

İŞÇİ SAĞLIĞINDA FİZİKSEL RİSK FAKTÖRLERİ

PROF DR ŞEYDA ÇOLAK
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FİZİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
HİSAM YÖNETİM KURULU ÜYESİ
16.06.2022



**İSTANBUL
TABİP ODASI**

İŞÇİ SAĞLIĞI
İŞYERİ HEKİMLİĞİ
KOMİSYONU

İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) Açısından Fiziksel Risk Faktörleri

İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) açısından fiziksel risk faktörleri; işin yapılışı sırasında fiziki çevre şartları nedeniyle çalışanların karşılaştıkları sağlık sorunları ve mesleki tehlikelerin ortadan kaldırılması ve/veya azaltılması, işçilerin *bedensel*, *ruhsal* ve *mental* olarak korunmasına dair alınması gereken hukuki, teknik ve tıbbi önlemleri sağlamaya yönelik çalışmaları kapsar.

ILO “International Labour Organization (Uluslararası Çalışma Örgütü)” ve **WHO** “World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)”nın de katkılarıyla, tüm dünyada ve ülkemizde fiziksel risk faktörleri nedeniyle oluşan olumsuz çalışma ve sağlık koşullarının düzeltilmesi amacıyla yasal düzenlemeler ve bilimsel çalışmalarla geliştirilmiş kapsamlı iş güvenliği mevzuatı oluşturulmuştur.

FİZİKSEL RİSK ETMENLERİNİN SINIFLANDIRMASI

Fiziksel risk faktörleri; ***gürültü, hava basıncındaki değişiklikler, titreşim, termal konfor, aydınlatma, radyasyon (iyonize radyasyon ve iyonize olmayan radyasyon)*** ve ***manyetik alan*** olarak sıralanabilir.

Sunumda ***ilgili fiziksel risk faktörleri, birim analizleri, sağlık riskleri ve bu risk faktörlerinin yürürlükte olan yasal önlemleri*** paylaşılacak, ayrıca yukarıda sıralanan fiziksel risk faktörlerine ek olarak güncel fiziksel etmenlerden olan ***nükleer santraller, nanoteknoloji*** ve ***lazer*** konuları için de İş Sağlığı ve Güvenliği'nin önemi üzerinde durulacaktır.

FİZİKSEL RİSK ETMENLERİNİN SINIFLANDIRMASI

1. GÜRÜLTÜ
2. HAVA BASINCI
3. TİTREŞİM
4. TERMAL KONFOR
5. AYDINLATMA
6. RADYASYON
 - 6.a. İyonize Radyasyon
 - 6.b. İyonize Olmayan Radyasyon
7. NÜKLEER SANTRALLAR
8. NANOTEKNOLOJİ
9. LAZER

