranyumdur.

**EI Ayak Radyoaktif Kirlenme Ölçüm Cihazı:** Eller ve ayaklardaki radyoaktif kirlenmeyi algılayan ve ölçen aygıtlardır.

**Eşdeğer Doz:** Radyasyonun biyolojik etkileri göz önünde bulundurularak hesaplanan, vücutta birim kütlede soğurulan enerji miktarıyla orantılı bir değer olup birimi Sievert'tir (Sv).

**Eşdeğer Doz Şiddeti:** Birim zaman içinde maruz kalınan eşdeğer doz miktarıdır.

**Etki:** Bir projenin hazırlık, inşaat ve işletme sırasında ya da işletme sonrasında, çevre unsurlarında doğrudan ya da dolaylı olarak, kısa veya uzun dönemde, geçici ya da kalıcı, olumlu ya da olumsuz yönde ortaya çıkması olası değişiklikler.

**Etki Alanı:** Gerçekleştirilmesi planlanan bir projenin işletme öncesi, işletme sırası ve işletme sonrasında çevre unsurları olarak olumlu veya olumsuz yönde etkilediği alan.

**Etkin Eşdeğer Doz:** Vücudun bütün olarak ışınlanması durumunda çeşitli organ veya dokuların maruz kaldıkları eşdeğer dozların ağırlıklı toplamı olup birimi Sievert'tir.

**Etkin Eşdeğer Doz Yükü:** Zaman içerisinde devam eden ışınlanmalar halinde, belli bir toplum için kişi başına verilen etkin eşdeğer doz hızının sonsuz zaman üzerinden integralidir.

**Gama Işını:** Nükleer reaksiyonlar veya radyoaktif bozunmalar sonucu atom çekirdeklerinden yayınlanan elektromanyetik ışınlardır.

**Geçici Depolama:** Radyoaktif arıkların kontrollü bir şekilde çevreden yalıtılarak, daha sonraki işlemler için geçici bir süre bekletilmesidir.

**Gözetim:** Nükleer maddenin yetkisiz kişilerce yerinden alınmasının saptanması için insan veya cihazlar tarafından sürekli izlenmesidir.

**Gözetimli Alan:** Radyasyondan korunma amacı ile giriş ve çıkışların özel denetim altında tutulduğu ve içerisindeki çalışmaların özel kurallara bağlı olduğu alanlardır.

**Gray:** Soğurulan radyasyon doz birimi olup, 1 kilogram maddede 1 joule'luk enerji soğurulmasına karşılık olan radyasyon dozu 1 Gray'dir. 1 Gray = 1 J kg<sup>-1</sup> = 100 rad dır.

**Güvenlik Analizi:** Bir nükleer tesis tasarım ve işletmesinin, kişi ve çevrenin radyolojik bir kazadan korunmasına ilişkin tüm özelliklerinin, yeterliliğinin ve güvenlik ilke ve kriterlerine uygunluğunun saptanması amacıyla yapılan analizlerdir.

**Güvenlikle İlgili Yapılar, Sistemler ve Bileşenler:** Arızaları veya hatalı çalışmaları sonucunda bir olağanüstü radyolojik kazaya neden olabilecek; normal olmayan işletme olaylarının kaza koşullarına yönelmesini önleyecek; yapılar, sistemler veya bileşenlerin hatalı çalışmaları veya arızalanmaları sonucunda oluşabilecek olayların sonuçlarını hafifletecek özelliklere sahip olan güvenlikle ilgili yapılar, sistemler ve bileşenlerdir.

**Havadaki Radyoaktif Kirlilik:** Radyoaktivite taşıyan toz, duman, buhar, sıvı zerreleri gibi maddelerin havada asılı kalmasıyla oluşan ve hava ile yayılabilen kirlenmedir.

**Hepa Filtresi:** Bir radyoaktif gaz bulutunda, mikrometre büyüklüğündeki tanecikleri tutmak için kullanılan filtredir.

**Işınlama Şiddeti:** Birim zamanda meydana getirilen ışınlama olup Joule\*kg<sub>/saat</sub> veya Röntgen<sub>/saat</sub> gibi birimlerle ölçülür.

**Işınlanma:** Kişilerin iyonlaştırıcı radyasyona maruz kalmasıdır.

**İkincil Radyasyon:** Bir radyasyonun soğurucu malzeme içinde soğurulması ve meydana gelen etkileşim sonucu oluşan radyasyondur. İkincil radyasyon hem parçacık tipi hem dalga tipi radyasyonun etkileşimi neticesinde oluşabilir.

**İnsan-Sv:** Kolektif doz birimi olup, toplum içindeki kişi sayısı ile Sievert cinsinden ortalama kişisel eşdeğer dozun çarpımına eşittir.

**İyonlaştırıcı Radyasyon:** Maddesel bir ortamdan geçerken onunla etkileşerek doğrudan veya dolaylı olarak iyon çiftleri oluşturabilen X veya gamma ışını gibi elektromanyetik ışınlarla, kinetik enerjileri olan yüklü parçacıklar, ağır iyonlar ve serbest nötronlar gibi tanecik karakterli parçacıklardır. Ses dalgalarıyla, elektromanyetik spektrumun mor ötesi ve daha büyük dalga boylu ışınlar bu tanımın kapsamı dışındadır.



**İzin Verilebilecek Maksimum Radyasyon Dozu:** Nükleer saldırı veya büyük nükleer santral kazası durumlarında, acil durum müdahalesinde görev alan personelin birim zamanda alabileceği biriken radyasyon dozunun yetkili otoritelerce karar verilecek olan değeridir.

**İzleme ve Kontrol:** “Çevresel Etki Değerlendirmesi Gerekli Değildir” veya “Çevresel Etki Değerlendirmesi Olumlu” kararı alındıktan sonra uygulama aşamasına geçen projenin, bu kararın verilmesine esas ilkeler doğrultusunda ve çevre değerlerini olumsuz etkilemeyecek biçimde yürütülmesi için yapılan çalışmaların bütünü.

**İzotopik Zenginleştirme:** Bir elementin izotoplarının, göreceli bolluklarının değiştirilmesi ve dolayısıyla elementin özellikle bir izotopu cinsinden zenginleştirilmiş diğerleri cinsinden fakirleştirilmiş yeni bir formunun oluşturulması işlemidir.

**Kapsam ve Özel Format Belirleme Toplantısı:** Çevresel Etki Değerlendirmesi Sürecine tabi projeler için Halkın Katılımı Toplantısından sonra yapılacak toplantı.

**Kişisel Radyasyon Ölçüm Cihazı:** Maruz kalınan kişisel radyasyon dozlarını ölçmekte kullanılan iyon odaları, film, cep, termoluminesans dozimetreler ve tüm vücut sayıcıları gibi cihazlardır.

**Kolektif Eşdeğer Doz:** Belirli bir kaynaktan radyasyona maruz kalan bir toplum grubunun aldığı toplam doz olup gruptaki insanların ortalama eşdeğer dozu ile gruptaki insan sayısının çarpımına eşittir. Birimi insan- sievert'tir.

**Komisyon:** Proje için verilecek özel formatın kapsamını, kriterlerini belirlemek ve bu ilkeler doğrultusunda hazırlanan Çevresel Etki Değerlendirmesi Raporunu inceleyip değerlendirmek üzere Bakanlık tarafından kurulan Kapsam Belirleme ve İnceleme Değerlendirme Komisyonu.

**Koruyucu Engel:** Radyasyona maruz kalma tehlikesini azaltmak amacı ile radyasyon şiddetini soğurucu malzemelerden yapılmış engeldir.

**Koruyucu Giysi:** İnsan vücudunu ve giysilerini radyoaktif maddeler ile kirlenmesini önlemek amacı ile kumaş, lastik veya çeşitli plastik maddelerden yapılmış, laboratuvar gömleği, tulum, eldiven, çizme vb. giysilerdir.

**Kritik Grup:** Belirli bir radyasyon kaynağı veya kaynaklarından ışınlanan ve en yüksek dozu alması ihtimali olan toplum üyesi kişilerden oluşan bir gruptur.

**Kritiklik:** Bir nükleer reaktörün, zincirleme çekirdek bölünme reaksiyonunu kararlı olarak devam ettirdiği durumdur.

**Kurşun Eşdeğeri:** Radyasyon şiddetinde belirli bir kalınlıkta azalma sağlayan kurşun kalınlığıdır.

**Nükleer Madde:** Herhangi nükleer kaynak madde veya özel bölünebilir maddedir.

**Nükleer Tesisler:** Nükleer reaktör tesisleri ile nükleer yakıt çevrimi ve radyoaktif artık yönetimi tesisleridir.

**Nükleer Yakıt:** Reaktörde enerji üretmek için kullanılan, bölünebilir çekirdekler içeren maddedir.

**Plütonyum:** U-238 in nötron ile ışınlanması sonucu yapay olarak oluşan, 94 atom no.lu normal şartlarda metalik özelliğe sahip bir elementtir.

**Proje:** Gerçekleştirilmesi planlanan yatırıma ait inşaat çalışmaları, diğer tesisat ya da planların uygulanması veya yeraltı kaynaklarının değerlendirilmesi işlemi.

**Proje Sahibi:** ÇED Yönetmeliğine tabi bir projenin her aşamada yürütülmesini üstlenen gerçek ya da tüzel kişi.

**Proje Tanıtım Dosyası:** ÇED Yönetmeliğinin Ek-II listesinde yer alan projelere Çevresel Etki Değerlendirmesi uygulanmasının gerekli olup olmadığının belirlenmesi amacıyla hazırlanan dosya.



**Rad:** Soğurulan dozun özel birimidir. Bir rad, 100 erg/g veya 0.01 J/kg (0.01 Gy) eşittir.

**Radyasyon:** Alfa parçacıkları, beta parçacıkları, gama ışınları, x-ışınları, nötronlar, yüksek enerjili elektronlar, yüksek enerjili protonlar ve diğer iyonlaştırıcı etkisi olan parçacıklardır. Radyasyon terimi, KBRN olaylarına ilişkin dokümanlarda yalnızca iyonlaştırıcı radyasyonu kapsayan bir terim olarak kullanılmaktadır, iyonlaştırıcı olmayan radyasyon bu terim içerisine dâhil edilmemiştir.

**Radyasyon Alanı:** İnsan ve çevre sağlığı açısından iyonlayıcı radyasyonların etkili olduğu alanlardır.

**Radyasyon Dozu:** Belirli bir ortam tarafından soğurulan radyasyon miktarı veya buna tekabül eden enerji eşdeğeridir.

**Radyasyonun İzlenmesi:** Radyasyon seviyelerinin, konsantrasyonlarının, yüzey konsantrasyonlarının veya radyoaktif madde miktarlarının ölçülmesi ve ölçüm sonuçlarının potansiyel ışınlanma ve dozların hesaplanmasında kullanılmasıdır.

**Radyasyon Monitörü:** Bir alandaki radyasyon şiddetini ve radyoaktif bulaşmayı periyodik veya sürekli olarak belirlemek ve ölçmek için kullanılan cihazlardır.

**Radyoaktif Atık:** Sıvılar için aktivite seviyeleri 37 mBq/ml ( $10^{-6}$  uCi/ml), gazlar için aktivite seviyeleri 3,7 Bq/m<sup>3</sup> ( $10^{-10}$  Ci/m<sup>3</sup>), katılar için ise yüzeylerindeki doz şiddeti 0,2 R/saat değerine, eşit veya daha yüksek olan, tekrar kullanılması düşünülmeyen ve özel tekniklerle işlenerek zararsız hale getirilmeleri gereken radyoaktif maddelerdir.

**Radyoaktif Bozunum:** Kararsız radyonüklitlerin kararlı hale geçmek üzere fazla enerjilerini dışarıya atmak için radyasyon yaymalarıdır.

**Radyoaktif Bulut:** Radyoaktif bir kaynaktan atmosfere dağılan ve havada uçuşabilen parçacıklar, gazlar, buharlar ve aerosollerin bütünüdür.

**Radyoaktif Kirliliğin Arındırılması:** Bir yapı, alan, nesne veya kişiden radyoaktif madde kirlenmesinin azaltılması ya da tamamen ortadan kaldırılması işlemidir.

**Radyoaktif Kirlilik:** Herhangi bir yer ve maddenin yüzeyinde veya içinde arzu edilmeyen veya zararlı olabilen radyoaktif madde birikimidir.

**Radyoaktif Madde:** Çözelti veya bileşik olarak, alfa, beta parçacıkları veya gama ışınlarından bir veya birkaçını yayınlarak kendiliğinden bozunuma uğrayan çekirdeklerden, meydana gelen maddelerdir.

**Radyoaktif Yarılanma Süresi:** Bir radyoaktif maddenin başlangıçtaki aktivitesinin yarıya inmesi için geçen süredir.

**Radyoaktivite:** Kararsız atom çekirdeklerinin parçacıklı ve/veya elektromanyetik radyasyonlar yayınlamak sureti ile başka atom çekirdeklerine dönüşmesi Radyoaktif maddenin bozunum hızıdır olup birimi Bequerel (Bq)'dir.

**Radyonüklit Yayılması:** Radyoaktif artığın bekletildiği ya da depolandığı yerden, radyonüklitlerin yeraltı suları ile taşınarak nehir göl veya diğer yüzey sularına ulaşması veya radyoaktif bir atık gazın atmosfere sızması gibi herhangi bir taşınım yolu ile radyonüklitlerin çevreye yayılmasıdır.

**Radyoaktif Kirlenme:** Radyoaktif malzemenin, insanlara veya cihazlara zarar verebileceği herhangi bir yerde depolanmasıdır.

**Rem:** Eş değer dozu ifade edilen özel ölçüm birimidir. Rem cinsinden eş değer doz, soğurulan dozun (rad) kalite faktörü ile çarpılması ile elde edilir. (1 rem= 0.01 Sv)

**Röntgen:** Işınlamanın özel birimi olup, 1 kg. kuru havada  $2.58 \times 10^{-4}$  Coulomb'luk pozitif veya negatif yük oluşturabilen X veya gama ışını miktarıdır.

**Seçme, Eleme Kriterleri:** Proje Tanıtım Dosyasının hazırlanmasında esas alınacak ÇED Yönetmelik ekindeki kriterler.

**Sievert:** İnsan vücudu, organ ve dokuları için kullanılan bir biyolojik doz birimi olup, bir doku veya organın 1 kilogramında 1 joule' lük enerji soğurulmasına tekabül eden radyasyon dozudur. 1 Sv = 100 rem'dir.

**Soğurulan Doz:** İyonlayıcı bir radyasyon tarafından birim kütlede maddeye aktarılan enerji miktarı olup birimi Gray(Gy)'dir. 1 Gy = 1 J/kg dir.

**Türetilmiş Hava Konsantrasyonu:** Solunum yolu ile alınan yıllık sınıra (ALI) uygun olacak şekilde türetilmiş solunan havadaki Bq/m<sup>3</sup> cinsinden radyoizotop konsantrasyonudur.

**Türetilmiş Sınırlar:** Birincil ve ikincil doz sınırlarından türetilen sınırlar olup, genellikle bir radyonüklitin besin maddesi, hava, su, toprak, bitki gibi çevre ortamındaki konsantrasyonudur.

**Ulaşılabilecek En Düşük Seviye Prensibi (ALARA):** Radyasyon ışınlanmasını belirlenmiş doz limitlerinden olabildiğince az seviyede tutmak için alınabilecek tüm uygun önlemleri almaktır.

**Uranyum Zenginleştirme Tesisi:** Gaz difüzyonu, gaz santrifüj, gaz püskürtme, kimyasal difüzyon gibi izotop ayırma işlemleri yoluyla doğal uranyum içindeki uranyum-235 oranının artırıldığı tesistir.

**Vücuda Yıllık Alınım Sınırı (ALI):** Görevi gereği radyasyonlarla çalışanların vücutlarına alınmasına izin verilen yıllık maksimum radyonüklit miktarlarıdır.

**Yasal Sınırlar:** Ulusal veya yerel gereksinimlere göre saptanan, yetkili makamlarca kabul edilen ve işletme tarafından uygulamaya konulan sınırlardır.

**Yerleşim Planı:** Bir nükleer tesisteki yapıların, sistemlerin ve bileşenlerin yerleşim çizimleridir.

**Yüksek Radyasyon Alanı:** Bireylerin giriş çıkışına açık olan ancak içeri giren kişinin radyasyon kaynağından 30 cm uzaklıkta 1 saatte 0,1 rem (1 mSv) üzerinde eşdeğer doz alabileceği alandır.

**Yüzey Aktivite Konsantrasyonu:** Birim alan başına saniyedeki parçalanma sayısı olup birimi Bq/m<sup>2</sup>'dir.

**Zenginleştirilmiş Uranyum:** Doğal uranyuma kıyasla daha fazla oranda U-235 izotopu içeren uranyumdur.

**Zırhlama:** Radyasyon kaynağı ile kişiler, çalışma alanı veya radyasyona hassas cihazlar arasına soğurucu malzemeden yapılmış bir kalkan konulmasıyla radyasyon şiddetinin azaltılmasıdır.

## VIII. ALTERNATİFLER

### VIII.1. Giriş

Yatırımcı tarafından araştırılan çeşitli alternatiflerin incelenmesi ve sunulması, ÇED sürecinin önemli bir şartıdır. ÇED Yönetmeliği Ek-3 altında verilen Çevresel Etki Değerlendirmesi Genel Formatı Bölüm 1.b (Yönetmelik Ek III), ÇED Raporunda, proje alanı ve teknolojisi ile ilgili alternatifler hakkında bilgi verilmesini istemektedir. Alternatiflerin ÇED raporunda değerlendirilmesi, daha az olumsuz çevresel etkinin oluşmasına yol açacağı gibi aynı zamanda ÇED Olumlu kararının alınmasını da kolaylaştıracaktır. Yatırımcı tarafından incelenen alternatiflerin çevresel etkileri yapılan seçimin desteklenebilmesi için ÇED Raporuna eklenmelidir.

NGS projeleri için alternatifler üç şekilde açıklanabilir:

- Proje sahası alternatifleri
- Proje teknolojisinin alternatifleri

- Proje (İnşaat/İşletme/Söküm) süreçlerinin alternatifleri

### VIII.2. Proje sahası alternatifleri

Proje alanı hakkında bilgi verilmesi ve santralin kurulacağı yerin seçimi sırasında alternatiflerinin çevresel etkiler açısından değerlendirilmiş olması önemlidir. Nükleer santraller için yer seçiminin, santralin yapımı, işletmesi ve sökümü süreçlerinin güvenli olarak yürütülmesinde etkili olduğu kadar doğrudan çevresel etkilere de yol açacağından öncelikli olarak değerlendirilmelidir.

Alternatif NGS proje yer değerlendirilmesi genel olarak aşağıdaki üç temel amaç için yürütülür;

- NGS'nin güvenli olarak yapımına, işletilmesine ve sökümüne uygun yer olması
- Normal çalışma koşullarında çevrenin ve halkın en az etkileneceği yerin seçilmesi
- Acil durumda çevresel etkilerinin en düşük düzeyde olması

Değerlendirme dört ana fazda yürütülür.

**VIII.2.1. Doğa Olaylarının Potansiyel Etkileri;** Nükleer santraller için yer seçimi yapılırken olası doğa olayları doğrudan çevresel etkilere de yol açacağından öncelikli olarak değerlendirilmelidir. Bunlar;

- Nükleer santral yakınında bulunan fay ve süreksizliklerin oluşturabileceği yüzeysel deplasmanlar;
- Deprem kaynaklı titreşimli yer hareketi;
- Volkanik tehlikeler;
- Sahilde oluşabilecek sel veya düşük su alımına yol açabilecek deniz çekilmeleri, dalga hareketleri ve tsunami
- Kıyı ve nehir taşkınları, sel koruma setlerinin yetersiz kalması;
- Su alım kanallarının bloke olması (örneğin, deniz organizmaları, petrol sızıntısı, enkaz, gemi çarpması vs.)
- Rüzgârlar (fırtına, kasırga)
- Kum fırtınaları ve toz fırtınaları gibi yerel olaylar;
- Meteorolojik olaylar; kuraklık, yıldırım, aşırı yağmur, kar ve dolu yağışı, soğutma suyu sıcaklığındaki değişimler
- Şev stabilite bozuklukları, zemin sıvılaşması, heyelan, kaya düşmesi, çığ, erozyon süreçleri, obruklar, zeminde oluşabilecek çökme ve yükselmeler,
- Orman yangınları;
- Doğa olaylarının birlikte oluşumu (bağımsız iki olayın bir arada olması ile daha etkin halde ortaya çıkabilecek tehlikeler)

**VIII.2.2. Diğer Yapı ve Faaliyetlerin Olası Etkileri:** Nükleer santraller için yer seçimi yapılırken yakın çevresinde bulunan ve çevresel etkilere yol açabilecek diğer yapı ve faaliyetler de değerlendirilmelidir. Bunlar iki kategoride incelenirler;

Sabit Yapı ve Faaliyetler:

- Santralin yakınında bulunan diğer tesisler (petrol ve gaz tesisleri, kimya tesisleri, tehlikeli maddelerin işlenmesi, mühimmat depoları, madencilik veya taş ocakçılığı ve hidrolik mühendislik yapıları vs.)
- Askeri tesisler (cephanelik ve tatbikat vs.)

Hareketli Yapı ve Faaliyetler:

- Yerüstü taşımacılığı (demiryolları, otoyollar, petrol ve gaz boru hatları vs.);
- Havaalanı bölgeleri ve liman bölgeleri (askeri ve sivil);
- Hava trafik koridorları ve uçuş yolu bölgesi (askeri ve sivil).
- Yüksek düzeyde elektromanyetik parazit oluşturabilecek yayın faaliyetleri

**VIII.2.3. NGS Sahasının Çevresel Özellikleri:** Nükleer santralin yapılacağı yerin çevresel özellikleri, radyoaktif maddenin çevreye yayılmasında etkilidir.

- Radyoaktif maddenin atmosferik dağılımı;
- Yüzey suyundaki radyoaktif maddenin dağılması;
- Radyoaktif maddenin yer altı sularında dağılması;
- Nüfus yoğunluğu ve nüfus dağılımı. Santralin nüfus yoğunluğu fazla olan merkezlere olan uzaklığı (santralin yapımı, işletmesi ve sökümü sürecinin tamamı dikkate alınarak projeksiyonlar yapılmalıdır)

**VIII.2.4. Acil Durum Koşulları:** Nükleer santralin oluşturabileceği çevresel etkilerinin her koşulda kontrol altına alınabilmesi için acil durum planının uygulanabilir olması gerekir. Bu nedenle aşağıdaki konuların uygunluğu değerlendirilmelidir;

- Sahada uygulama yapılmasını engelleyebilecek coğrafi yapılar (adalar, dağ, nehir vb. coğrafi özellikler)
- Acil durum planının uygulanması için gerekli altyapılar (özellikle yerel ulaşım ve iletişim altyapısı);
- Nükleer veya radyolojik acil durumlarda koruyucu önlemler için gereken alanlar ve temiz su kaynağı;
- Düzenleyici kurum gereklilikleri (Acil durum planlama bölgeleri ve mesafeleri)
- Potansiyel olarak zararlı faaliyetleri içerebilecek endüstriyel tesisler;
- Eş zamanlı gerçekleştirilecek dış tehlikelerin altyapıya olan potansiyel etkileri.

Yukarıda genel olarak belirtilen dört ana faz altında proje sahası alternatiflerinin değerlendirilmesi gereklidir. Değerlendirme yapılırken alternatif sahalarla karşılaştırma yapabilmek için tablo veya matris oluşturularak aşağıdaki bilgilerin her bir potansiyel saha için temini gereklidir. Eğer sadece seçilmiş bir saha için değerlendirme yapılıyor ise bu defa Bölüm VIII.2.5.'de yer alan bilgilerin uygunluğunun gösterilmesi gerekir.

### VIII.2.5. Proje Sahası Bilgileri

#### VIII.2.5.1. Genel Bilgiler

Proje sahasının uygun ölçekteki haritaları bulunmalıdır ve haritada aşağıdaki bilgiler yer almalıdır.

- Proje sınırı ve acil durum planlama bölge sınırları: Tipik olarak bunlar, reaktörden 5 km, 16 km, 25 km ve 80 km'lik dairesel alanları kapsamaktadır.
- Nüfus dağılımı ile mevcut sanayi, rekreasyonel, tarihi, kültürel, dinlenme, konut alanları ile NGS proje süresi boyunca bu alanlardaki gelişmeleri gösteren kestirim haritaları.

#### VIII.2.5.2. Jeolojik Yapı

- Stratigrafik yapı, yeraltı formasyonlarının derinliği ve türleri;
- Yeraltı tabakaların özellikleri;
- Yeraltı suları.

#### VIII.2.5.3. Doğa Olayları

- Sismik ve jeolojik süreksizlikler: Faylar ve deprem kaynaklı titreşim ve yer hareketleri.
- Volkanik Etkiler
- Meteorolojik Etkiler: Rüzgâr, tropik siklonlar, kasırga, yağış, fırtına, kar, şimşek, toz ve kum fırtınaları, dolu, don ve sıcaklıklar.
- Sahil kaynaklı sel: fırtına dalgalanmaları, tsunamiler, gelgitler, dalga hareketleri, deniz suyu seviyesindeki değişimler
- İç su (nehir) kaynaklı sel: Engellerin aşırı yüklenmesi, su kontrol yapılarının başarısızlığı, drenaj kanalının tıkanması, selin ilgili meteorolojik olaylarla kombinasyonu.

- Jeolojik ve jeoteknik tehlikeler: şev duraysızlığı, zemin sıvılaşması, kaya düşmesi, erozyon, subsidans obruk ve karstik yapıların varlığı.

#### VIII.2.5.4. Zamana Bağlı Değişimler

- İklimsel değişim: bölgesel iklim değişikliği ve küresel iklim değişikliği;
- Bir drenaj havzasının fiziki coğrafyasındaki değişiklikler; kıyı profili, su toplama alanları vb.
- Arazi kullanımındaki değişiklikler
- İnsan kaynaklı yapı etkileri: Petrol, gaz, kimyasal ve tehlikeli madde depoları ve tesisleri; elektromanyetik dalga yayan yayın ve iletişim ağları, madencilik ve taş ocakçılığı faaliyetleri, askeri tesisler, kullanılmış yakıtın yeniden işlenmesi, taze yakıtın depolanması ve kullanılmış yakıt depoları, demiryolu trenleri, karayolu taşıtları, gemiler, boru hatları, hava trafik koridorları ve uçuş bölgeleri (hem sivil hem de askeri), taze yakıt ve kullanılmış yakıt ile diğer nükleer maddelerin taşınması ve diğer radyoaktif maddelerle ilgili faaliyetler.

#### VIII.2.5.5. Radyolojik Etkiler

- Meteorolojiye bağlı etkiler: Rüzgâr hızı ve yönü, yağışlar, atmosferik sıcaklık, nem, atmosferik kararlılık, kum ve toz fırtınaları.
- Toprak ve su kullanımına bağlı etkiler;
- Nüfus yoğunluğuna bağlı etkiler;
- Radyoaktif maddenin dağılması: Atmosferde, yeraltı ve yerüstü sularında.
- Radyoaktif Atık Yönetimi: Radyoaktif katı, sıvı ve gaz atıkların özellikleri, miktarı ve atık yönetim stratejisi.
- Kaza durumunda radyoaktif salınımların yönetimi;
- Ortam radyasyonu
- Radyasyon izleme sistemi

#### VIII.2.5.6. Acil Durum Yönetimi

- Acil duruma engel olabilecek fiziksel özellikler ve saha özelliklerini gösteren planlar
- Acil durum prosedürleri
- Acil durumun uygulanmasına ilişkin altyapı özelliklerini gösteren planlar
- Tahliye yolları ve erişim güzergâhları, sığınaklar
- Acil durum planlama bölgelerinde nüfus ve çevre koruma ile ilgili hususlar,

#### VIII.2.5.7. Diğer Etkenler

- NGS sahasının topografik özellikleri; 30 km'ye kadar olan bölge için kontur haritaları.
- Ulaşım Olanakları: en yakın demiryolu, karayolu ve limanlar.
- Altyapı ve inşaat olanakları: İnşaat malzemeleri, güç kaynakları, kullanım suyu ve altyapısı.
- Yük merkezlerine yakınlık; Güç dağıtım şebekesine ait hatlar, büyük güç tüketen birimlerin, tesislerin ve nüfusların bulunduğu yerler.
- Soğutma suyunun bulunması ve erişilebilirlik koşulları: Kondenser, soğutma ve içme suyu
- Nüfus merkezleri: Konutlar, mesafeler beklenen nüfus yoğunlukları.

#### VIII.2.5.8. Radyolojik olmayan Ekolojik, Çevresel ve Sosyal Etkiler

- Alıcı ortamlara ısı geçişi; su yapılarına ve atmosfere
- Sahaya bitişik biyo-duyarlı alanların bulunması;
- Doğal rezerv alanları, kültürel ve tarihi yapılar, turistik yerler
- Termal kirlilik: Soğutma suyu giriş ve çıkış noktaları arasındaki sıcaklık farkı
- Kondenser soğutma suyunun sudaki organizmalar üzerindeki etkileri
- Kimyasal kirlenici deşarjları
- Tesisin halk tarafından kabul edilme seviyesi.

### VIII.2.5.9. Alternatiflerin Tanımlanması

Nükleer enerji santralleri için dikkate alınacak alternatifler, yer seçimi alternatifi ve teknoloji alternatifi. Aşağıdaki kısımda yer seçimi kriterleri belirtilmiştir. Teknoloji alternatifleri reaktör tipi, soğutma sistemi, nükleer atıklar ve santralin devre dışı bırakılması konularından oluşmaktadır. Ayrıca, santralin yapılması ile beklenen gelişme (olası etkileri ile birlikte) ile santralsız gelişimin karşılaştırılabilmesi için eylemsizlik alternatifi de açıklanmalıdır.

Nükleer enerji santralleri ile ilgili mevcut alternatiflerin en önemlisi yer seçimi alternatifi. Yer seçimi, değerlendirme sürecinin bazı yer alternatiflerinin elenmesinden önce başlatılması halinde ÇED'in en etkili olabileceği alanlardan birisidir. Bir başka ifade ile ÇED, yer seçimi kararının verilmesinden önce başlatılmalıdır, böylece gerçek alternatifler göz önünde bulundurulabilir. Nükleer enerji santrali projeleri için yer seçiminin temel amacı, halkı ve çevreyi kazalar sonucunda oluşabilecek radyoaktif salınımların radyolojik sonuçlarından korumaktır. Ayrıca santralin normal çalışmasından kaynaklanabilecek salınımlar da göz önünde bulundurulmalıdır. Her yer alternatifi için olası etkilerin belirlenmesi ve bu temel alınarak alternatiflerin kıyaslanması, çevre ile ilgili durumların erkenden ortaya çıkmasını ve bu etkileri önlemek için olası tüm çözümlerin göz önünde bulundurulmasını sağlar. Engellenemeyen ve projenin bütçesine dahil edilmiş bu etkiler için, etkilerin azaltılmasında kullanılan değerlerin etkin olması ve bu değerlerin maliyetinin beklenenden düşük olması durumunda alternatif bir yer seçme şansı ortaya çıkabilir. Zamanlaması uygun olan ÇED, son tasarım aşamasında ortaya çıkan çevre ve halk ile ilgili sorunlar sonucunda sahanın değiştirilmesi gereken hallerde, düzensizliğe, gecikmeye ve ekstra masrafların ortaya çıkmasına engel olabilir. Nükleer santral projeleri için yer seçiminde (ya da uygunluk değerlendirmesinde) aşağıdaki hususlar göz önünde bulundurulmalıdır;

NGS projeleri gibi çok sayıda kriterlerin bulunduğu bir değerlendirme süreci genellikle bir matris formatında sunulmaktadır. Bu format, her bir alternatifi her bir seçim kriteri karşısında nasıl performans sergilediğini göstermektedir. Her bir proje sahası alternatifi için bu bilgiler temin edildikten sonra, çevresel etkiler açısından kısıtlamaların belirlenmesi ve bunların kabul veya red kriterleri olarak açık bir şekilde tanımlanması gerekir. Buna göre proje sahasının uygunluğu değerlendirilebilir.

Örneğin; nüfus yoğunluğuna bağlı bir ölçüt için proje sahasından itibaren 10 km çapındaki alan esas alınarak ülke nüfus ortalamasının 2/3 oranından daha az olması bir ölçüt olarak alınabilir. Benzer şekilde, kritik topluluk nüfusunun 20000 den az olması, nüfusu 10 bin üzerindeki şehir merkezlerine olan uzaklığın en az 10 km olması, nüfusu 100 binden fazla olan şehirlere olan uzaklığın 30 km den fazla olması, tehlikeli madde depolama alanları ve madencilik faaliyetlerinden en az 5 km uzaklıkta olması vb. kabul kriterleri belirlenebilir.

Proje sahasının alternatifleri değerlendirilirken red kriterleri olarak da bazı kriterlerin belirlenmesi gereklidir. Örneğin, uluslararası sınıflandırmalara göre sismizitesi kategori IV değerinden fazla olan sahalarda red edilebilir. Benzer şekilde, fay kırıklarına 5 km den daha yakın sahalarda, havaalanlarına 8 km den daha yakın sahalarda, askeri havaalanlarına 15 km den daha yakın sahalarda, silah deposu bulunan askeri birliklere 10 km den daha yakın sahalarda, kültürel ve tarih eserlerine 5 km den daha yakın sahalarda kriterlere uygun olmadığından red edilebilir. Bu şekilde yapılan bir değerlendirme yöntemi takibi kolay ve açık kriterlere dayandığından özellikle kamuoyu görüşünün alınması konusunda fayda sağlamaktadır. Ancak, teknik olarak en iyisini seçmek için tanımlanan farklı seçenekleri/alternatifleri karşılaştırmak için



kullanılan analiz yöntemine dair bilgiler ÇED Raporu içinde yer almalıdır. Ayrıca, ÇED Raporuna eklenen veya ilgili paydaşların kullanımına sunulan ayrı bir belge olan detaylı yöntem analizine de atıfta bulunulmalıdır. Seçilen yönteme dair özet bilgiler, ÇED Raporunu inceleyen kişilere alternatifler arasından seçimin nasıl yapıldığını gösteren aşağıdaki temel bilgileri içermelidir.

- Alternatifler ve tanımları
- Alternatifin seçimindeki temel kriterlerin tanımı (teknik, ekonomik, çevresel ve sosyal)
- Kriterleri oluşturan parametrelerin tanımlanması
- Parametreler için göstergeler ve değerlendirme metodolojisi
- Kriter ve parametre değerlendirme yöntemi ve ağırlıkları
- Duyarlılık analizi ve seçilen alternatif ile ilgili açıklamalar.

### VIII.3. Proje teknolojisi alternatifleri

Çok sayıdaki nükleer reaktör tipleri arasında çevresel etkiler açısından karşılaştırma yapabilmek için çevresel faktörlere dair bilgilerin her bir alternatif reaktör tasarımına dahil edilmesi gereklidir.

Basınçlı Ağır Sulu (CANDU Tipi) Reaktör, basınçlı su reaktörleri (PWR) ve kaynayan su reaktörleri (BWR) olmak üzere üç temel reaktör tipi mevcuttur. Hafif su reaktörleri, diğer reaktör tiplerinin aksine soğutma sisteminde normal su kullanmaktadır.

Radyoaktif atıklar uzun ömürlü depolarda depolanmalıdır. Bu depolar genellikle ana kayaç içerisine inşa edilmektedir. Uzun ömürlü depolama bazı güvenlik kriterlerinin sağlanmasını gerektirmektedir. Uzun ömürlü depolamaya uygun ve güvenli bir deponun bulunması ve inşa edilmesi birkaç yıl sürmektedir, bu yüzden uzun ömürlü deponun kullanıma geçmesinden önce geçici depolama çözümleri kullanılabilir. Kullanılmış yakıt havuzları (tesis içerisinde güvenli depolama) ve kuru depolama tesisleri (tesis dışında güvenli depolama) olmak üzere iki temel geçici depolama alternatifi mevcuttur. Kullanılmış yakıt havuzları, su ile doldurulmuş çelik kubbeli havuzlardan meydana gelmektedir. Su kullanılmasının amacı yakıtın soğutulması ve radyasyona karşı bir bariyer oluşturulmasıdır. Kuru depolama tesisleri çelik ve kurşundan (kurşun radyasyon siperi olarak görev yapmaktadır) yapılmış konteynerlerden oluşmaktadır. Konteynerler yeraltına gömülerek yerleştirilmektedir. Konteynerler deprem, kasırga ve sabotaj gibi aşırı koşullara dayanabilecek şekilde imal edilmiş ve test edilmiştir. Konteynerler doğal yollarla soğutulur ve havalandırılır.