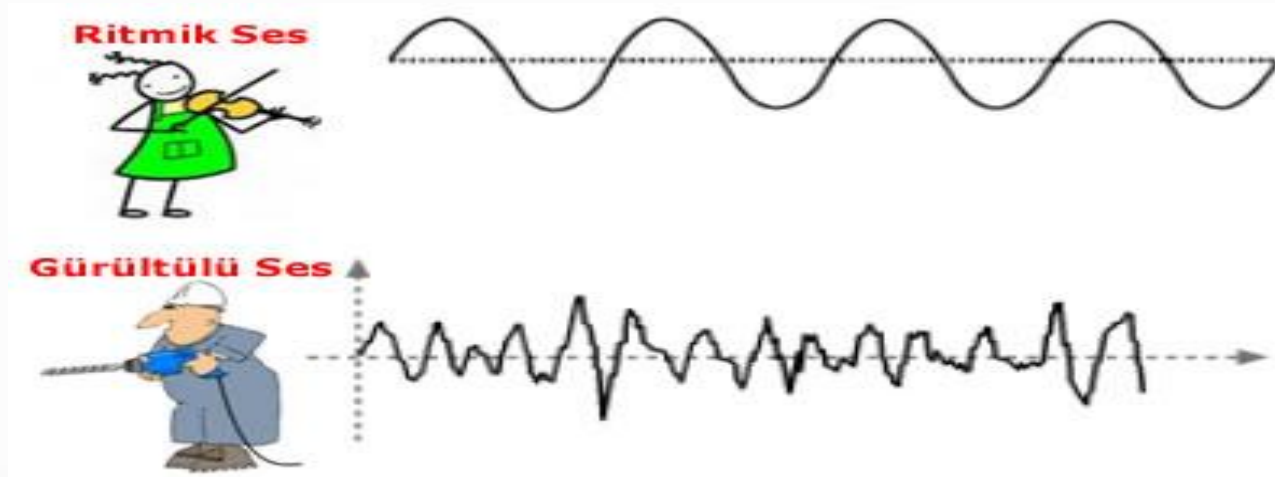
1. GÜRÜLTÜ



1. GÜRÜLTÜ

Gürültü; istenmeyen, insanların işitme sağlığını olumsuz yönde etkileyen, fizyolojik ve psikolojik zararlar verebilen ve iş veriminde azalmalara sebep olabilen **ses** olarak tanımlanır. Gürültünün etkileri, gürültüye maruz kalan kişinin, kişisel özelliklere de bağlı olarak değişir.

Gürültü, çalışma yaşamında en sık karşılaşılan fiziksel risk faktörlerindendir.



1. GÜRÜLTÜ

Gürültü, ilerleyen teknoloji ve nüfus artışı ile birlikte yaşadığımız dünyada önemli endüstriyel ve çevre sorunlarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır ve yeterli önlemler alınmadığında yaşam kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır.

Çalışma hayatında karşılaşılan gürültü, **endüstriyel gürültü** olarak isimlendirilir ve işyerlerinde **çalışanlar üzerinde olumsuz etkiler bırakan ses** olarak da tanımlanır.

Gürültü; sesin frekans dağılımına, çalışanın gürültüden etkilenme süresine, kişisel duyarlılığa, gürültüye maruz kalan kişinin yaşına ve cinsiyetine bağlıdır.

Avrupa Birliği'ne bağlı ülkeler için gürültünün neden olduğu işitme kayıplarının, en yaygın görülen **10 meslek hastalığından biri** olduğu kabul edilmektedir.

1. GÜRÜLTÜ

İşyerlerinde her türlü ses üreten cihaz ve makinelerinin çıkardıkları yüksek şiddetli sesler ***gürültü kaynakları*** olarak kabul edilir.

Endüstrideki gürültü kaynaklarından bazıları, *dövme ve perçinleme makineleri, kesici, ezici ve biçim verici makineler; pompalar, kompresörler, türbinler, vantilatörler, fırın ve motorların ateşleme gürültüleri, çevirici dişli, motor ve makinelerden gelen titreşim ve sürtünme sesleri* vb. ses kaynaklarıdır.

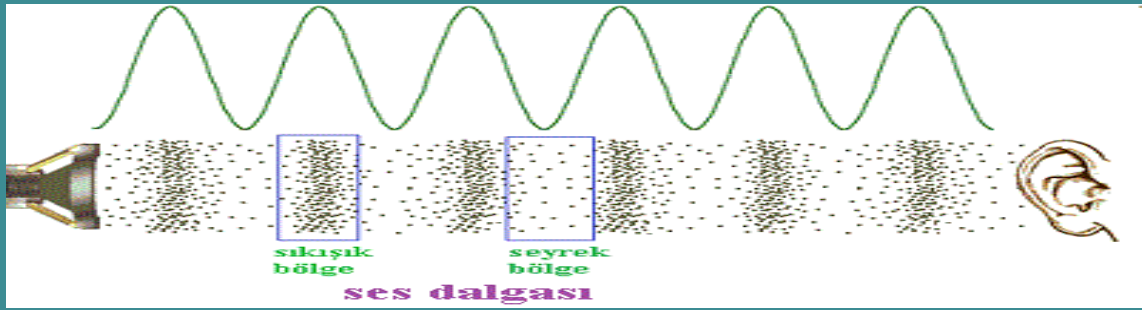
Birçok kişinin çalıştığı dar alana sahip ofisler için, insan sesi de bir gürültü kaynağı haline gelebilir.

1. GÜRÜLTÜ

İSG açısından gürültüyü açıklayabilmek için, gürültüyü oluşturan sesin bazı fiziksel özellikleri hakkında bilgi vermek uygun olacaktır.