Bir nükleer enerji santralinin inşası sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli husus radyoaktiviteyi önleyecek fiziksel bariyerlerdir. Gerçek yakıt, Zircaloy yakıt çubukları içerisinde sızdırmaz bir şekilde saklanabilir. Bu yakıt çubukları daha sonra bir tertibat içerisine yerleştirilecektir. Bir başka bariyer tipi reaktör çekirdeğinin etrafına inşa edilen reaktör kalkanı olarak adlandırılan çelik bir kalkandır. Üçüncü bir bariyer tipi ise ön germeli beton kullanılarak reaktör etrafına inşa edilen binadır (reaktör saklama binası). Reaktörü soğutmak için kullanılan soğutma sistemi kapalı bir sistem ya da tek geçişli bir sistem olabilir. Kapalı soğutma sistemi sürekli olarak sistemin aynı su ile soğumasını sağlar. Suyun soğuması için boru hattı ile deniz ya da başka bir yüzey suyu içerisinden dolaştırılması gibi farklı yollarla su soğutulabilir. Tek geçişli soğutma sistemi ise suyu denizden (ya da başka bir yüzey suyundan) alarak sisteme besler, daha sonra kullanılan suyu bırakır. Isınan su, binaların ya da gelen havanın ısıtılması gibi elektrik tüketiminin azaltılması için kullanılabilir.

Nükleer enerji santrallerinin devre dışı bırakılması için DECON, SAFSTOR ve ENTOMB adı verilen yöntemlerden biri kullanılabilir. DECON yönteminde santral derhal sökülür. Radyoaktif maddeler de dahil



olmak üzere santralin tüm ekipmanları, yapıları ve kısımları kaldırılır ya da santralin kapanmasından sonra zararsız hale getirilir.

SAFSTOR yönteminde, DECON yönteminde kullanılan prosedürün aynısı takip edilir, ancak bu prosedür birkaç on yıl geçtikten sonra yapılır. Tesis olduğu gibi bırakılır ve radyoaktiviteye neden olup olmadığı izlenir, uygun sürenin geçmesinden sonra tesis sökülür. ENTOMB yöntemi ise radyoaktif kirlenmelerin beton gibi bir malzeme ile kaplanmasından oluşur. Oluşturulan yapılar, malzemenin radyoaktivitesi yeterince düşük bir seviyeye ulaşana kadar saklanır ve izlenir, daha sonra uygun bir bertaraf tesisinde işleminden geçirilir. Devre dışı bırakma işlemi DECON ve SAFSTOR yöntemlerinin birleştirilmesi ile de yürütülebilir. Bu durumda tesisin parçaları sökülür ya da zararsız hale getirilir, diğer parçalar sökülmeden (birkaç on yıl sonra) önce bekletilir ve izlenir. Kullanılacak yöntem reaktör tipine, radyoaktif çürüme hızına ve mevcut depolama alanına bağlıdır.

#### VIII.4. Proje süreçlerinin alternatifleri

NGS çalışmalarında birbirinden farklı ve çok sayıda süreç bulunmaktadır. Her bir sürecin alternatiflerinin çevresel etkiler açısından değerlendirilmesi etkilerin azaltılması ve önlenmesi açısından önemlidir. Her bir sürecin öngörülen sürede ve öngörülen kaynaklarla tamamlanması, NGS proje yönetimi takvimine bağlıdır. Süreçler kendi içerisinde kullanılan kaynaklara, inşaat ve montaj yöntemlerine bağlı olarak farklı düzeyde çevresel etkiler içerebilir. Alternatif süreçlerdeki çevresel faktörler değerlendirilerek NGS proje yönetimi aşamasına dahil edilmelidir. Süreçlerin tasarım aşamasında etkili olan çevresel faktörlerin değerlendirilmesi en önemli ve etkili etki azaltma stratejisidir.

Eylemsizlik alternatifi adından da anlaşılacağı gibi projenin gerçekleştirilmemesi alternatiftir. Bu alternatif, özellikle diğer alternatifler için bir referans çerçevesi teşkil etmesi açısından önemlidir. Ayrıca, projenin gerçekleştirilmemesi ve dolayısıyla beklenen talebin karşılanmamasından kaynaklanabilecek sonuçlar da incelenmelidir. Nükleer enerji santralının gerekli olup olmadığının değerlendirilmesi için enerji tasarruf ve yönetim önlemlerinin uygulanması ve enerji verimliliğinin artırılması için kullanılabilecek yöntemler araştırılmalıdır. Bu bağlamda projenin maliyeti, olası ekonomik faydaları ve özellikle olası kazalardan (özellikle ciddi boyutlardaki kazalardan) dolayı ortaya çıkacak maliyetler değerlendirilmelidir.

## IX. ETKİLER VE ALINACAK ÖNLEMLER

Çevresel Etki Değerlendirmesi, başlıca yatırım kararlarından önce etkilerin tanımlandığı, öngörüldüğü, değerlendirildiği ve giderildiği bir süreci tanımlamaktadır. Buna göre NGS projelerinde çevreyle ilgili konular açıkça ele alınmalı ve karar alma sürecine dahil edilmelidir. NGS projesinin yapımı, işletmesi ve kapanması sırasında ise ekolojik süreçler korunmalıdır.

Nükleer Güç Santrali Çevresel Etki Değerlendirmesi; projenin aşağıda sayılanlar üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerini, proje bilgileri ışığında uygun bir şekilde belirlemekte ve değerlendirmektedir.

- İnsanlar, hayvanlar ve bitkiler,
- Toprak, su, hava, iklim ve peyzaj,
- Maddi varlıklar ve kültürel miras,
- Ve bunlar arasındaki etkileşimler

NGS projesinin yapımı, işletmesi ve kapatılması sırasındaki çevresel etki düzeyinin izlenebilmesi proje alanının mevcut çevre özelliklerinin belirlenmesine bağlıdır. NGS sahası ve çevresine ilişkin coğrafi bilgiler, nüfus bilgileri, ulaşım (kara, hava ve su yolu ile) bilgileri, arazi kullanımına ilişkin bilgiler, meteorolojik, jeolojik, sismik, hidrojeolojik, hidrolojik bilgiler ile radyolojik duruma dair bilgiler temin edilmelidir. Proje kaynaklı etkilerin belirlenen mevcut çevre özelliklerine göre değerlendirilebilmesi için mevcut çevre özelliklerinin ÇED aşaması öncesinde belirlenmesi gereklidir. Bu kapsamda yeraltı ve yüzey suları, kuyu ve akarsulara ait bilgilerin yanı sıra proje çevresine ait jeolojik, hidrojeolojik ve hidrolojik özellikler, toprak özellikleri, biyolojik ve meteorolojik özellikleri kapsayan, ayrıntılı fiziksel ve biyolojik durum belirlenmelidir. Sosyo-ekonomik ve çevreyle ilgili özellikler proje ölçeği ve kapladığı alandaki mevcut arazi kullanımı ve doğal kaynakların sosyo-ekonomik değerine paralel olarak yerel, bölgesel ve ulusal düzeyde incelenmelidir. Arazi çalışmalarının programlanması, metodolojilerin ve çalışma alanının sınırlarının belirlenmesi yerel halk, paydaşlar ve uzmanlara danışılarak belirlenmelidir. Mevcut durum özellikleri, çevresel ve sosyo-ekonomik hassasiyet ve risk durumunun belirlenmesi amacıyla mevcut veriler Coğrafi Bilgi Sistemlerine (CBS) aktarılarak hassas özelliklerin (hassas ekosistemler, benzersiz ve yüksek peyzaj değeri taşıyan alanlar, yüksek erozyon etkileri, su kaynakları, hassas jeolojik yapılar, arkeolojik ve kültürel varlıklar, vb.) konumsal analizleri yapılmalıdır. Proje ile ilgili planlamalar ve çevresel yönetim CBS analizleriyle paralel olarak gerçekleştirilmelidir.

Bu bölüm, Nükleer Güç Santrali projelerinin yapımı ve işletmesi aşamalarında meydana gelen çevresel etkileri ve bu etkilere karşılık alınması gereken etki azaltıcı önlemleri içermektedir.

NGS için aşağıdaki çevresel etkiler üç aşamada değerlendirilmiştir. Bu kılavuz; arazi hazırlık ve inşaat aşamasında, işletme aşamasında ve işletme faaliyete kapandıktan sonra olabilecek etkileri ve alınacak önlemleri kapsamaktadır.

## **IX.1. Arazi Hazırlık ve İnşaat Aşaması**

### **IX.1.1. Toprak ve Jeoloji**

#### *Oluşması Muhtemel Etkiler*

- NGS güvenlik zonu içerisinde kalan sahada bitkisel toprak tabakasının sıyrılması nedeniyle toprak profilinin bozulması, toprak erozyonu, toprak kayması veya zemin sıkıştırması nedeniyle kullanım dışı kalması,
- NGS enerji güç hattı bağlantısının geçtiği hat boyunca 80-120 metre genişliğinde çitlerle çevrilmiş olan hattın ve bu hattın en az 3 metre yakınına kadar olan arazideki inşaatlar nedeniyle toprak bozulması veya zemin sıkıştırması nedeniyle kullanım dışı kalması,
- NGS bağlantı yollarının inşaatı sırasında bitkisel toprak tabakasının sıyrılması veya zemin sıkıştırması nedeniyle toprak profilinin bozulması ve kullanım dışı kalması,
- Geçici arazi kullanımının toprak profilinde yol açtığı değişiklikler (şantiye alanı, geçici bağlantı ve ulaşım yolları, sondaj ve gözlem çukurları, hafriyatlar vb.),
- Kazı sonrası stratigrafik yapının bozulması, şev duraysızlığı, heyelan, erozyon ve toprak kayması,
- Toprak kirliliği ve toprak kalitesinde değişiklikler,
- NGS inşaat sahasında kullanılan hidro-karbonların (yağlar, yağlayıcılar, yakıtlar, boyalar,

solventler) toprağa yayılması ve toprağa sızması,

- Toprak hafriyatı, ulaşım trafiği, asfalt ve beton hazırlama tesisi, ham maddelerinin yüklenmesi ve boşaltılması, vb. kaynaklı diğer hava kirleticileriyle kontamine olmuş tozun toprakta birikmesi,
- Kirletici maddelerin (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve ağır metaller) yağ çökme (kar ve yağmur nedeniyle) toprakta birikmesi,
- Şantiye sahasında kanalizasyon şebekesinde infiltrasyon, çimento vb. malzeme dolu suyun toprağa yayılması,
- Atıkların ve inşaat malzemelerinin kontrolsüz depolanmasından kaynaklanan sızıntı suyunun toprağa nüfuz etmesi.

#### Alınması Gereken Önlemler

- Geçici ve kalıcı olarak işgal edilen arazilerin sınırlandırılması,
- Heyelan ve toprak erozyonuna karşı koruyucu önlemlerin alınması,
- Düşük kirletici motorlara sahip uygun nakliye ve inşaat ekipmanlarının kullanılması,
- Kirliliği önlemek ve kontrol etmek için ekipmanlarının düzenli bakımı, kaldırılan toprak ve kayaların uygun koşullarda geçici olarak depolanması,
- Toprak ve kaya atıkların yönetimi,
- Arazi hazırlık ve inşaat sırasında zeminin gerekli durumlarda rehabilitasyonu ile toprak erozyonunun önlenmesi,
- Atık suların toplanarak arıtılması.

#### **IX.1.2. Gürültü ve titreşim**

##### Oluşması Muhtemel Etkiler

- Santralin altyapısının (ana bina, reaktör binası, yol bağlantıları vb.) yapımı sırasında patlatma, kazı ve inşaat ekipmanlarından çıkan gürültü,
- İnşaat faaliyetleriyle ilgili trafiğin (kazılmış toprak taşınması, inşaat malzemelerinin bir şantiye taşınması vb.) neden olduğu gürültü,
- Yeni santral ünitelerine giden ve gelen yolların yapımı sırasında (örn. kompaksiyon, zemin iyileştirme, kazık çakma vb. işlerden kaynaklanan titreşim,
- Büyük yapı elemanlarının nakliyesi ve reaktör altyapısının inşası için kullanılan makinelerden kaynaklanan titreşim (örneğin metal ve beton bileşenlerinin kesilmesi, kaynağı veya montajı).

NGS yapımı aşamasında yukarıda belirtilen faaliyetler nedeniyle ortaya çıkan gürültü ve titreşimin etkileri:

- Çalışanlar ve civardaki yerleşim yerlerinde yaşayan nüfus üzerinde rahatsızlık, huzursuzluk yaratırken sosyal yaşam konforunda ve iş yapma becerilerinde düşüş,
- Canlıların rahatsız olmalarına ve normal davranışlarında değişim,
- NGS civarındaki yapılarda yüzeysel veya yapısal hasarların oluşması,
- Hassas makine ve ekipmanların titreşimlerden etkilenerek bozulması.

#### Alınması Gereken Önlemler

---

- Kullanılacak makine ve ekipmanların bakımları zamanında ve düzenli olarak yapılması,
- Güzergâh üzerindeki inşaat faaliyetlerinin programının (gün boyunca saatler şeklinde) etkileri azaltacak şekilde hazırlanması,
- İnşaat trafiğinin, yerleşim alanlarındaki geçiş sıklığını sınırlayacak şekilde düzenlenmesi,
- Gereken yerlerde geçici ses izolasyon bariyerlerinin kullanılması,
- Yerleşim alanlarından geçen iş makineleri için hız sınırına ve tonaja uyulması,
- Ses yalıtım duvarlarının kullanılması.

#### **IX.1.3. Hava Kirliliği**

##### *Oluşması Muhtemel Etkiler*

İnşaat aşamasında herhangi bir radyoaktif kirlenici çıkışı beklenmez.

- NGS (soğutma kuleleri, liman alanı ve soğutma suyu emme ve boşaltma yapıları, su tünelleri vb.) inşaatı sırasındaki ana kayanın patlatılması ve kazı çalışmalarından çıkan toz ve partikül kaynaklı hava kirliliği,
- İnşaat makinelerinden gelen kirlenicilerden (NO<sub>x</sub>, benzen vb.) kaynaklanan hava kirliliği.

##### *Alınması Gereken Önlemler*

- NGS inşaat alanlarının su ile spreylenecek nemli kalmasının sağlanması,
- Kazı malzemesinin taşınması sırasında periyodik olarak ulaşım yollarına su püskürtülmesi ve araçların tekerleklerinin ıslatılması,
- Açık alanlarda toz üreten gevşek malzemelerin kontrolü ve temizlenmesi,
- Tozlanmaya neden olan yığınların üzerinin branda ile örtülmesi,
- Toz çıkaran araç ve inşaat ekipmanlarının kullanımının sınırlandırılması,
- Hava kirlenici (NO<sub>x</sub>, benzen vb.) araç ve ekipmanların kullanımının sınırlandırılması.

#### **IX.1.4. Halk sağlığı etkileri de dahil genel sosyoekonomik etkiler**

##### *Oluşması Muhtemel Etkiler*

- Gürültü, titreşim ve hava kirliliğinden kaynaklı rahatsızlık ve hava yoluyla oluşan hastalıklar (astım, alerji vb.),
- Arazi kullanımındaki değişikliklerden kaynaklı ekonomik etkiler,
- Patlayıcı madde kullanılması, ağır iş makinelerin kullanılması vb. etkenlerden kaynaklı sağlık ve güvenlik etkileri,
- Şantiye alanı ve yol güzergâhına yakın yerleşim yerlerinde gece çalışması yapılması durumunda gürültü vb. olumsuz etkiler.

##### *Alınması Gereken Önlemler*

- Hava kalitesinin düzenli olarak izlenmesi ve gerektiğinde toz maskesi vb. kişisel koruyucu ekipman kullanılması,

- NGS inşaatı sırasında kullanılan araç ve ekipman emisyonlarının kontrol altına alınması,
- NGS inşaatı sırasında sağlık etkilerine yol açan gürültü, titreşim ve toz ölçümlerinin düzenli olarak yapılması,
- İzleme sonuçlarına göre gürültü ve tozlanma azaltıcı önlemlerin gözden geçirilmesi ve ek önlemler alınması.

#### **IX.1.5. Yüzey ve Yeraltı Suyuna Etkiler**

##### Oluşması Muhtemel Etkiler

İnşaat aşamasında sularda radyoaktif kontaminasyon beklenmez.

- Patlayıcı kullanımı ve kaya enjeksiyonu kaynaklı yeraltı suyu kalitesinde bozulmalar,
- Sondaj ve su alımları nedeniyle yeraltı suyu tablasında seviye ve basınç kayıpları,
- Yapılar nedeniyle yüzey su akış profiline değişmesi,
- İnşaat faaliyetleri nedeniyle yüzey ve yeraltı sularının fiziksel, kimyasal ve biyolojik kalitelerindeki değişimler,
- Toprak erozyonu, sedimentasyon ve şantiyedeki kirleticilerin yüzey suyu ile taşınması,
- Şantiyeden kaynaklı kanalizasyon suyu.

##### Alınması Gereken Önlemler

- Su yatağının değişikliğe uğramasına yol açan faaliyetleri sınırlamaya yönelik uygulamalar yapmak,
- Kirliliğe neden olan atıkların yüzey ve yeraltı suyuna karışmasını önlemek,
- Düşük kirlitici motorlara sahip uygun nakliye ve inşaat ekipmanları kullanmak,
- Atık suların toplanarak arıtılması.

#### **IX.1.6. Bitkiler ve hayvanlar, eko sistemler, peyzaj ve korunan alanlar üzerine etkiler**

##### Oluşması Muhtemel Etkiler

İnşaat süresi boyunca radyoaktif bir etkinin olması beklenmemektedir

- İnşaat faaliyetlerinin bitki örtüsü, flora ve fauna üzerindeki etkileri (toprak kalitesi ve verimliliği, yükselti ve eğimler, bozulma derecesi ve türü vb.),
- Ekolojik sistem üzerindeki etkiler (su ve hava kalitesinin bozulması, tortu taşınması, biyoakümüülasyon vb.),
- Korunan alanlar üzerindeki etkiler (vahşi yaşam, tarihi ve arkeolojik alanlar vb.),
- Peyzaj üzerinde etkiler (arazi kullanım uyumluluğu, tarım, rekreasyon alanları, mülk değerleri, estetik etkiler vb.),
- Ormanlık yaşam alanlarının ve peyzaj sahalarının parçalanması,
- Nadir, tehdit altında veya nesli tükenmekte olan türlerin yuvalama yerlerinin ve/veya yüksek biyoçeşitliliğin bulunduğu yaşam alanlarının kaybedilmesi,

- Suyollarının bozulması,
- Yaban hayatı hareketliliğinin engellenmesi,
- Makine, inşaat işçileri ve bunlarla ilgili ekipmanların mevcudiyeti nedeniyle görsel ve işitsel rahatsızlık,
- İnşaat faaliyetleri nedeniyle yağmur suyu akışının yol açtığı çökeltiler, erozyon ve yüzey sularında bulanıklık.

Alınması Gereken Önlemler

- NGS tesislerinin kritik kara ve su yaşam alanlarını (örn; doğal yaşlı ormanlar, sulak alanlar ve balık yumurtlama habitatları) etkilemeyecek şekilde konumlandırmak,
- Karasal türlerin korunmasına yönelik geçit, köprü, menfez, çit vb. yapılar yapmak,
- Sucul türlerin korunmasına yönelik köprü, dere geçitleri ve menfezler yapmak,
- Üreme mevsimlerinde inşaat faaliyetlerinin sınırlandırılması,
- Kıyı bitki örtülerinin bozulmasını önleyerek su yaşam alanlarının kalitesinin korunması,
- NGS tesislerinin yapımı sırasında yerli bitki türü kaybının önlenmesi.

**IX.1.7. Atıklar**

Oluşması Muhtemel Etkiler

- NGS sahasının doldurulması, yükseltilmesi ve tesviye edilmesi vb. toprak işleri sonucunda açığa çıkan fazla toprak ve kaya atıkları,
- NGS inşaat ve montaj faaliyetlerinden kaynaklanan (hurda, ahşap, beton vb) tehlikeli olmayan atıklar,
- NGS inşaat ve montaj faaliyetlerinden kaynaklanan (atık yağlar, kimyasallar, filtreler vb.) tehlikeli atıklar,
- NGS inşaat ve montajında çalışanlardan kaynaklanan evsel atıklar.

Alınması Gereken Önlemler

- Evsel nitelikli atıkların ulusal düzenlemelere uygun olarak ayrıştırılıp sınıflandırılarak biriktirilmesi, depolanması ve bertarafının sağlanması,
- Tehlikeli olmayan atıkların ulusal düzenlemelere uygun olarak ayrıştırılıp sınıflandırılarak biriktirilmesi, depolanması ve bertarafının sağlanması,
- Tehlikeli atıkların ulusal düzenlemelere uygun olarak ayrıştırılıp sınıflandırılarak biriktirilmesi, depolanması ve bertarafının sağlanması.

**IX.2. İşletme Aşaması**

**IX.2.1. Toprak ve Jeoloji**

Oluşması Muhtemel Etkiler

- NGS güvenlik zonu içerisinde toprak profilinin bozulması ve arazi kullanımında kalıcı değişiklikler,
- Hidrokarbon vb. kimyasal maddelerin kullanımından kaynaklanan toprak kirliliği,



- NGS tesislerinde beklenmedik olayların bir sonucu olarak radyoaktif fisyon ürünleri ile toprağın kirlenmesi,
- Radyoaktif maddelerle kirlenmiş toprak ve tozdan kaynaklanan iç, dış ve temas yoluyla oluşan radyasyon etkileri,
- Radyoaktif maddelerle kirlenmiş toprak ve tozdan kaynaklanan radyotoksik etkiler.

#### Alınması Gereken Önlemler

- Geçici ve kalıcı olarak işgal edilen arazilerin sınırlandırılması,
- Kimyasal ve tehlikeli madde kullanan iş, işlem ve ekipmanların sınırlandırılması,
- Kirlenici maddelerin toprağa karışmasını engelleyecek önlemler (kontrollü kullanım, atıkların toplanarak depolanması, çevreden izole sistemler vb.) alınması,
- NGS güvenlik zonu içerisinde toprağa karışan radyoaktif toz ölçüm ve izleme sistemlerin bulunması,
- NGS sahasında, toprağı kirletebilecek radyoaktif gaz emisyon ve sıvı deşarjlarının sınırlandırılması ve izlenmesi,
- NGS güvenlik zonu içerisinde radyasyon, radyoaktif zehirlilik ve toprak kirliliğini düzenli izleyebilecek gözlem noktalarının oluşturulması.

#### **IX.2.2. Gürültü ve Titreşim**

##### Oluşması Muhtemel Etkiler

- Nükleer santralin normal çalışma süresince yerleşim bölgelerine taşınan ses, önemli bir etki olarak değerlendirilmemiştir (30db'dan az),
- Çalışma sırasında nükleer reaktörden gelen titreşimler önemli etkiler olarak değerlendirilmemektedir.

##### Alınması Gereken Önlemler

- NGS işletilmesi sırasında gürültü ve titreşim kirliliğini tespit ederek gerektiğinde kısa sürede düzeltici önlemleri alabilmek için NGS sahasında düzenli ölçüm yapılması yeterli olacaktır.

Eğer gürültü ve titreşim düzeyi kabul edilebilir sınırların üzerinde ise aşağıdaki önlemler alınabilir. Alınacak önlemlerden ses ve titreşim koruma bariyerleri ile ilgili bilgiler (konumu, türü ve özellikleri) her faaliyet dönemi için ÇED Raporunda ayrıntılı olarak sunulmalıdır.

- NGS iç ve dış bağlantı yollarının tasarımında ve yapımında gürültü ve titreşim azaltıcı yüzey kaplama türleri ile gürültü yalıtımı sağlayan ses bariyerleri kullanılması,
- NGS sahası içerisindeki araçlarda hız ve tonaj sınırlarının uygulanması,
- Çevresel yapıları göz önüne alarak ses yalıtım duvarları monte edilmesi,
- Gerektiğinde etkilenen bina ve yapıların ses ve titreşim koruyucu ile kaplanması.

### IX.2.3. Hava Kirliliği

#### Oluşması Muhtemel Etkiler

- Radyoaktif olmayan kimyasal ve tehlikeli maddelerden kaynaklanan etkiler (astım, alerji vb.),
- Radyoaktif maddelerle kirlenmiş havadan kaynaklanan dahili ve harici radyasyon etkileri,
- Radyoaktif maddelerle kirlenmiş havadan kaynaklanan radyotoksik etkiler.

NGS işletilmesi sırasında bu etkilere yol açan gazlar aşağıda verilmektedir;

- Radyoaktif olmayan ancak hava kirliliğine yol açan hidrokarbon vb. kimyasal ve tehlikeli madde kullanımından kaynaklanan gazlar ve tozlar,
- Fisyon ve aktivasyon gazları; Kripton (Kr-85, Kr-85m, Kr-87, Kr-88),
- Xenon (Xe-131, Xe-131m, Xe-133, Xe-133m, Xe-135, Xe-135m, Xe-138), Argon (Ag-41) radyoaktif gazları,
- İyot ve halojenler; İyot (I-131, I-132, I-133, I-134, I-135), Brom (Br-82),
- Partiküller; Kobalt (Co-58, Co-60), Sezyum (Cs-134, Cs-137), Krom (Cr-51),
- Mangan (Mn-54), Niyobyum (Nb-95) radyoaktif gazları,
- Tritiyum (H-3),
- Beklenmedik olayların sonucu olarak atmosfere karışık fisyon ürünleri.

#### Alınması Gereken Önlemler

Radyoaktif olmayan gazlar için;

- Kirlenici yayan iş, işlem ve ekipmanların kontrollü kullanımı ve sınırlandırılması,
- Düzenli emisyon kontrolü ve hava kalite ölçümleri yapılması,
- Kişisel koruyucu ekipman kullanılması,
- Toz emisyon çıkışını önleyecek yapısal önlemler (kaplama, ıslatma vb.) alınması.

Radyoaktif gazlar için;

Bir nükleer güç santralinde radyoaktif gaz atıklar için genel olarak üç sistem ile tutulurlar. Bunlar; Reaktör Kapalı Gaz (off-gas) Sistemi, Gaz Arıtma Sistemi (standby) ve NGS yapılarında bulunan klima ve havalandırma sistemleridir. Kısa yarılanma süreli olan radyoaktif gazlar öncelikle sızdırmaz gaz tanklarına pompalanır ve 30 ile 60 gün arasında bir saklama süresinden sonra tankların içeriği bir havalandırma sistemi ile atmosfere bırakılır. Eğer yasal düzenlemeler serbest bırakılmasına izin vermiyorsa, depolama süresi gerektiği kadar uzatılır. Bu sistemlerin radyoaktif gaz ve partikülleri tutma kapasiteleri ÇED Raporunda ayrıntılı olarak sunulmalıdır.

- Radyoaktif gaz, toz izleme sisteminin bulunması ve düzenli emisyon kontrolü yapılması,
- Radyoaktif gaz ve toz çıkaran iş ve işlemlerin kontrollü kullanımı ve sınırlandırılması,
- Radyoaktif gazların tamamının HEPA veya kömür filtreleri ile tutulması,
- Kişisel koruyucu ekipman kullanılması.

#### IX.2.4. Halk sağlığı etkileri de dahil genel sosyoekonomik etkiler

##### Oluşması Muhtemel Etkiler

- Kontamine hava, yer ve su kaynaklı iç ve dış radyasyon etkileri sonucu oluşan biyolojik hasarlar,
- Yeraltı veya yerüstü sularının radyoaktif kirlenmesi sonucu beslenme zinciri yoluyla oluşan radyotoksizite,
- Toprakta radyoaktif kirlilik oluşumu nedeniyle beslenme zinciri yoluyla oluşan radyotoksizite,
- Radyoaktif maddelerle temas yoluyla radyasyona maruz kalınması,
- Hava, su ve toprakta oluşabilecek radyoaktif kirlilik nedeniyle oluşan sosyal etkilerin göçlere neden olması,
- Hava, su ve toprakta oluşabilecek radyoaktif kirlilik nedeniyle oluşan ekonomik etkilerin bölgedeki tarım ve hayvancılık faaliyetlerini durdurması.

##### Alınması Gereken Önlemler

- Radyoaktif gaz ve sıvıların bulunduğu sistemlerin kapalı devre olarak çalıştırılması,
- Hava, su ve toprakta radyasyon düzeyinin düzenli olarak izlenmesi,
- NGS sistemlerinden çevreye verilen her tür gaz, sıvı ve katı atıklarda radyasyon kontrolü yapılması,
- Radyasyondan kaynaklı sağlık risklerinin mesafe, zırhlama ve süre parametrelerinin etkin kullanılarak azaltılması,
- Bölgede yetişen ürünlerde düzenli olarak radyoaktivite ölçümü yapılması,
- İzleme ve kontrol sonuçlarına göre önlemlerin gözden geçirilmesi ve gerekli hallerde yeni önlemlerin alınması.

#### IX.2.5. Yüzey ve Yeraltı Suyuna Etkiler

Bir NGS tesisinin işletilmesi sırasında ortaya çıkan sıvı atıklar suda çözünen ve çözünmeyen radyoaktif bileşenler (filyon ve korozyon ürünleri) ile radyoaktif olmayan maddeleri içermektedir. Başlıca sıvı atık çıkış yerleri; reaktörlerin birincil soğutucu sistemleri, kullanılmış yakıt havuzları, bakım-onarım işlemleri, radyoaktivitenin temizlenmesi faaliyetleri ve su kaçaklarıdır.

Reaktörlerin tipine bağlı olarak, gerek miktar olarak gerekse radyoaktivite düzeyleri açısından ortaya çıkan sıvı atıklar değişiklik gösterirler. Örneğin, su soğutmalı ve moderatörlü reaktörler gazla soğutulan reaktörlerden daha fazla sıvı atık üretirler. Kaynar su reaktörlerinde (BWR) üretilen sıvı atıkların hacimleri, basınçlı su reaktörler (PWR) den daha fazladır. Çünkü ağır su reaktörlerinin (HWR) temizleme sistemi, ağır suyun geri dönüşümü için üstten iyon değişim teknikleri ile çalışır ve neredeyse hiç sıvı atık üretmezler. Nükleer enerji santralinin normal çalışması sırasında yüzey ve yeraltı sularına deşarj sınırlarının üzerinde bir radyoaktif kiletici vermeleri beklenmez.

##### Oluşması Muhtemel Etkiler

- Tritiyum (H-3), Stronsiyum (Sr-90), Sezyum (Cs-137) ve diğer bazı gama ve beta yayan radyoizotopları içeren sıvı deşarjları,
- Kullanılmış reçineler, çöktürme veya buharlaştırma çamurları ve filtrasyon malzemeleri gibi çok çeşitli sıvı/katı oranları değişen radyoaktif sıvı atıklar,
- Beklenmedik olayların bir sonucu olarak filyon ürünleri ile yüzey ve yeraltı sularının kirlenmesi,

- Radyoaktif sıvıların vücuda alınmasıyla gelişen radyasyona maruz kalınması ve radyoaktif zehirlenme,
- Radyoaktif sıvıların bulunduğu ortamlarda kaynaklanan dış ışınlanma,
- Temizleme işlemlerinden çıkan çeşitli korozif ve organik bileşikler (oksalik asit, sitrik asit vb.),
- NGS kaynaklı sıcak su deşarjları nedeniyle, sulak alanlarda ve denizel ortamlarda oluşan etkiler,
- Sondaj ve su alımları nedeniyle yeraltı suyu tablasında seviye ve basınç kayıpları,
- Kimyasal ve tehlikeli kirleticilerin (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve ağır metaller) yağışlarla yüzey ve yeraltı suyunu kirletmeleri.

#### Alınması Gereken Önlemler

- Sıvı radyoaktif atıkların standartlara uygun olarak NGS atık yönetim tesisinde biriktirilmesi, depolanması ve işlenmesi,
- Her tür sıvı deşarjının yasal sınırlarda kontrollü ve kayıt altına alınarak yapılması,
- Yüzey ve yeraltı sularında düzenli radyoaktivite ölçümü yapılması,
- Yüzey ve yeraltı su kalitesindeki değişimlerin düzenli olarak izlenmesi,
- Yüzey ve yeraltı sularının akış profilleri, fiziksel, kimyasal ve biyolojik kalitelerindeki değişimlere yol açan iş, işlem ve cihazların sınırlandırılması,
- Kişisel koruyucu ekipman kullanılması.

#### **IX.2.6. Bitkiler ve hayvanlar, eko sistemler, peyzaj ve korunan alanlar üzerine etkiler**

##### Oluşması Muhtemel Etkiler

- Radyoaktif sıvıların yüzey ve yeraltı sularıyla taşınması sonucunda bitkilerde, hayvanlarda ve korunan alanlarda radyoaktif kirlilik,
- Bitki ve hayvanların dış radyasyona maruz kalması,
- Hava ve toz yoluyla atmosfere salınan radyoaktif maddelerin taşınmasıyla bitki, hayvan ve korunan alanlarda radyoaktif kirlilik,
- Soğutma suyu deşarjları nedeniyle deniz, yerüstü ve yeraltı suyunda sıcaklık artışı,
- Kimyasal ve tehlikeli atıkların kontrolsüz olarak çevreye verilmesi nedeniyle bitki örtüsünde ve peyzajda oluşan parçalanmalar,
- Yüzey ve yeraltı sularının akış profilleri, fiziksel, kimyasal ve biyolojik kalitelerinde değişimler.

#### Alınması Gereken Önlemler

- Sıvı radyoaktif atıkların standartlara uygun olarak NGS atık yönetim tesisinde biriktirilmesi, depolanması ve işlenmesi,
- Yüzey ve yeraltı sularında düzenli radyoaktivite ve su kalite ölçümleri yapılması,
- Radyoaktif gaz ve toz filtrasyon sistemlerinin kullanılması,
- Radyoaktif gaz ve toz izleme sisteminin bulunması ve düzenli emisyon kontrolü yapılması,
- Soğutma suyu deşarjlarında sıcaklık ve su kalite iyileştirmesi yapılması,
- Dış radyasyona neden olabilecek malzemelerin kontrollü alanlarda tutulması,

- NGS tesislerinin, kritik kara ve su yaşam alanlarına (örn; doğal yaşlı ormanlar, sulak alanlar ve balık yumurtlama habitatları) etkilerini önleyecek şekilde planlanması,
- Karasal türlerin korunması için yaban hayatı yeraltı geçitleri, üst geçit, köprü, viyadük, menfez ve çit yapılması,
- Sucul türlerin korunması için köprü, dere geçitleri ve menfezlerin yapılması,
- Üreme ve diğer hassas mevsimlerde etkileyici faaliyetlerin sınırlandırılması,
- Kıyı şeridinde bozulmalara ve erozyona karşı önlemler alınması.

### IX.2.7. Atıklar

Nükleer atıkların yönetimi, uluslararası düzenlemelere ve ulusal güvenlik yönetmeliklerinin gerekliliklerine uygun olmalıdır. Atık işleme yöntemleri atıkların özelliklerine ve miktarlarına bağlı olarak farklı teknolojilerin uygulanmasına olanak verir. Yöntemler farklı olsa da amaç tek olup radyoaktif atıkların hacimlerinin küçültülerek daha kararlı bir yapıya dönüştürülmesidir. Atık işleme süreci, atıkların özelliklerine ve miktarına bağlı olarak filtreleme, temizleme, sıkıştırma, yakma, koşullandırma, depolama ve seyreltme vb. atık yönetim adımlarını içerebilir.

NGS işletilmesi sırasında ortaya üç fazda radyoaktif atık çıkışı olur; gaz, sıvı ve katı radyoaktif atıklar. NGS işletmesi sırasında açığa çıkan atıkların uygun şekilde işlenebilmesi için ulusal otorite tarafından lisanslı bir atık işleme tesisi gereklidir.

#### IX.2.7.1. Sıvı ve Gaz Radyoaktif Atıklar

Bu tür atıklar radyoaktiviteleri düşürüldükten sonra ulusal düzenlemelerde belirtilen sınırları aşmamak kaydıyla çevreye verilebilir. Gazlar temizlendikten sonra baca yoluyla atmosfere verilir. Sıvı atıklar, atık işleme tesisinde temizlenir. Atık işleme tesisinden çıkan temizlenmiş sıvılar, kontrollü iyileştirme sonrası karıştırılarak seyreltikten sonra ulusal düzenlemelerde belirtilen sınırları aşmamak kaydıyla deşarj edilebilir. Her iki tür radyoaktif atığın temizlenme işlemi sonrası geriye kalan ve konsantre durumda olan radyoaktif atıklar ise katı forma alınarak katı radyoaktif atık işlemlerine dahil edilirler. Nükleer atıklar, ulusal düzenleyici tarafından sıkı bir şekilde izlenmeli, kontrol edilmeli ve kayıt altına alınmalıdır. Gerçekleştirilen salıverme değerleri, mutlaka izin verilen sınır değerlerinin altında olmalıdır.

#### IX.2.7.2. Katı Radyoaktif Atıklar

Katı radyoaktif atıklar, radyoaktivitelerine bağlı olarak üç kategoriye ayrılırlar; Düşük, Orta ve Yüksek Düzeyli Atıklar.