Fiziksel tanımıyla **mekanik** ve **boyuna dalga** türlerine örnek olan **ses dalgası**; bir esnek ortamda, ortam moleküllerin sıkışıp genleşmesi sonucu madde içinde oluşan titreşim hareketine paralel yayılan dalga hareketi olarak tanımlanır.

Ses kaynağının birim alana uyguladığı kuvvet sonucu maddesel ortamda oluşan **basınç farkı** ortam moleküllerinin titreşimine neden olur ve ses kaynağından soğurulan enerji, denge konumlarını bozulan moleküllerin sıkışma - seyrekleşme dalga hareketleri ile alıcıya (algıç, kulak vb.) iletilir.



Sesin dalga boyu; tam bir ses dalgasının aldığı yol veya ardışık iki tepe noktası arasındaki yol farkı olarak tanımlanır.

Sesin hızı; ses dalgasının birim zamanda aldığı yol olarak tanımlanır, birimi *metre/saniye*'dir. Bir dalga hareketinde dalga boyu (λ); hız (v) ile doğru, frekans (f) ile ise ters orantılı olarak değişir ($v = f \times \lambda$). Ses dalgasının hızı; sesin yayıldığı ortamın **sıcaklığına, esnekliğine ve yoğunluğuna** bağlı olarak değişir. Örneğin sesin 20°C sıcaklıkta havadaki hızı yaklaşık 344 m/s iken, sudaki hızı 1410 m/s , çelik içindeki hızı ise 5200 m/s 'dir.

Sesin genliği; ortam moleküllerinin denge konumundan maksimum uzanımı olarak tanımlanır. Genlik; alıcıya veya insan kulağına ulaşan **sesin şiddeti ile doğru orantılıdır**. Ses şiddeti **desibel (dB)** birimi ile ölçülür. Kulak 1000 Hz 'lik sesi ancak $0,00002\text{ N/cm}^2$ basıncın üstünde duymaya başlar ve kulakta ağrının olduğu en üst ses şiddeti **140 dB**'dir.

Sesin frekansı; birim zamanda ses dalgasının gerçekleştirdiği titreşim sayısı olarak tanımlanır. Sesi meydana getiren titreşimin frekansı arttıkça ses tizleşirken, sesin frekansı düştükçe ses pesleşmektedir. Ses; **subsonik sesler** ($f < 20\text{ Hz}$), **işitilebilen sesler** ($20\text{ Hz} < f < 20\text{ kHz}$) ve **ultrasonik sesler** ($f > 20\text{ kHz}$) olarak gruplandırılır. Günlük yaşamda çevremizde bulunan seslerin frekansı sıklıkla **250 – 2000 Hertz** arasındadır.

SES DALGASI

Sesin gücü; birim zamanda ses kaynağından çevreye yayılan akustik enerji olarak tanımlanır ve birimi *watt* (W) ile verilir.

Sesin yoğunluğu; ses gücünün birim alana düşen miktarı olarak tanımlanır ve birimi W/m^2 olarak verilir. İşitilebilen en düşük ses yoğunluk düzeyini tanımlayan işitme eşiği $10^{-12} W/m^2$, kulağın duyabileceği en yüksek ses yoğunluk düzeyi ise $1 - 10 W/m^2$ 'dir. Bu değerlerin üzerindeki ses yoğunluk düzeyleri kulakta ağrı hissi oluşturur.

Sesin basıncı; ses dalgalarının birim yüzeye etki ettiği kuvvet olarak tanımlanır. Basınç birimi olarak kullanılan *bar*, $1 cm^2$ 'lik yüzeye $1 dyn$ 'lik kuvvetin yaptığı basınç olarak tanımlanır. Gürültü yönetmeliğinde ise ses basıncı için *pascal* (Pa) birimi kullanılmaktadır ($1 bar = 100 kPa$). Sağlıklı bir insan kulağı; $20 \mu Pa$ (**işitme eşiği**) ile $200 Pa$ (**ağrı eşiği**) arasında bulunan geniş basınç aralığında rahatça duyar.

Gürültü ölçüm cihazı olarak, *temelde havadaki ses basıncını* ölçen **gürültü ölçerler** kullanılmaktadır. Gürültülü alanların tespiti ve var olan gürültüden ne kadar insanın etkilendiğini belirlemek amacıyla **gürültü haritaları** oluşturulur ve bu şekilde gürültünün azaltılması için alınabilecek önlemler ile uygun eylem planları oluşturulur.