##### IX.2.7.2.1. Düşük Düzeyli Atık (DDA)

Kâğıt, eldiven, plastik malzemeler, düşük radyoaktif kirliliğe sahip ve tek kullanımlık tulum gibi NGS işletmesi sırasında sürekli olarak açığa çıkan atıklardır. Atık işleme teknolojilerine bağlı olarak DDA, sıkıştırılabilir ve sıkıştırılamaz atıklar veya yakılabilen ve yakılamayan atıklar gibi gruplara farklı işlem gruplarına ayrılırlar. Sıkıştırılabilen atıklar, hacimlerinin küçültülmesi amacıyla paslanmaz çelik varillerin içerisinde sıkıştırılır ve sızdırmaz olarak kapatılır. Benzer şekilde yakılabilen atıklar da yakma tesisi sonrasında kül haline geldiklerinden paslanmaz çelik varillerin içerisinde bir matris (beton, bitüm, polimer, seramik vb.) yardımıyla katılaştırılarak sabitlenir ve sızdırmaz olarak kapatılır. Bu tür atık paketleri geçici

olarak NGS sahasında depolanır ve nihayetinde bertaraf için tasfiye tesislerine gönderilir. Sıkıştırılmayan ve yakılmayan atıklar ise uygun paketler içerisinde NGS sahası içerisinde geçici depolama alanında kontrol altında tutulur. Bu tür atıklar için özel atık işleme yöntemleri uygulanır ve geri dönüşebilen parçaların ayıklanması vb. işlemler sonrasında paketlenerek bertaraf için tasfiye tesisine gönderilir.

#### **IX.2.7.2.2. Orta Düzeyli Atık (ODA)**

Radyoaktif reçine ve kimyasal çamur, atık arıtma tesisi ve bakım çalışmasından oluşan çeşitli radyoaktif atıklardan oluşur. ODA, genellikle sulu olduğundan daha kararlı hale getirmek için bir matris (beton, bitüm, polimer vb.) içerisinde sabitlenerek paslanmaz çelik varillerin içerisinde katı hale getirilir. ODA paketleri, NGS sahasında geçici olarak depolandıktan sonra bertaraf tesisine gönderilir.

#### **IX.2.7.2.3. Yüksek Düzeyli Atık (YDA)**

Nükleer reaktörlere taze yakıt yüklenmesi sırasında reaktörden çıkarılan kullanılmış yakıtlar ve bu kullanılmış yakıtların yeniden işlenmesi sonrasında geriye kalan atıklardır. Kullanılmış yakıtlar uzun yarılanma sürelerine sahip radyoaktif fisyon ürünlerini de içerdiğinden uzun süre ısı ve radyasyon yayarlar. Bu nedenle, kullanılmış yakıt içerisindeki özellikle kısa yarılanma süreli radyoaktif fisyon ürünlerinin bozunmasına ve kalan ısının büyük oranda uzaklaştırılmasına izin vermek için kullanılmış yakıt bekletme tesislerinde (sulu havuz tipi veya kuru soğutma ünitelerinde) yaklaşık 10 yıl saklanır ve soğutulur. Kullanılmış yakıtlar daha sonra, içerisindeki kullanılabilir olan fisil malzemelerden yakıt üretilmesi için yeniden işleme tesisine gönderilir.

DDA, ODA ve YDA paket yüzeylerinde radyoaktif kirlilik bulunmamalı ve paket yüzey radyasyon doz şiddetinin 200 mR/saat değerinin altında olması gerekir.

#### *Oluşması Muhtemel Etkiler*

NGS işletme süresi boyunca atıklardan kaynaklanabilecek etkiler;

- Gaz ve sıvı atıkların işlem görmeden çevreye verilmesi,
- Radyoaktif atıkların diğer atıklarla karışması,
- Radyoaktif katı atık paketlerinin hasar görmesi (korozyon, düşme, delinme vb),
- Beklenmedik olayların bir sonucu olarak radyoaktif atık paketlerinden fisyon ürünlerinin hava veya suya karışması,
- Radyoaktif atık paketleri içeriğinin toz halinde vücuda alınmasıyla radyasyona maruz kalınması ve radyoaktif zehirlenme,
- Radyoaktif atık paket yüzeyinde 200 mR/saat den fazla doz şiddeti olması nedeniyle dış ışınlanmaya maruz kalınması,
- YDA soğutma ve zırlama sisteminin yetersiz olması ile yakıtın kritik hale gelmesi,
- Temizleme işlemlerinden çıkan çeşitli korozif ve organik bileşikler (oksalik asit, sitrik asit vb.),
- Kimyasal ve tehlikeli kirlenici atıkların çevreye yayılması.

#### *Alınması Gereken Önlemler*

- Radyoaktif Atık Yönetiminin ulusal ve uluslararası düzenlemelere uygun olarak yürütülmesi,

- Radyoaktif Atık Yönetimi kalite kontrol sisteminin oluşturularak uygulanması,
- Radyoaktif Atık Yönetim Prensiplerinin uygulanması,
- Radyoaktif atık paketlerinin bertaraf tesisi kabul kriterlerine uygun olarak hazırlanması,

### IX.3. İşletme Faaliyete Kapandıktan Sonra Olabilecek Etkiler ve Alınacak Önlemler

Bu bölüm, Nükleer Güç Santrali projelerinin işletmeden çıkarılarak sökülmesi aşamasında meydana gelen çevresel etkileri ve bu etki azaltıcı önlemleri içermektedir.

#### IX.3.1. Toprak ve Jeoloji

##### Oluşması Muhtemel Etkiler

- NGS tesislerinin yıkımı sırasında kontamine olmuş toprak ve molozların sahadaki toprak kalitesini bozması ve sahanın yerleşim, tarım ve hayvancılık için kullanım dışı kalması,
- NGS tesislerinin yıkımı sırasında toprak profilinde değişiklikler, stratigrafik yapının bozulması, şev duraysızlığı, heyelan, erozyon ve toprak kayması,
- NGS tesislerinin yıkımı sırasında hidro-karbonların (yağlar, yağlayıcılar, yakıtlar, boyalar, solventler) toprağa yayılması ve toprağa sızması,
- NGS tesislerinin yıkımı sırasında hava kirleticileriyle kontamine olmuş tozların toprakta birikmesi,
- NGS tesislerinin yıkımı sırasında kirleticiler (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve ağır metaller) yağış çökeltme (kar ve yağmur nedeniyle) toprakta birikmesi,
- NGS tesislerinin yıkımı sırasında kirleticiler toprağa yayılması,
- NGS tesislerinin yıkımı sırasında aşırı çıkan TENORM atıklarının ve kontamine molozların kontrolsüz depolanmasından kaynaklanan sızıntı suyunun toprağa nüfuz etmesi.

##### Alınması Gereken Önlemler

Yukarıda açıklanan etkilerden bazıları aşağıdakilerle sınırlandırılabilir/önlenebilir:

- Yıkım ve söküm işlemlerinin çevresel etkileri olmayacak şekilde bir program dahilinde ve kapalı sistemlerle yürütülmesi,
- Katı, sıvı ve gaz içeren sistemlerin radyasyon kontrolü altında yapılması ve kaçak önleyici kontrol deposu, filtre sistemi vb. önlemler kullanılması,
- Heyelan veya toprak erozyonuna yol açabilecek işlemlerin sınırlandırılması veya koruyucu önlemlerin alınması,
- Düşük kirleticilerle sahip uygun nakliye ve inşaat ekipmanlarının kullanılması,
- Radyoaktif tozlanmanın olabileceği işlemlerden kaçınılması ve alternatif yöntem seçimi,
- TENORM ve kontamine moloz atıklarının dış atmosfere kapalı olarak geçici depolanması,
- Gözlem noktalarından ve gözlem kuyularından kontaminasyonun düzenli olarak izlenmesi ve acil durumlarda soğurucu bariyer ve enjeksiyonlarla yayılımın önlenmesi,
- NGS tesislerinin yıkımı sırasında açığa çıkan her tür radyoaktif atık için Radyoaktif Atık Yönetimi



prensiplerinin uygulanması.

### IX.3.2. Gürültü ve titreşim

#### Oluşması Muhtemel Etkiler

- NGS tesisleri altyapılarının sökümü sırasında yıkım ve kazı işlemlerinde kullanılan makinelerden gelen gürültü,
- NGS tesisleri altyapılarının sökümü sırasında araç trafiğinden kaynaklı gürültü,
- NGS tesisleri altyapılarının sökümü sırasında kullanılan makinelerden gelen titreşim.

#### Alınması Gereken Önlemler

- NGS tesislerinin yıkımı ve sökümü sırasında gürültü ve titreşim azaltıcı gürültü yalıtımı sağlayan ses bariyerleri kullanılması,
- Trafiği kontrol altına alacak süre, hız ve tonaj sınırlarının uygulanması,
- Gürültü ve titreşim kirliliğini tespit ederek gerektiğinde kısa sürede düzeltici önlemleri alabilmek için düzenli ölçüm yapılması.

### IX.3.3. Hava Kirliliği

#### Oluşması Muhtemel Etkiler

- Nükleer reaktör, radyoaktif atık işleme tesisi, depolar vb. radyoaktif veya kirlenmiş durumdaki yapı ve sistemlerin sökümü sırasında kaçak radyoaktif toz emisyonu,
- Nükleer reaktör, radyoaktif atık işleme tesisi, depolar vb. radyoaktif veya kirlenmiş durumdaki yapı ve sistemlerin sökümü sırasında açığa çıkan radyoaktif gazlar,
- Nükleer reaktör ve radyoaktif atık işleme tesisleri başta olmak üzere radyoaktif olan veya kirlenmiş durumdaki yapı, sistem ve cihazların sökümü sırasındaki havadaki radyasyon,
- NGS yapı, sistem ve cihazların sökümü sırasında kullanılan makinelerin neden olduğu kirlenici emisyonları (NO<sub>x</sub>, asılı partiküller, PM<sub>10</sub> ve benzeri),
- Radyoaktif olmayan yapı, sistem ve cihazların sökümü sırasında kaçak toz emisyonu.

#### Alınması Gereken Önlemler

- Düşük kirlenici motorlara sahip uygun nakliye ve inşaat ekipmanlarının kullanılması,
- Radyoaktif gaz ve toz çıkabilecek sistemlerin radyasyon kontrolü altında yapılması ve kaçak önleyici filtre veya toz tutucu sistemlerin kullanılması,
- Radyoaktif tozlanmanın olabileceği işlemlerden kaçınılması ve alternatif yöntem seçimi,
- Gözlem noktalarından havadaki kontaminasyonun düzenli olarak izlenmesi ve acil durumlarda soğurucu bariyer ve enjeksiyonlarla toz ve gaz yayılımının önlenmesi,
- NGS tesislerinin yıkımı sırasında açığa çıkan gaz ve toz atık tutucu sistemler için Radyoaktif Atık Yönetimi prensiplerinin uygulanması.

#### **IX.3.4. Halk sağlığı etkileri de dahil genel sosyoekonomik etkiler**

##### Oluşması Muhtemel Etkiler

- NGS tesislerinin yıkımı ve sökümü sırasında kontamine hava, yer ve su kaynaklı iç ve dış radyasyon etkileri sonucu oluşan biyolojik hasarlar,
- NGS tesislerinin yıkımı ve sökümü sırasında yeraltı veya yerüstü sularının radyoaktif kirlenmesi sonucu beslenme zinciri yoluyla oluşan radyotoksizite,
- Toprakta radyoaktif kirlilik oluşumu nedeniyle beslenme zinciri yoluyla oluşan radyotoksizite,
- NGS tesislerinin yıkımı ve sökümü sırasında radyoaktif maddelerle temas yoluyla radyasyona maruz kalınması,
- NGS tesislerinin yıkımı ve sökümü sırasında hava, su ve toprakta oluşabilecek radyoaktif kirlilik nedeniyle oluşan sosyal etkilerin göçlere neden olması,
- NGS tesislerinin yıkımı ve sökümü sırasında hava, su ve toprakta oluşabilecek radyoaktif kirlilik nedeniyle oluşan ekonomik etkilerin bölgedeki tarım ve hayvancılık faaliyetlerini durdurması.

##### Alınması Gereken Önlemler

- NGS tesislerinin yıkımı sırasında radyoaktif gaz ve sıvıların bulunduğu sistemlerin öncelikle kapalı devre olarak sökülmesi,
- NGS tesislerinin yıkımı ve sökümü sırasında hava, su ve toprakta radyasyon düzeyinin düzenli olarak izlenmesi,
- NGS tesislerinin yıkımı ve sökümü sırasında çevreye verilmeden önce her tür gaz, sıvı ve katı atıklarda radyasyon kontrolü yapılması,
- NGS tesislerinin yıkımı ve sökümü sırasında radyasyondan kaynaklı sağlık risklerini azaltmak için mesafe, zırhlama ve süre parametrelerinin etkin kullanımı,
- NGS tesislerinin yıkımı ve sökümü sırasında bölgede yetişen ürünlerde düzenli olarak radyoaktivite ölçümü yapılması,
- NGS tesislerinin yıkımı ve sökümü sırasında izleme ve kontrol sonuçlarına göre önlemlerin gözden geçirilmesi ve gerekli hallerde yeni önlemlerin alınması.

#### **IX.3.5. Yüzey ve Yeraltı Suyuna Etkiler**

##### Oluşması Muhtemel Etkiler

- Nükleer reaktör, radyoaktif atık işleme tesisi vb. radyoaktif veya kirlenmiş durumdaki yapı ve sistemlerin sökümü sırasında kaçak radyoaktif sıvıların yerüstü veya yeraltı suyuna karışması,
- Nükleer reaktör, radyoaktif atık işleme tesisi vb. radyoaktif veya kirlenmiş durumdaki yapı ve sistemlerin sökümü sırasında meydana gelen yağışlar (yağmur, kar, dolu vb.) ile radyoaktif yikanma sonucunda radyoaktif kirlenmelerin yerüstü veya yeraltı suyuna karışması,
- Nükleer reaktör, radyoaktif atık işleme tesisi, depolar vb. radyoaktif veya kirlenmiş durumdaki yapı ve sistemlerin sökümü sırasında kaçak radyoaktif toz emisyonunun çökmesi sonucunda radyoaktif kirlenmelerin yerüstü veya yeraltı suyuna karışması,
- Yıkım ve söküm işlemlerinden çıkan radyoaktif olmayan tehlikeli sıvı (yağ, hidrolik sıvı, korozif

vb.) atıkların yerüstü veya yeraltı suyuna karışması.

#### Alınması Gereken Önlemler

- Radyoaktif Atık Yönetiminin ulusal ve uluslararası düzenlemelere uygun olarak yürütülmesi,
- Radyoaktif Atık Yönetimi kalite kontrol sisteminin oluşturularak uygulanması,
- Radyoaktif Atık Yönetim Prensiplerinin uygulanması,
- Radyoaktif Atık Paketlerinin bertaraf tesisi kabul kriterlerine uygun olarak hazırlanması.

#### **IX.3.6. Bitkiler ve hayvanlar, eko sistemler, peyzaj ve korunan alanlar üzerine etkiler**

##### Oluşması Muhtemel Etkiler

- Nükleer reaktör, radyoaktif atık işleme tesisi vb. radyoaktif veya kirlenmiş durumdaki yapı ve sistemlerin sökümü sırasında kaçak radyoaktif sıvıların yerüstü veya yeraltı suyuna karışması,
- Nükleer reaktör, radyoaktif atık işleme tesisi vb. radyoaktif veya kirlenmiş durumdaki yapı ve sistemlerin sökümü sırasında meydana gelen yağışlar (yağmur, kar, dolu vb.) ile radyoaktif yıkanma sonucunda radyoaktif kirleticilerin yerüstü veya yeraltı suyuna karışması,
- Nükleer reaktör, radyoaktif atık işleme tesisi, depolar vb. radyoaktif veya kirlenmiş durumdaki yapı ve sistemlerin sökümü sırasında kaçak radyoaktif toz emisyonunun çökmesi sonucunda radyoaktif kirleticilerin yerüstü veya yeraltı suyuna karışması,
- Yıkım ve söküm işlemlerinden çıkan radyoaktif olmayan tehlikeli sıvı (yağ, hidrolik sıvı, korozif vb.) atıkların yerüstü veya yeraltı suyuna karışması.

#### Alınması Gereken Önlemler

- Radyoaktif Atık Yönetiminin ulusal ve uluslararası düzenlemelere uygun olarak yürütülmesi,
- Radyoaktif Atık Yönetimi kalite kontrol sisteminin oluşturularak uygulanması,
- Radyoaktif Atık Yönetim Prensiplerinin uygulanması,
- Radyoaktif Atık Paketlerinin bertaraf tesisi kabul kriterlerine uygun olarak hazırlanması,

#### **IX.3.7. Atıklar**

- Nükleer reaktör, radyoaktif atık işleme tesisi vb. radyoaktif veya kirlenmiş durumdaki yapı ve sistemlerin sökümünden ortaya çıkan büyük hacimli TENORM atıklar,
- Nükleer reaktör, radyoaktif atık işleme tesisi, depolar vb. radyoaktif veya kirlenmiş durumdaki yapı ve sistemlerin sökümü sırasında açığa çıkan katı atıklar,
- Nükleer reaktör, radyoaktif atık işleme tesisi, depolar vb. radyoaktif veya kirlenmiş durumdaki yapı ve sistemlerin sökümü sırasında açığa çıkan radyoaktif sıvılar,
- Nükleer reaktör, radyoaktif atık işleme tesisi, depolar vb. radyoaktif veya kirlenmiş durumdaki yapı ve sistemlerin sökümü sırasında açığa çıkan radyoaktif gazlar,

- Yıkım ve söküm işlemlerinden çıkan tehlikeli atıklar (yağ, hidrolik sıvı, korozif malzemeler vb.)
- NGS sahasındaki yıkım, söküm ve toprak işlemlerinden çıkan tehlikeli olmayan atıklar,
- NGS sahasındaki yıkım ve söküm şantiye tesislerinden çıkan atık su.

#### Oluşması Muhtemel Etkiler

- Nükleer reaktör, radyoaktif atık işleme tesisi vb. radyoaktif veya kirlenmiş durumdaki yapı ve sistemlerin sökümü sırasında kaçak radyoaktif sıvıların yerüstü veya yeraltı suyuna karışması,
- Nükleer reaktör, radyoaktif atık işleme tesisi vb. radyoaktif veya kirlenmiş durumdaki yapı ve sistemlerin sökümü sırasında meydana gelen yağışlar (yağmur, kar, dolu vb.) ile radyoaktif yikanma sonucunda radyoaktif kirleticilerin yerüstü veya yeraltı suyuna karışması,
- Nükleer reaktör, radyoaktif atık işleme tesisi, depolar vb. radyoaktif veya kirlenmiş durumdaki yapı ve sistemlerin sökümü sırasında kaçak radyoaktif toz emisyonunun çökmesi sonucunda radyoaktif kirleticilerin yerüstü veya yeraltı suyuna karışması,
- Yıkım ve söküm işlemlerinden çıkan radyoaktif olmayan tehlikeli sıvı (yağ, hidrolik sıvı, korozif vb.) atıkların yerüstü veya yeraltı suyuna karışması.