SES DALGASI

İnsan kulağının ses gücünü algılayabilme sınırı yüksektir ve doğrusal olmayan, *logaritmik* bir algılama yeteneğine sahiptir. Bu nedenle gürültünün belirlenmesi işlemlerinde **ses basınç seviyesi (Sound Pressure Level – SPL)** olarak tanımlanan ve belirli bir ses kaynağının ses basınç seviyesini, başka bir referans ses kaynak basıncını dikkate alarak hesaplayan logaritmik bir ölçü kullanılır.

SPL değeri; $dB = 10 \log\left(\frac{P}{P_0}\right)$ bağıntısı ile verilir. Bağıntıda geçen P_0 , sağlıklı bir kulağın işitme eşiği olan $20 \mu Pa$ referans ses kaynak basıncını, P ise ölçülen sesin basınç değerini gösterir. Ses basınç seviyesinin birimi, telefonun mucidi A. G. Bell'e itafen *bell* olarak seçilmiş ancak kulak için duyma aralığına uyum sağlaması açısından *desibel* birimi kullanılmaya başlanmıştır.

İnsan kulağının **işitme eşiği** olarak tanımlanan duyma eşik ses değeri **0 dB**, ağrı eşiği olarak tanımlanan üst duyma sınırı ise **140 dB** değerine karşı gelir, bu değerde kulak zarı yırtılması vb. etkilerle birlikte kulakta kalıcı zararlar ortaya çıkabilir.

Gürültü düzeyinin **3 dB** artması ya da azalması, logaritmik olarak ses kaynağından çıkan ses şiddet düzeyinin iki katına çıkması ya da yarıya inmesi anlamına gelmektedir.

BAZI ORTAMLARDA GÜRÜLTÜ DÜZEYLERİ

Gürültünün zamana göre değişimleri dikkate alınarak gürültü; **sürekli, değişken** ve **anlık (darbeli)** gürültü olarak da sınıflandırılır.

Tablo 1. Bazı çalışma ortamları ile ilgili ortalama gürültü düzeyleri (7).

<u>Örnek Ortam</u>	<u>Gürültü Düzeyi (dB)</u>
Okullar	30 – 40
Kapalı Ofis Ortamları	30 – 40
Açık Ofis Ortamları	35 – 45
Laboratuvarlar	35 – 50
Kontrol İstasyonları	35 – 55
Üretime Yönelik İşyerleri, Atölyeler	65 – 70
Sağlık Sektöründeki Çalışma Ortamları	30 – 45

GÜRÜLTÜ İNDEKSLERİ

Gürültü indeksleri için kabul edilebilir ses düzeyleri de tanımlanmıştır. Buna göre;

A-Gürültü basıncı düzeyi, işitilebilen frekans sınırları (20 Hz – 20 kHz) arasındaki gürültülerin ölçüsünü,

B-Ağırlıklı gürültü düzeyi, mikrofon ve ses yükselticiler ile yapılan doğrudan gürültülerin ölçüsünü,

C-Eşdeğer sürekli gürültü düzeyi; özellikle gürültü kirliliğini belirlemek için kullanılan ölçüm periyodundaki ortalama gürültü düzeylerinin ağırlıklı ortalamasını,

D-Gündüz gece ortalama gürültü düzeyi; haftalık-aylık, gece-gündüz gürültü dağılımlarının ölçüsünü,

E-Trafik gürültü indeksi ise; temelde 24 saat süresince saptanan gürültü ölçü düzeyini verir.

Ölçüm frekans aralığı dikkate alındığında, bir kişi üzerinde gürültünün zararlı etkisinin değerlendirilmesinde **A- ağırlıklandırmalı ses maruziyeti** kullanılır.

1. GÜRÜLTÜ BİRİMİ

$dB(A)$; insan kulağının hassas olduğu orta ve yüksek frekansların özellikle vurgulandığı ses değerlendirme birimidir ve sesin yarattığı rahatsızlıklar açısından insanların gürültüye gösterdikleri tepkiyi ölçmek için yaygın kullanıma sahiptir. **A -ağırlıklı ses maruziyeti** ($EA, 8h$), bir kişinin maruz kaldığı gürültünün zararlı etkilerinin değerlendirmesinde kullanılır.

Çalışanlar üzerinde gürültünün zararlı etki değerlendirmeleri, **$TS 2607 ISO 1999$** standardında da belirtilen **8 saatlik günlük çalışma** veya **8 saatlik beş iş gününden oluşan haftalık çalışma süreleri** referans alınarak belirlenir.

Yüksek ses basınç düzeyindeki gürültüye çok kısa süreli maruz kalınması bile işitme hasarına yol açabilmektedir. Düşük düzeyli gürültüye uzun süreli maruziyet de aynı etkiyi gösterecektir.

$Desibel$ cinsinden ifade edilen maruziyet düzeyi ($LEX, 8h$), genellikle gürültü maruziyeti ($EA, 8h$) yerine kullanılır.

1. GÜRÜLTÜ

Bir çalışanın çalışma ortamında çalıştığı makinalar veya hareketli parçaların potansiyel tehlike uyarılarını veya sözlü talimatları duyma zorunluluğu olduğu halde ortam gürültüsü nedeniyle duyamaması çok tehlikeli sonuçlara, iş kazalarına sebep olabilir.

6331 sayılı Kanun ve Yönetmelik çerçevesinde işveren; çalışanların sağlığını ve güvenliğini dolaylı etkileyen her riski (gürültü, uyarı sinyali ve diğer sesler arasındaki etkileşimler vb.) değerlendirirken özellikle dikkatli olmalıdır.

Gürültü düzeyi ölçümleri, genel adı **sonometre** olarak tanımlanan **gürültü ölçme cihazları** kullanılarak değişik tekniklerle gerçekleştirilir.

Gürültü ölçümünde kullanılan cihazlar; **anlık gürültü seviyelerini ölçebilen cihazlar, işyeri ortam dozimetreleri** ve **kişisel dozimetreler** olarak sınıflandırılır.



Gürültü ölçüm cihazı
(Sound level meter)

Tablo 2. Gürültü düzeyleri ve sağlık etkileri arasındaki ilişki (7).

Gürültü Seviye Aralığı (dB)	Gürültü Kaynaklarına Örnek	Gürültünün Sağlık Üzerine Etkileri
20 – 55	Normal konuşma seviyesi, normal dış ortam gürültüsü vb.	-
60 – 65	-	Stres, Huzursuzluk
70 – 75	Yoğun Trafik Sesi, Metro Gürültüsü	Kardiyovasküler Etkiler, Uyku Bozuklukları
85	Endüstriyel İşlemler	İşitme Kaybı, Tinnitus (kulak çınlaması)
90 – 140	Gece Kulüpleri, Ambulans Sireni, Motorsiklet, Jet Motoru	İşitme Sisteminde Ani Hasarlar

Tablo 3. Ortam Gürültü Şiddeti ve Süresine Göre İşitme Kayıp Oranları

Etkilenme Süresi <i>(8 saat/gün)</i>	Gürültü Şiddeti <i>(dB(A))</i>	25 dB(A)'lık İşitme Kaybı (%)
10 yıl	85	3
30 yıl	85	8
10 yıl	100	29
30 yıl	100	44

GÜRÜLTÜDEN KORUNMA YÖNTEMLERİ

İSG kavramı **proaktif bir temele dayandığından**, işyerlerindeki genel güvenlik prensipleri çalışanları risk faktörlerinden henüz etkilenme olmadan korumak yönündedir. Bu sebeple gürültüden korunma yöntemi olarak, çalışanların aşırı gürültüye maruz kalmamaları için öncelikli olarak **teknik tedbirlerin** alınması gerekmektedir.

Bu teknik tedbirler uygulama öncelik sırasına göre; **gürültü kaynağında alınması gereken önlemler, gürültü kaynağı ile alıcı arasındaki yolda alınması gereken önlemler ve gürültüye maruz kalan kişide alınması gereken önlemler** olarak gruplandırılır.