#### Alınması Gereken Önlemler

- Radyoaktif Atık Yönetiminin ulusal ve uluslararası düzenlemelere uygun olarak yürütülmesi,
- Radyoaktif Atık Yönetimi kalite kontrol sisteminin oluşturularak uygulanması,
- Radyoaktif Atık Yönetim Prensiplerinin uygulanması,
- Radyoaktif Atık Paketlerinin bertaraf tesisi kabul kriterlerine uygun olarak hazırlanması,

### **IX.4. İlgili Etki Hesaplama Yöntemleri**

#### **IX.4.1. Radyoaktivitenin Çevreye Yayılması Hesapları**

NGS kaynaklı radyoaktif maddelerin çevreye yayılması için taşıyıcı bir mekanizmanın bulunması gerekir. Bu iki taşıyıcı mekanizmanın birlikte veya tek olarak varlığı durumunda radyoizotop çevreye yayılır. Bunlar; atmosfer hareketleri ve yüzey/yeraltı sularıdır. Bu nedenle, radyoaktif maddelerin çevre yayılması tahminleri hava veya su ile taşınma mekanizmaları esas alınarak yapılmaktadır. Taşıyıcı ortama bağlı olarak geliştirilen yaklaşımlarda aşağıdaki modeller kullanılmaktadır;

Atmosferik Dağılım Modelleri (Gauss Dağılım Modeli ve Pasquill Hava Sınıflandırması)

Yüzey ve Yeraltı Sularıyla Dağılım Modelleri (Darcy modelleri, Fick ve Gibbs yaklaşımları )

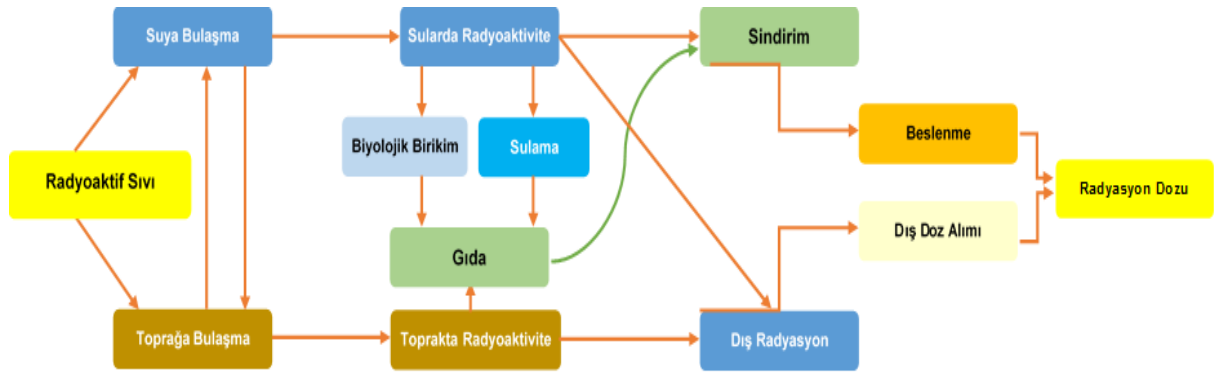
#### **IX.4.2. Radyoaktif Kirleticinin Yüzey ve Yeraltı Sularıyla Çevreye Yayılması**

Yüzey suları ile radyoaktif kirleticilerin dağılım modelleri dört kategoride değerlendirilmektedir. Bunlar; Nehirler, Göller, Haliçler ve Deniz kıyılarıdır. Hesaplamalarda yüzey sularının tanımlanması önemlidir çünkü pratikte birisi diğerine geçer ve bazen ara yüzün tanımlanmasında da belirsizlikler yaşanabilir. Bir nehrin temel özelliği tek yönlü aksenal akışın olmasıdır, basit bir şekilde açık uçlu bir boru gibi modellenir. Nehirler, göllere ve haliçlere akar; nehrin göl ile birleştiği yerde, re sirkülasyona neden olan bir su

kütlesinin varlığı değerlendirilmelidir. Bir gölün temel özelliği ise tank benzeri bir konfigürasyona sahip olmasıdır. Göllerin nehir giriş ve çıkışında ise gölde bir tabakalanma oluşumu beklenmelidir. Haliçlerin ise daha önemli bir özelliği gelgit etkisidir. Haliçle nehir arasındaki sınır ise akışın en yüksek noktası olarak tanımlanır. Tanımlanması en zor ara yüzey ise nehir ve deniz arasındadır. Genellikle belirli fiziksel özelliklerden ziyade coğrafi özelliklere göre değişir. Deniz tuzluluk oranının yüksek olduğu ve gelgit kuvvetlerinin güçlü olduğu yerlerin esas alınmasıyla bu ara yüzey tanımlanabilir. Kavramsal olarak, sulu ortamlara radyoaktif atık salıverilmelerinden kaynaklanan radyasyona maruziyeti tahmin etmek amacıyla su ortamında modelleme iki bölüm halinde gerçekleştirilir.

Birincisi, radyoaktivitenin su ortamında taşınmasıdır. Radyonüklidlerin suda seyrelerek dağıldığı ve dolayısıyla fiziksel ve biyolojik ortamlara su fazında radyoaktivitenin taşınması ile ilgilidir. Bu tür modellerde son ürün suyun değişen yeni konsantrasyonudur ve sedimanlardaki konsantrasyonu içermez.

İkincisi ise, bu yeni konsantrasyona sahip olan sudaki radyoizotopların çeşitli yollarla insana geçişini içermektedir. Bu modelde; su, tortu ve biyota olarak üç ana unsurun her birindeki konsantrasyonlar yine her birisi ile ilişkili yollarla radyasyona maruz kalma açısından önemlidir.



Şekil 4. Radyoaktif sıvı deşarjının doza dönüşüm yolları

Suya karışan radyoizotoplar, doymuş bölgeye ulaşmadan önce doymamış bölge boyunca sularla birlikte hareket ederler. Bununla birlikte, radyoaktif kirliliğin özelliklerine bağlı olarak doğrudan doymuş bölgeye geçiş de mümkündür. Doymamış bölgede, akış yeraltı su tablasına ulaşmaya kadar ağırlıklı olarak aşağı doğru hareket halindedir. Basit bir yaklaşım, doymamış bölge boyunca su akışının taşıma süresini tahmin etmek için kullanılır. Doymamış bölgede taşınan su hızı  $Vv(m/yıl)$ , ortalama sızma hızı  $I(m/yıl)$ 'nin doygunluk katsayısına ( $\theta$ ) oranlayarak tahmin edilebilir:

$$Vv = I/\theta$$

Ortalama su sızma hızı  $I$  ( $m/yıl$ ); kütle koruma yasasına dayanan su denge denklemi olup yağış hızı  $Pr(m/yıl)$ , sulama hızı,  $Ir$  ( $m/yıl$ ), su akışı ( $Cr$ ) ve buharla taşınım ( $Ce$ ) katsayılarına bağlı olarak aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$I = (1 - Ce) \cdot [(1 - Cr) \cdot Pr + Ir]$$

Doymuş koşullar altında ise; Darcy yasası, gözenekli bir zemin içerisindeki suyun hacimsel akışını tanımlamak için kullanılabilir. Radyonüklit taşınma hız tahminleri, su sızma hızına dayanır ve su ile akan kirlenmeler için kirlenmenin yayılma hızı, su hızıyla (dikey ve yatay) aynıdır. Yeraltı su sızıntı hızı ( $V_{pw}$ ), Darcy hızını  $V$ (m/yıl), zeminin etkin gözenekliliğine ( $\epsilon$ ) oranlayarak hesaplanabilir.

$$V_{pw} = V/\epsilon$$

Bir radyoizotopun çevreye yayılması durumundaki konsantrasyonu hem radyoizotopun hem de yayılmakta olduğu bölgenin özelliklerine bağlıdır. Radyoizotopların su veya su ile zeminde yayılması dağılım katsayısı ( $K_d$ ) ile tanımlanır. Bu noktadan hareketle etkilenen sahanın jeolojik yapısına göre değişen hidrolik iletkenlik ve porozite, yeraltı suyu seviyeleri ve bunlara bağlı olarak hesaplanan yeraltı suyu tablası eğimleri gibi verilerin de hesaba alınması gerekir. Suda çözünmüş haldeki radyonüklidlerin yayılma hızları, topraktaki soğurma nedeniyle akiferin akış hızından daha düşük veya eşit olacaktır. Geciktirme faktörü,  $R$ , radyonüklidlerin taşınması için geçen zamanı tahmin etmek için kullanılır. Geciktirme faktöründe yapılabilecek iyileştirmeler, radyoizotopların aktivitelerinde düşüşe neden olacağından ve bunun sonucunda da özellikle çevresel etkilerin azaltılması ve hatta önlenmesi sağlanabileceğinden önemlidir.

$$R = 1 + \left(\frac{\rho}{\epsilon}\right) \cdot K_d$$

Burada;  $\rho$ (g/cm<sup>3</sup>) yoğunluk,  $\epsilon$ zemin gözenekliliği ve  $K_d$  (cm<sup>3</sup>/g)dağılım katsayısıdır.

Doymun gözenekli ortamlardaki herhangi bir kirlenici parçacığın taşınım hızını, başka bir deyişle yeraltı suyu sızma hızını, hesaplayabilmek için Darcy yasasından yararlanmak mümkündür:

$$v = -\frac{K}{n} \cdot \frac{dh}{dl}$$

Bu eşitlikte  $v$  yeraltı suyu sızma hızını (parçacık taşınım hızı),  $K$  akiferin hidrolik iletkenliğini,  $n$  akiferin etkin porozitesini ve  $(dh/dl)$  belirli bir yöndeki hidrolik yük gradyanını temsil etmektedir. Denklemdaki son terim bu çalışma için aynı zamanda yeraltı suyu tablasının eğimidir.

Diğer taraftan, Darcy yasası bu hali ile herhangi bir kirlenimin dağılımını veya bunlardaki kimyasal veya biyokimyasal bozunma sürecini hesaba dahil etmemiştir. Oysa kimyasal ve biyolojik kirlenmelerin ortamdaki dağılım mekanizmalarının yanı sıra biyokimyasal bozunma süreci de etkili olacaktır. NGS santralinden kaynaklanan radyoizotoplar için ise; ortamdaki yayılmanın yanı sıra radyoizotopun türüne göre bozunuma uğrayarak radyoaktivitelerindeki değişim etkili olmaktadır.

Bu nedenle, sulardaki radyonüklidlerin taşınma ve dağılım tahminleri; difüzyon, dispersiyon ve adveksiyon eşitliklerinin üç boyutta temsil edildiği taşıma modelleri esas alınarak çeşitli bilgisayar kodları (CLRP, CROM, DOSAMED, DOSIS LIQUIDAS, SRS, IMPACT, PC-CREAM, ASSESSOR, POSEIDON, SYMBIOSE vb. kodlar) ile yapılmaktadır.

#### IX.4.3. Radyoaktif Kirleniminin Atmosferde Çevreye Yayılması



Şekil 5. Radyoaktif gaz emisyonunun doza dönüşüm yolları.

Radyoaktif kirleticilerin atmosfer ile havadaki dağılımlarının tahmin edilmesinde Gauss yaklaşımı yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yaklaşım atmosfere salıverilen bir radyoaktif maddenin rüzgârla dağılım konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla kullanılır. Sabit yükseklikteki bir kaynaktan düzenli olarak radyoizotop salıverildiğinde rüzgârın yönü ve hızının kararlı olduğu koşullarda bir noktadaki radyoaktivite değeri aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir;

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z \cdot u} \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \cdot \left\{ \exp\left[-\frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\}$$

Burada;

- $C$  :  $x, y, z$  koordinatındaki radyoaktivite değeri ( $Bq/m^3$ )
- $Q$  : Emisyon debisi ( $Bq/s$ )
- $u$  : Ortalama rüzgâr hızı ( $m/s$ )
- $h$  : Serbest bırakma yüksekliği ( $m$ )
- $\sigma_y \sigma_z$  : Difüzyon parametreleri

Radyoaktif bir emisyonun belirli bir yerdeki yıllık ortalama konsantrasyonlarını elde etmek için, yıl boyunca salıverme noktasından itibaren sektörlerden elde edilen meteorolojik verilerin kullanılması gerekir. Herhangi bir atmosferik dağılım kategorisi için bir dizi farklı rüzgâr hızı etkili olabileceğinden, rüzgârları kategorilere ayırarak hesaplamak ve sonrasında bu değerlerin birleştirilmesiyle yapılacak olan tahmin daha gerçekçi olacaktır.

Atmosfere salıverilen bir radyoaktivite, kat ettiği yol boyunca yağışlarla veya atmosfer hareketleriyle karışılacağından yeryüzüne kuru veya yağ döküntüler bırakabilir. Bunun yanı sıra özellikle radyoaktif bozunum nedeniyle geçen süreye bağlı olarak radyoaktivite değerlerinde azalmalar oluşabilir. Bu süreçleri hesaba katmak için başlangıçtaki radyoaktif emisyon hız değeri ( $Q$ ), katsayılar kullanılarak uyumlu hale getirilmiştir. Birkaç km ye kadar olan kısa mesafelerde kuru ve yağ döküntüler nedeniyle aktivite düzeltmeleri genellikle oldukça küçüktür ve ihmal edilebilir. Ancak, yağ ve kuru çökeltme süreçlerinin doğrudan çevre kirliliğine neden olacağı ve beslenme zinciri yoluyla canlılara ulaşabileceği değerlendirilmelidir. Radyonüklit konsantrasyonu bozunum nedeniyle zamana bağlı olarak düşecektir. Bu değişimi mevcut eşitliklerde uygulayabilmek için kaynak kuvveti yerine modifiye edilmiş olan kaynak kuvveti ( $Q_f$ ) nin eşitliklerde kullanılması gerekir.

$$f_i = \exp(-\lambda_i \cdot x/u)$$



Burada;  $u$  ortalama rüzgâr hızı (m/s),  $x$  mesafe (m) ve  $\Delta i$  radyonüklidin radyoaktif bozunum sabitidir.

Bitki örtüsündeki kirliliğini hesaplarken, çöken malzemenin bitki örtüsü tarafından yakalanan kısmını dahil edebilmek için bir yıkama düzeltme  $R_w$  faktörü kullanılır. Genel olarak bu faktör kuru birikim için de kullanılan  $R_f$  faktörü ile aynı değer olup 0.5 olarak alınır.

Radyoaktif kirlilik oluşturan tozlar kuru halde çökelerek de azalabilir. Bu çökmenin hızı, havada asılı malzemenin yapısına ve alttaki yüzeyin doğasına bağlıdır. Kuru haldeki çökme hızı  $V_g$  terimi ile tanımlanmıştır. Çökme hızı ( $V_g$ ), birim zamanda zemin yüzeyinde biriken radyoaktif madde miktarının zemindeki hava konsantrasyonuna oranı olarak tanımlanır. Radyoaktif malzeme zemin yüzeyine çöktükten sonra, rüzgâr veya insan faaliyetlerinden kaynaklanan fiziksel müdahalelerle yeniden havada asılı hale gelebilir. Yeniden süspansiyon hale gelen radyoaktif kirlilik solunarak, beslenme zinciri yoluyla kolaylıkla doza maruz bırakabilecek bir etkilenme yolu oluşturabilir. Yüzeydeki radyoaktivite ile yeniden havada süspansiyon olarak asılı duran kirlilik arasındaki ilişki;  $R_e$  süspansiyon Faktörü olarak tanımlanmıştır. Gauss modelini kullanırken,  $\sigma_y$  ve  $\sigma_z$  dağılım parametrelerinin belirlenmesi gerekir. Literatürde rüzgârın mesafesi ve atmosferik kararlılığın bir fonksiyonu olarak deneysel olarak belirlenmiş  $\sigma_y$  ve  $\sigma_z$  grafikleri bulunmaktadır.

Araştırma sahasına özgün  $\sigma_y$  ve  $\sigma_z$  ölçümleri genellikle mevcut olmadığından standart Pasquill-Gifford eğrileri bu amaçla kullanılabilir.

#### IX.4.4. Radyasyon

Ulusal politikalar ve yatırım programları göz önünde bulundurularak projenin ulusal, bölgesel ve yerel ekonomi ile sosyal kalkınmaya katkıları açıklanmalıdır. Aşağıda belirtilen olumsuz etkilerin nasıl azaltılacağı veya giderileceği açıklanmalıdır.

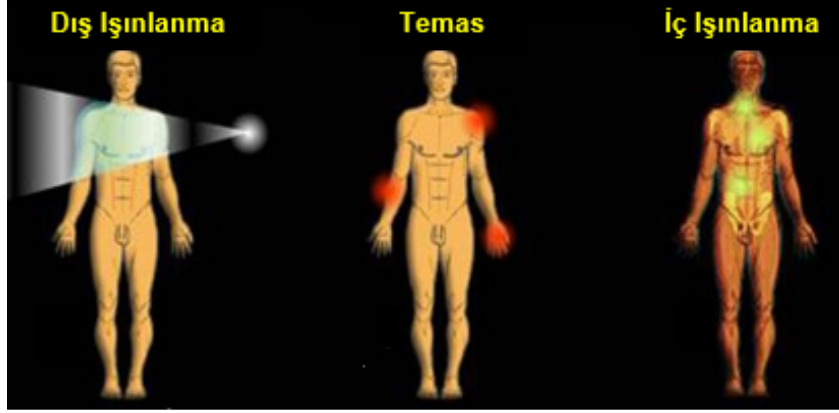
Radyasyon enerjisinin canlı hücre tarafından soğurulması biyolojik hasara yol açar. Bu soğurma sonucu canlıların hücrelerinde, DNA zincirlerinde kırılmalar vb. bir takım biyolojik hasarlar meydana gelir. Radyasyon canlılarda üç yolla etkilidir. İç ışınlanma, dış ışınlanma ve doğrudan temas yoluyla.

İç ışınlanma, radyoaktif bir maddenin solunum veya sindirim yoluyla canlıların bünyesine girişiyle başlar ve radyoaktif maddenin bünyeden tamamen atılmasıyla da sona erer. Bu süre boyunca canlıda hasar oluşturduğu gibi bu süre içerisinde bu canlıyı tüketen diğer canlılar da beslenme zinciri boyunca benzer radyasyon etkilerine maruz kalırlar.

Dış ışınlanma ise, canlıların kendisi dışındaki bir radyoaktif kaynaktan gelen iyonizan ışınlarla maruz kalması ile oluşur. Işınlanmaya maruz kalınan süre boyunca hasar oluşumu artarak devam eder. Işınlanma sona erdikten sonra canlı hücreler ışınlanma nedeniyle hasar görmüştür ancak canlıların kendisi radyoaktif olmadığından bir başka canlı tarafından tüketilmesi veya teması herhangi bir etki oluşturmaz. Diğer bir ifadeyle dolaylı bir ışınlanmaya neden olmaz. Doğrudan temas ışınlanması, radyoaktif bir maddenin cilde temas etmesiyle meydana gelir ve temas ışınlanması etkisiyle ciltte zamanla derinleşerek artacak olan ani hasarlar oluşabilir.

Bunun yanı sıra temas eden radyoaktif maddenin özelliklerine bağlı olarak deride temizleninceye kadar

etkili olabilecek bir radyoaktif kirlilik meydana gelebilir. Bu tür radyoaktif kirliliğin benzer şekilde temas ile diğer madde ve canlılara bulaşma riski vardır.



Şekil 6. Radyasyona maruz kalma şekilleri.

Radyasyonun canlılara olan etkileri radyasyon türüne göre değişir. Beta ve gama radyasyon hasarları birbirine eşit iken alfa radyasyonun oluşturduğu hasar çok daha fazladır. Dolayısıyla, farklı radyasyon hasarlarının tek bir birimle ifade edebilmek için eşdeğer doz birimi geliştirilmiştir.

Canlı hücrede radyasyonun oluşturduğu biyolojik hasarın miktarı, radyasyonun türüne (alfa, beta, gama, nötron) bağlı olarak "Eşdeğer Doz" olarak tanımlanır. Eşdeğer Doz; canlı tarafından soğurulan doz (Gray) ile radyasyonun kalite faktörünün çarpımına eşittir. Birimi Sievert (Sv) dir.

Eşdeğer doz (Sv);

$$H = D \cdot Q$$

*D*: Soğurulan doz (Gray): 1 kg suya 1 joule enerji veren radyasyon miktarıdır (Gray=Joule/kg).

*Q*: Radyasyon türüne (alfa, beta, gamma) bağlı kalite faktörü,

Örneğin, 1 Gy (1J/kg) alfa soğurulan dozu, 1 Gy gama soğurulan dozdan 20 kat daha tehlikelidir. Böylece, gama radyasyonla absorbe edilen doz (1 J/kg) 1 Sv eşdeğer doza neden olurken, alfa soğurulan doz (1 J/kg) 20 Sv eşdeğer doza karşılık gelmektedir. Eşdeğer Doz, farklı radyasyon türlerinin oluşturacağı biyolojik etkileri tek bir terimle ifade etmek için kullanılır.

Diğer taraftan vücudun farklı dokuları radyasyona farklı duyarlılıktadır ve bir radyasyonun herhangi bir organa etkisi "Etkin Doz" terimi ile değerlendirilir. Etkin doz (Sv);

$$E = D \cdot Q \cdot T$$

*D*: Soğurulan doz (Gray): 1 kg suya 1 joule enerji veren radyasyon miktarıdır (Gray=Joule/kg).

*Q*: Radyasyon türüne (alfa, beta, gamma) bağlı kalite faktörü,

*T*: Doku faktörü (Her dokunun radyasyona duyarlılığı farklıdır).

Maruz kalındığında herhangi bir etki yaratması beklenmeyen eşdeğer doz sınırları radyasyon çalışanları ve halk için etkin doz sınırları olarak belirlenmiştir (ICRP).

Tablo 1. Yıllık Etkin Doz Sınırları (ICRP)

		Radyasyon Çalışanları	Halk
Etkin Doz Sınırı	Ardışık 5 yılın ortalaması	20 mSv	1 mSv
	Herhangi bir yılda	50 mSv	5 mSv

Atmosferde asılı halde bulunan radyoaktif tozların solunması veya radyoaktif olarak kirlenmiş su ve gıdaların tüketilmesi sonucunda canlılar iç ışınlanma yoluyla radyasyona maruz kalırlar. Sindirim veya solunum yoluyla yıllık radyasyon alım sınırları, ICRP tarafından ALI sınırları olarak belirlenmiştir (Tablo2).

Bu değerlerin altındaki radyoaktiviteye sahip maddelerin solunum veya sindirim yoluyla vücuda alınmasında herhangi bir hasar oluşması beklenmez. Bu değerlerin üzerinde alınan radyoizotopların oluşturacağı hasar ise aşağıdaki parametreler ile doğrudan etkilidir.

- Vücuda alınma şekli (yutma, soluma, açık yaradan vb.)
- Vücuttaki kimyasal formu, çözünürlüğü ve canlının metabolizması,
- Partikül boyutu, akciğerde kalış süresi,
- Radyasyon türü, enerjisi ve yarılanma süresi

Etkin doz, bir yıl boyunca değişik yollardan maruz kalınan iç ve dış radyasyon dozlarının tamamının hesaplanması sonucunda belirlenir. Temas ışınlanması, temas eden radyoaktif maddenin özelliklerine göre iç ve dış dozlara dahil edilir. Belirlenen toplam değer, Tablo1 de verilen etkin doz sınır değerinin altında kaldığı sürece canlılarda hasar meydana gelmez.

$$Etkin\ Doz = D_{dış} + D_{iç}$$

$$Etkin\ Doz = D_{dış} + (D_{hava} + D_{su} + D_{toprak} + D_{gıda})$$

Burada,

*D<sub>hava</sub>* : Soluma yoluyla havadan gelen radyasyon

*D<sub>su</sub>* : İçilen su ile sudan gelen radyasyon

*D<sub>toprak</sub>* : Toprağın sindirim sistemine alınmasından gelen radyasyon

*D<sub>gıda</sub>* : Beslenme ile vücuda giren radyasyon

İç ışınlanma dozları (*D<sub>hava</sub>* + *D<sub>su</sub>* + *D<sub>toprak</sub>* + *D<sub>gıda</sub>*); ışınlanmanın türüne bağlı olarak radyoizotop konsantrasyonu, solunum veya sindirim hız ve oranları, ışınlama faktörü, vücut ağırlığı ve dönüştürme faktörleri vb. parametreler kullanılarak bir dizi detay hesaplamalar sonucunda belirlenir.

Tablo 2. Bazı nükleer reaksiyon ürünlerinin yıllık vücuda radyoaktif madde alım sınırları (ICRP-61).

Radyoizotop	Yıllık Alım Sınırları ALI (Bq)
<sup>3</sup> H	1 x 10 <sup>9</sup>
<sup>14</sup> C	4 x 10 <sup>7</sup>
<sup>18</sup> F	4x10 <sup>8</sup>

<sup>22</sup> Na	7x10 <sup>8</sup>
<sup>24</sup> Na	5x10 <sup>7</sup>
<sup>32</sup> P	5x10 <sup>8</sup>
<sup>33</sup> P	3x10 <sup>7</sup>
<sup>35</sup> S	3x10 <sup>7</sup>
<sup>36</sup> Cl	3x10 <sup>6</sup>
<sup>45</sup> Ca	1x10 <sup>7</sup>
<sup>51</sup> Cr	2x10 <sup>8</sup>
<sup>55</sup> Fe	3x10 <sup>7</sup>
<sup>59</sup> Fe	5x10 <sup>6</sup>
<sup>60</sup> Co	4x10 <sup>5</sup>
<sup>63</sup> Ni	1x10 <sup>7</sup>
<sup>65</sup> Zn	4x10 <sup>6</sup>
<sup>75</sup> Se	9x10 <sup>6</sup>
<sup>90</sup> Sr	6x10 <sup>4</sup>
<sup>99m</sup> Tc	1x10 <sup>9</sup>
<sup>125</sup> I	1x10 <sup>6</sup>
<sup>131</sup> I	8x10 <sup>5</sup>
<sup>134</sup> Cs	1x10 <sup>6</sup>
<sup>137</sup> Cs	1x10 <sup>6</sup>
<sup>210</sup> Pb	1x10 <sup>4</sup>
<sup>226</sup> Ra	9x10 <sup>3</sup>
<sup>232</sup> Th	9x10 <sup>1</sup>
<sup>238</sup> U	6x10 <sup>2</sup>
<sup>239</sup> Pu	3x10 <sup>2</sup>
<sup>241</sup> Am	3x10 <sup>2</sup>

#### IX.4.4.1. Radyoaktif Zehirlilik

Radyoaktif zehirliliğe yol açan kirlilik etki kaynaklarının başlıcaları;

- NGS yakıtlarının reaksiyonu sonrasında içerisindeki aktinidler,
- NGS enerji üretimi sırasında açığa çıkan uzun yarılanma süreli fisyon ürünleri,
- NGS yakıtlarının reaksiyonu sonrasındaki fisyon ürünü lantanitler,

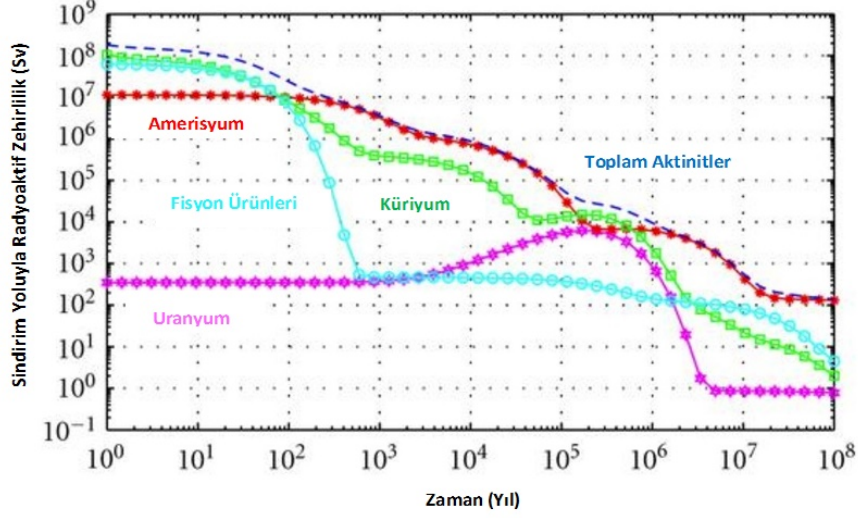
Radyoaktif zehirlilik, her bir radyonüklit için solunum veya sindirim yoluyla vücuda alınmasına bağlı olarak değişen doz faktörü  $Fd$  (Sv/Bq) ile aktivitesinin  $A$  (Bq) çarpılmasıyla hesaplanabilir;

$$R (Sv) = Fd (Sv/Bq) \cdot A (Bq)$$

Zehirliliğe yol açan her bir radyonüklitin solunum veya sindirim yoluyla vücuda alınmasına bağlı olarak belirlenen doz faktörleri çizelgeler halinde literatürde bulunmaktadır.

Radyoaktif zehirlilik radyoizotopların yarılanma sürelerine bağlı olarak azalır. Ancak radyoaktif zehirliliğe

yol açan radyonüklitlerin uzun yarılanma süreli radyonüklitlerden kaynaklanması nedeniyle oldukça uzun süre zehirlilik etkileri devam etmektedir. Sindirim yoluyla oluşan radyoaktif zehirliliğin zaman bağılı olarak değişimleri başlıca radyonüklitler için Şekil 7'de verilmektedir.



Şekil 7. Radyoaktif zehirliliğin zamanla azalması.

#### IX.4.4.2. Genel Sosyoekonomik Etkiler

Dünya Sağlık Örgütü yaşam kalitesini, "hedefleri, beklentileri, standartları, ilgileri ile bağlantılı olarak, kişilerin yaşadıkları kültür ve değer yargılarının bütünü içinde durumlarını algılama biçimi" olarak tanımlamaktadır. Yaşam kalitesi, kişinin içinde yaşadığı ortamın genelinde kendi sağlığını öznel olarak algılayış biçimiyle tanımlanmaktadır. Bu nedenle, radyasyon riskinin varlığının dahi insan ve sosyal yaşamı üzerinde önemli olumsuzluklara yol açması kaçınılmazdır. Bu etkiler psikolojik etkilerle başlayıp riskli olarak algılanan bölgedeki arazilerin değer kaybetmesi, bu alanlarda yetişen ürünlerin satılamaması ve sonunda yerel halkın göç etmesine kadar uzanabilmektedir. Radyasyonun, insan sağlığı ve çevre üzerindeki muhtemel olumsuz etkilerinin azaltılmasına yönelik bilimsel önlemlerin alınması ve bunların yeterli olduğunun anlatılması, kritik gruplar başta olmak üzere toplumun geneli üzerinde olumsuz algıları giderebilmektedir.

Kontrolsüz radyoaktif gaz emisyonları veya radyoaktif sıvı deşarjlarının yol açabileceği radyoaktif kirlenme sadece sağlık üzerinde zarar vermemekle kalmayıp ekonomik olarak da büyük zararlara yol açabilmektedir. Özellikle hayvancılık ve tarım alanlarında ortaya çıkabilecek bir radyoaktif kirlilik, kirliliğin gerçekleştirilebileceği etkilerden çok daha fazlasını ekonomi üzerinde yapmaktadır. Öncelikle üretici, ürünlerini iç pazarda satamamakta ve belirlenen radyoaktivite sınırlarının üzerinde olması durumunda da yurt dışına gönderememektedir. Yurtdışında herhangi bir üründe radyasyon tespit edilmesi durumundaki ise sonuçlar ülke ekonomisi açısından çok daha ağır olabilmektedir. Ürünlerin iadesi yapılması bir yana bu ürünlerin tekrar uluslararası pazara çıkması da uzun süre mümkün olmamaktadır.

Örneğin Çernobil nükleer kazası sonrasında, Avrupa Birliği, AB dışındaki ülkelerden gelen ve AB içerisinde ticareti yapılan gıda maddeleri için radyoaktif kirlenme sınırları uygulamaktadır. Bebek maması ve süt ürünleri için 370 Bq/kg, diğer gıda ürünleri için ise 600 Bq/ kg sınırı bulunmaktadır. Bu sınır

değerleri ülkemiz için de geçerli olup yurtdışına gönderilmeden önce ölçümü yapılarak ürünün bu sınır değerlerinin altında olduğuna dair radyasyon sertifikası alma zorunluluğu bulunmaktadır. Fukushima nükleer kazası sonrasında ise; Avrupa Birliği, izin verilen sınırlarını Japonya'dan gelen gıdalarda bebek maması ve süt ürünleri için 50 Bq/kg, diğer gıdalar için ise 100 Bq/kg düzeyine düşürmüştür.

Bu nedenle, NGS çevresel etkilerinin değerlendirilmesi sırasında tüm olması muhtemel etkilerin değerlendirilerek etki azaltıcı önlemlerin yeterli güvenlik faktörleri ile belirlenmesi önemlidir.

#### IX.5. Hammadde ve Kaynak Kullanımı

Proje, çevresel etki oluşturabilecek tüm bileşenleri ile birlikte tanımlanmalıdır. Proje uygulama çizelgesi ve kaynak ihtiyaçları ile birlikte projenin her aşamasında gerçekleştirilecek proje faaliyetlerinin de tanımlanması gerekmektedir.

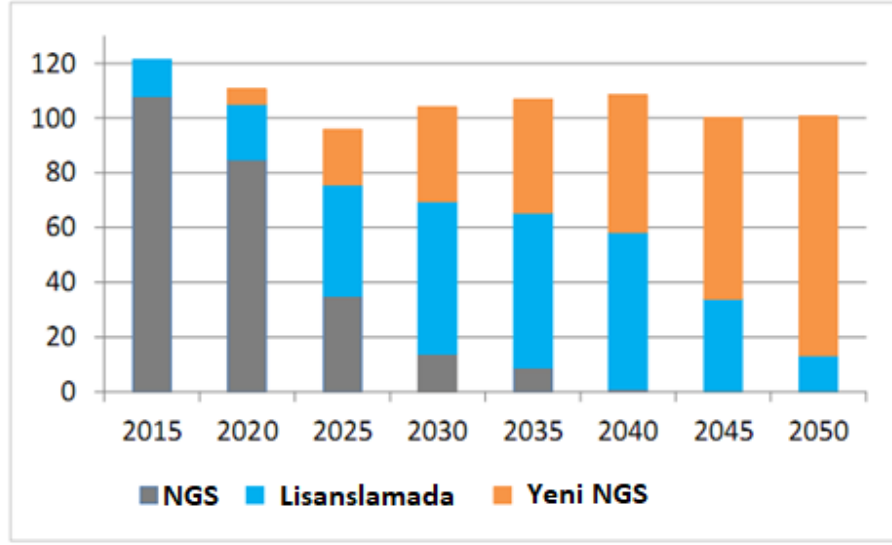
NGS projelerinde özellikle işletme aşamasında önemli miktarda soğutma suyu ihtiyacı bulunmaktadır. Su kaynağı ve miktarının belirtilmesi gereklidir. Bununla birlikte personel, enerji, bakım-onarım, denetim vb. ihtiyaçların da kaynaklar arasında belirtilmesi gereklidir.

## X. İYİ ÖRNEKLERİ İÇEREN ULUSLARARASI TECRÜBELER VE YENİLİKÇİ TEKNOLOJİLER

Avrupa Birliğindeki 14 üye devlette toplam 120 GWe kapasitede ve ortalama yaşı 30 yıl olan 129 adet nükleer güç reaktörü bulunmaktadır. Finlandiya, Fransa ve Slovakya'da yapım aşamasında dört reaktör bulunurken 10 üye devlette yeni NGS projeleri planlanmaktadır. Diğer bazı üye devletlerdeki (Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Litvanya, Polonya ve Romanya) NGS projeleri hazırlık aşamasında olup Finlandiya, Macaristan ve İngiltere'deki NGS lisans aşamasındadır.

Yeni nesil nükleer reaktörlerde, nükleer atıkların ömrünün yüzbin yıllık zaman ölçeklerinden yüzlerce yıla indirilebilme olanakları vardır. Bu gelişimin gerçekleştirilmesi için dördüncü nesil reaktör araştırmaları devam etmektedir. Hızlı nükleer reaktörlerde, öngörülen hedeflere ulaşmak için birçok alanda - malzeme biliminden güvenliğe kadar- ciddi bir araştırma ve geliştirme çabaları sürmektedir. AB, Uluslararası Termonükleer Deneysel Reaktör (ITER) programı füzyon alanında yenilikçi teknolojiler üzerinde yoğunlaşmıştır. ITER projesi, 2050 yılından sonra füzyonun nükleer enerjideki rolünü belirleme açısından önemli bir adımdır. ITER uluslararası projesi elektrik üretiminde füzyona odaklanmış olup proje sonunda DEMO isimli ticari bir füzyon reaktörünü devreye almayı hedeflemektedir.

Avrupa Birliği ülkelerinde 2050 yılına kadar olan nükleer kapasite yatırımlarının EPR, AP 1000, VVER 1200, ACR 1000 ve ABWR gibi gelişmiş nükleer reaktörlere yapılması beklenmektedir.



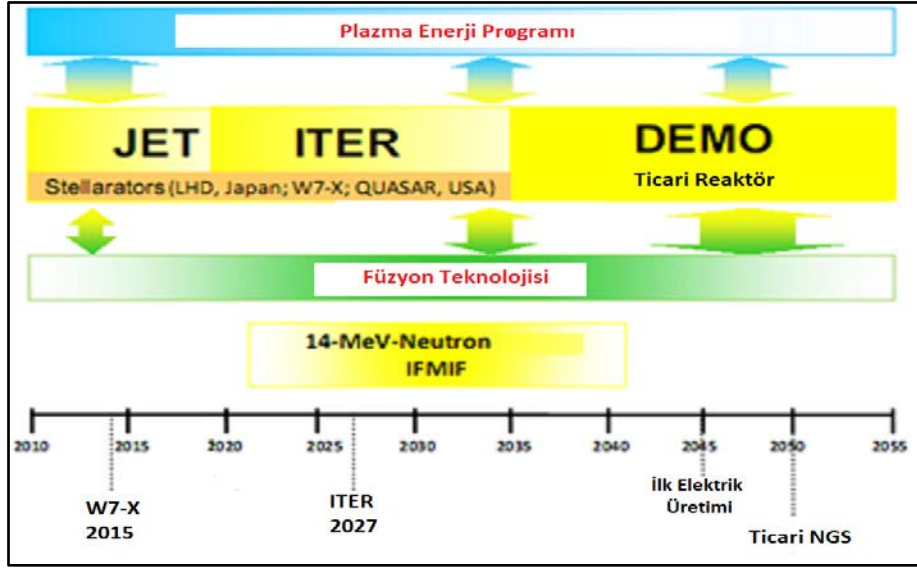
Şekil 8. AB toplam Nükleer Kapasitesi (GWe)

2010 yılında Avrupa Komisyonu, çok daha yüksek enerji kazanım potansiyeli ve az miktarda radyoaktif atık çıkışı sunan dördüncü nesil reaktörler için Yenilikçi Nükleer Reaktörler ve Yakıt Çevrimi Projesini (INPRO) başlatmıştır. Bununla birlikte, düşük karbonlu enerji teknolojileri kapsamında üç adet IV. Nesil hızlı reaktör projesini destekleyecek olan Avrupa Sürdürülebilir Nükleer Endüstri İnisyatifi'ni (ESNII) devreye almıştır. ESNII, Fransa tarafından önerilen Astrid Sodyum Soğutmalı Hızlı Reaktör (SFR), Orta ve Doğu Avrupa tarafından desteklenen Allegro Gaz Soğutmalı Hızlı Reaktör (GFR) ve Belçika tarafından desteklenen MYRRHA Kurşun Soğutmalı Hızlı Reaktör (LFR) teknolojileri üzerinde çalışmaktadır.

Belçika, İtalya, İsveç ve Romanya gibi ülkeler LFR üzerinde araştırma geliştirme çabalarına odaklanırken, Macaristan, Çek Cumhuriyeti, Slovakya ve Fransa'da ise GFR araştırma ve geliştirme için yatırımlar yapılmaktadır. Allegro GFR reaktörünün 2025 yılından itibaren faaliyete başlaması beklenmektedir. Belçika'da SCKCEN tarafından önerilen MYRRHA (Yüksek Teknoloji Uygulamaları için Çok Amaçlı Hibrid Araştırma Reaktörü) projesi, LFR teknolojisi için Deneysel Bir Teknolojik Pilot Tesisi (ETPP) olarak değerlendirilmektedir. Bu tesisin daha sonra, çok amaçlı bir araştırma reaktörü için hızlı nötron teknolojisi pilot tesisi haline gelmesi ön görülmektedir. MYRRHA Guinevere modeli Mart 2010'da Mol'da faaliyete başlamıştır. 2023 yılında faaliyete geçmesi planlanan SCK-CEN reaktörünün inşaatına da 2014 yılında başlanmıştır.

Avrupa füzyon araştırması, Avrupa'daki birçok ülkenin katıldığı EURATOM'un organizasyonunda sürdürülmektedir. EUROfusion, Avrupa Fusion Enerjisi Geliştirme Komisyonu, EURATOM adına Avrupa füzyon araştırma faaliyetlerini yönetmektedir. EUROfüzyonun üyeleri 29 füzyon laboratuvarıdır.





Şekil 9. Füzyon Teknolojisi Gelişimi

Füzyon reaktörleri konusundaki başarılı çalışmaların başlıcaları tokamaklar gibi toroidal olanlar ve stellaratörler gibi sarmal sistemlerdir. Sürüklenme kayıplarından kaçınmak, toroidal ve poloidal alanları sabitlemek için manyetik alan kullanılmaktadır. Bu alanda Almanya'nın en iddialı reaktörü Wendelstein 7-X reaktörü tamamen optimize edilerek 2015 yılında faaliyete geçirilmiştir.

## XI. İZLEME

Bu bölümde çevresel etkilere yol açacak olan kirliliklerin izlenebilmesi için denetim yerleri belirlenmeli edilmeli ve izleme programları sunulmalıdır. Hava, su ve topraktaki radyasyon düzeylerini izleyen ve sınır düzeyi üzerinde çıktığında alarm ile bildiren hava, su ve toprak radyasyon ölçerleri kullanılmalıdır. Alarm durumunda kirlenmeye yol açabilecek olan sistemleri otomatik olarak beklemeye ya da alternatif kontrol tanklarına yönlendirecek olan sistemler bulunmalıdır. Santralin normal çalışması dışında olası nükleer kazalar için acil durum eylem planı ile çevre yönetim planı geliştirilmelidir. Projenin tüm aşamalarında izlenmesi önerilen genel parametreler şunlardır;

- Personelin maruz kaldığı radyoaktivite miktarı (dozimetre (radyasyon ölçer) kullanılarak ölçülür),
- Radyoaktivite kaçaklarını önleyecek fiziksel bariyerler,
- Güvenliği sağlayacak işlemler,
- Güvenlik ve proses ekipmanları dışındaki diğer ekipmanların incelenmesi ve kontrolü,
- Radyoaktif yakıtların taşınması ve depolanması,
- Radyoaktif atıkların arıtılması, taşınması ve depolanması,
- Personelin güvenlik bilgisi ve eğitimi,
- Toprağın kimyasal karakteristikleri,
- Proje alanındaki su kalitesi ve su erişimi,
- Enerji ve su tüketimi,
- Havalandırma, yedek güç ünitelerinin deneme amacıyla çalıştırılması ve taşıma işlemlerinden

kaynaklanan hava kirliliği (NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub> ve çözücüler),

- Yağ ve kimyasallar gibi maddeler,
- Suyun sıcaklığı ve fiziksel ve kimyasal bileşimi,
- Alıcı sulardaki balık popülasyonunun, diğer hayvanların ve alglerin büyüklüğü, bileşimi ve sağlığı,
- Su, bitki ve hayvan örneklerinde ölçülen radyonüklit konsantrasyonları.

Yukarıda sayılan parametreleri denetleyebilecek bir izleme programında aşağıda bilgiler yer almalıdır:

- İzlenecek parametre
- İzlenecek parametrenin yeri
- Parametrenin nasıl izleneceği/ izleme ekipman tipi
- Parametrenin ne zaman izleneceği- izleme sıklığı ve toplam izleme süresi
- Parametrenin izlenme nedeni
- İzleme metodolojisi
- İzleme maliyeti
- İzlemeden kimin sorumlu olduğu yer almalıdır.

İzleme çalışmalarının sıklığı ve izlenecek parametreler projenin karakteristiğine ve konumuna bağlı olacaktır. Projeye özgü belirlenen İzleme Programı doğrultusunda bir kontrol listesi hazırlanmalıdır. Benzer biçimde, ÇED çalışmalarından elde edilecek bulgular doğrultusunda çevresel etkilerin bir matris üzerinde kontrol edilebilmesini sağlamak üzere projeye özgün bir Etki İzleme çizelgesi hazırlanmalıdır. NGS projesi için hazırlanacak olan İzleme ve Etki Çizelgeleri sürecin sağlıklı olarak yürütülmesine yardımcı olacaktır.

Tablo 3. Örnek İzleme Programı.

ÇED Raporunu Hazırlayan Kurum/Kuruluş Adı:	
Yeterlik Belge No:	
ÇED Olumlu Karar Tarihi:	
Proje Adı:	
Proje Adresi:	
Proje Sahibi:	
Proje Sahibi Tel/ Faks:	
Proje sahibinin Adresi:	
Proje Sahibinin Yetkilendirdiği Kurum/Kuruluş Adı:	
Yeterlik Belge No:	
İzleme Raporu Sunum Periyodu:	<input type="checkbox"/> 3 ayda bir <input type="checkbox"/> 6 ayda bir <input type="checkbox"/> Yılda bir <input type="checkbox"/> Diğer.....
İnşaat başlangıç tarihi:	
İnşaata Başlanmamış ise nedeni:	
Yatırımın işletmeye geçiş tarihi:	

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Alanında Kapasitesinin Güçlendirilmesi İçin Teknik Yardım Projesi

İzleme-Kontrol Tarihleri: (açıklama 1)		
Koordinat (2)	TAAHHÜT EDİLEN	MEVCUT DURUM
Tesise ait koordinatlar (saat yönünde ve sıralı)	X:	X:
Tesise ait koordinatlar (saat yönünde sıralı)	Y:	Y:

	TAAHHÜT EDİLEN	MEVCUT DURUM
Çalışan Personel Sayısı		
Radyasyon Korunması nasıl sağlanacak ?		
Radyoaktif gazlar nasıl bertaraf ediliyor? Gaz ölçüm, depolama ve temizleme sistemleri ve Koordinatları		
Radyoaktif sıvılar nasıl bertaraf ediliyor? Sıvı atık işleme, bertaraf tesisleri ve Koordinatları		
Radyoaktif katı atıklar nasıl bertaraf ediliyor? Radyoaktif Atık İşleme Tesisi ve Koordinatları		
Reaktör soğutma suyu deşarjı nasıl yapılıyor? Su Sıcaklığı, Kalitesi, Deşarj noktaları		
Kullanılmış yakıt geçici depolama tesisleri ve koordinatları?		
Reaktör soğutma suyu nereden temin ediliyor (m <sup>3</sup> /gün)		
Taze yakıt geçici depolama tesisleri ve koordinatları?		
Hafriyat atıkları nasıl bertaraf ediliyor? Bertaraf Alanları ve Koordinatları		
Bitkisel toprağın geçici depolanması ve koordinatları, koruma tedbirleri, Bitkisel toprak nerede kullanılacak?		
NGS tesislerinde kullanılacak su miktarı (m <sup>3</sup> /gün) ve nereden temin ediliyor? Kullanım yerleri?		
Evsel atık su miktarı ve bertaraf yöntemi		
Evsel katı atık miktarı ve bertaraf yöntemi		

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Alanında Kapasitesinin Güçlendirilmesi İçin Teknik Yardım Projesi

Ömrünü yitirmiş, kullanılmış lastiklerin geçici depolanması ve bertaraf yöntemi		
Alanda oluşan tozuma nasıl gideriliyor? Toz ölçüm sistemleri?		
Projenin malzeme ihtiyacı nereden karşılanıyor? Kum-Çakıl, geçirimsiz kil-toprak ve kaya ocağı var mı? Varsa alınan önlemler		
Hazır Beton Tesisleri ve Kıırma-Eleme Tesisi var mı? Emisyon izin belgesi var mı?		
	TAAHHÜT EDİLEN	MEVCUT DURUM
Doğal ortamlarda(dere yatakları, sulak alanlar v.s) çalışma esnasında alınacak önlemler nelerdir?		
Radyoaktif atık kaynakları nelerdir, depolama ve bertaraf yöntemi		
Atık yağ kaynakları nelerdir, depolama ve bertaraf yöntemi		
Tehlikeli atık kaynakları nelerdir, depolama ve bertaraf yöntemi		
Kullanılan iş makineleri ve diğer donanımdan kaynaklanan gürültüyü önleyici tedbirler		
Tesiste revir var mı, var ise oluşan tıbbi atıkların geçici depolanması ve bertaraf yöntemi		
Orman, tarım, mera alanları kullanılacaksa alanların genişliği ve izinleri		
İşletmeden kaynaklı atık sular için arıtma tesisi inşaatı tamamlandı mı?		
Tesisin işletmesi aşamasında radyoaktif ve diğer emisyon kaynaklarında alınacak tedbirler alındı mı?		
NGS işletmesi aşamasında oluşacak radyoaktif atıklar için geçici depolama yapıldı mı?		
Tesisin işletmesi aşamasında oluşacak atık yağlar ve tehlikeli atıklar için geçici depolama yapıldı mı?		
Şantiyenin sökümü ve sonrasında yapılacak rehabilitasyon çalışmaları		
NGS sökümü sırasında radyasyon		

korunması nasıl sağlanacak		
NGS sökümü sırasında gaz, sıvı ve katı radyoaktif atıklar nasıl yönetilecek		
NGS sökümü sırasında TENORM atıkların ve diğer radyoaktif atık paketleri nasıl bertaraf edilecek		

## XII. İLETİŞİM BİLGİLERİ

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı  
Çevresel Etki Değerlendirmesi İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü

Mustafa Kemal Mahallesi Eskişehir Devlet Yolu (Dumlupınar Bulvarı) 9.km No:278  
Çankaya/ANKARA  
Telefon : (0-312) 410 10 00  
Faks : (0-312) 419 21 92

## XIII. UYGULAMADA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLAR

Radyasyon, radyotoksizite, çevreye radyoizotop yayılması, hava, su ve toprağın radyoaktif kontaminasyonu başlıca çevresel etkilerdir. Radyoaktif sistemlerin atmosfere kapalı olarak çalıştırılması esastır. NGS sahasından ve güvenlik zonundan düzenli olarak hava, su ve toprakta radyasyon ölçümleri ve erken uyarı sistemlerinin bulunması önemlidir. NGS soğutma suyu sıcaklığının küresel ısınma üzerindeki etkilerinin hesaba katılarak reaktör deşarj sularında sıcaklık ve su kalite iyileştirmeleri yapılması gereklidir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Alanında Kapasitesinin Güçlendirilmesi İçin Teknik Yardım Projesi

NGS Proje Faaliyetleri ve Etki Bileşenleri	Fiziksel Çevre								Biyolojik Çevre					Sosyo-Ekonomik Çevre							
	Arazi kullanım olanakları	Yerüstü ve yeraltı su yapısı	Erozyon ve heyelan	İklim	Hava Kalitesi	Su kaynakları ve kalitesi	Deniz kıyı yapısı	Topoğrafya	Stratigrafik yapı	Bitki Örtüsü	Endemik Flora Türleri	Fauna	Özel Koruma Alanları	Fauna	Sucul Yaşam	Nüfus Yoğunluğu	Tarım, hayvancılık	Eğitim	Peyzaj	Kültür Varlıkları	Yerel ve Ulusal Ekonomi
<b>İNŞAAT AŞAMASI</b>																					
Toprak Yapısının Bozulması																					
Katı atık oluşumu																					
Su kirliliği oluşumu																					
NGS proje alanı boyutları																					
Hava emisyonları																					
Gürültü																					
Toprak kirliliği																					
Görsel Etkiler																					
Arazi Kaybı																					
<b>İŞLETME AŞAMASI</b>																					
Radyoaktif gaz emisyonları																					
Radyoaktif sıvı deşarjları																					
Radyoaktif katı ve toz atıklar																					
Sıcak su deşarjları																					
Radyasyon																					
Radyoaktif zehirlilik																					
Toprak kirliliği																					
<b>KAPANIŞ AŞAMASI</b>																					
Su kirliliği																					
Radyoaktif gaz emisyonları																					
Radyoaktif sıvı deşarjları																					
Radyoaktif tozlar																					
TENORM atıklar																					
Radyasyon																					
Radyoaktif zehirlilik																					
Gürültü																					
Arazi Kaybı																					

Şekil 10. NGS Örnek Etki Bileşenleri Çizelgesi

## KAYNAKLAR

- Dinis M.L. Fiúza A. (2005) Simulation of Liberation and Transport of Radium from Uranium Tailings, in: Uranium in the Environment - Mining Impact and Consequences, pp. 609-618. Broder J. Merkel; Andrea Hasche-Berger (Eds), 897 pp. Springer publishers - ISBN 10 3-540-28363-3; ISBN 13 978-3-540-28368-8.
- EPA (1996) Documenting Ground-Water Modeling at Sites Contaminated with Radioactive Substances, U. S. Environmental Protection Agency, EPA 540-R-96-003, PB96-963302
- IAEA (1996) Radiation Protection and the Safety of Radiation Sources (Safety Fundamentals), Safety Series No. 120, IAEA, Vienna.
- IAEA (1996) International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, IAEA, Vienna.
- IAEA (1993) The Safety of Nuclear Installations (Safety Fundamentals), Safety Series No. 110, IAEA, Vienna.
- IAEA (1995) The Principles of Radioactive Waste Management (Safety Fundamentals), Safety Series No. 111-F, IAEA, Vienna.
- IAEA (1997) Low Doses of Ionizing Radiation: Biological Effects and Regulatory Control: Invited Papers and Discussions (Proceedings of a conference, Seville, Spain, 17-21 November 1997),
- IAEA (2000) Proceedings Series, IAEA, Vienna (1998). Legal and Governmental Infrastructure for Nuclear, Radiation, Radioactive Waste and Transport Safety (Safety Requirements), Safety Series No. GS-R-1, Vienna.
- IAEA (2002) Preparedness and Response for a Nuclear Radiological Emergency (Safety Requirements), Safety Series No. GS-R-2, Vienna.
- EU (2000) Commission of European Communities, Towards a European Strategy for the Security of Energy Supply, Green Paper, Brussels, Belgium.
- EU (1999) Commission of European Communities, Nuclear Safety and The Environment. p.72. ISBN 92-828-5815-4 Luxemburg.
- ICRP (1991) Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. The International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60, Ann. ICRP 21 (1-3), Pergamon Press, Oxford and New York.
- IPCC (2000) Special Report on Emissions Scenarios, Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group III, Cambridge University Press, Cambridge UK.
- Osmanlıoğlu, A.E. (2014) Radyoaktif Atık Yönetimi. Nobel Akademik Yayıncılık, p.202, ISBN 978-605-133-890-3 1. Ankara.
- USNRC (2007) Radioactive Effluents from Nuclear Power Plants, Annual Report 2007. Washington, DC: USNRC, Office of Nuclear Reactor Regulation.
- UNSCEAR (2000) Report on Sources and Effects of Ionizing Radiation to the General Assembly (2 Volumes), United Nations, Vienna.
- UNSCEAR (2001) Report on Hereditary Effects of Radiation to the General Assembly, United Nations, Vienna.