Gürültü kaynağında alınması gereken önlemler; endüstriyel gürültü sorunu için en etkili çözüm yoludur. Bu önlem türüne; kullanılan makineleri gürültü düzeyi düşük olan başka tür makineler ile değiştirmek, yapılan işlemi daha az gürültü gerektiren işlemlerle değiştirmek, gürültü çıkaran makinelerin işleyişini yeniden düzenlemek vb. uygulama örnekleri verilebilir. Gürültüyü kaynakta önlemek, işyerinin tasarım aşamasında ele alınması daha etkili ve daha ekonomik olacağından en önemli korunma yöntemi olarak kabul edilir.

GÜRÜLTÜDEN KORUNMA YÖNTEMLERİ

Gürültü kaynağı ile alıcı arasındaki yolda alınması gereken önlemlere örnek olarak; makinelerin yerleştirildiği zeminde yeterli tedbirlerin alınması, gürültü kaynağı ile gürültüye maruz kalan kişi arasında gürültüyü önleyici engellerin kullanılması, gürültü kaynağı ile gürültüye maruz kalan kişi arasındaki uzaklığın artırması, sesin geçebileceği ve yansıyabileceği duvar, tavan ve zeminin ses emici malzemelerle kaplanması vb. işlemler sıralanabilir.

Gürültüye maruz kalan kişide alınması gereken önlemler için ise, gürültüye maruz kalan kişiyi sese karşı iyi izole edilmiş bir bölme içine almak, kişinin gürültülü ortamdaki çalışma süresini kısaltmak, çalışanların gürültülü yerlerde rotasyonla çalışılmasını sağlamak, çalışanlar tarafından gürültüye karşı etkin **Kişisel Koruyucu Donanım (KKD)** kullanılmasını sağlamak, gürültünün zararları hakkında çalışanlara eğitim vermek vb. işlemler örnek olarak verilebilir.

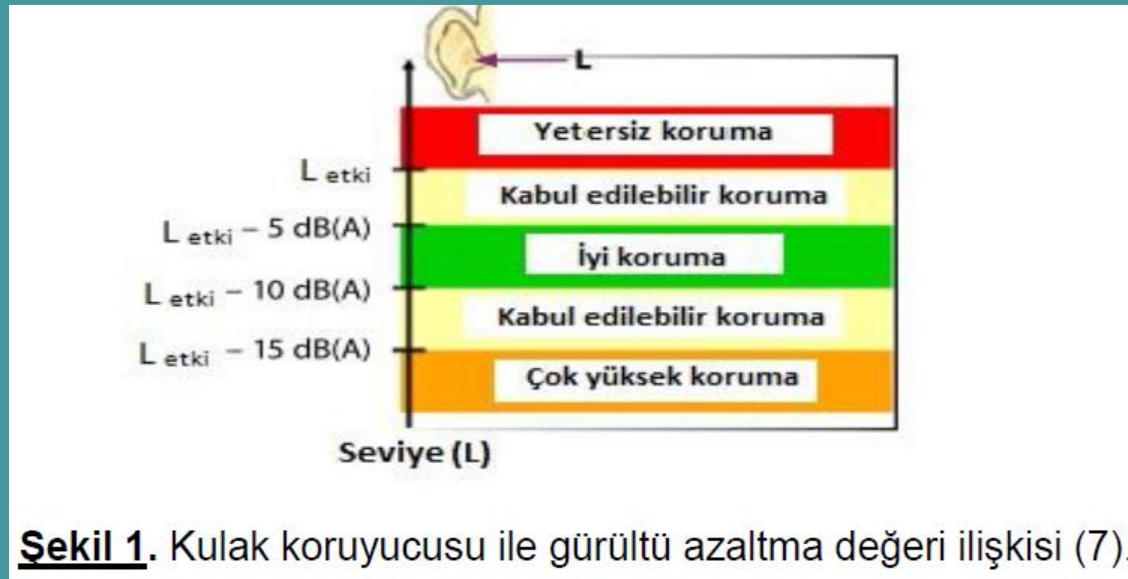
KKD kullanımı iyi düzeyde koruma sağlasa da, gürültünün kişi üzerinde sınırlandırılması daima geçici bir yöntem olarak ele alınmalıdır ve kalıcı çözüme ulaşabilmek için kısa süre içerisinde gürültüyü kaynakta azaltacak mühendislik önlemlerine öncelik verilmelidir.

KKD KULLANIMI

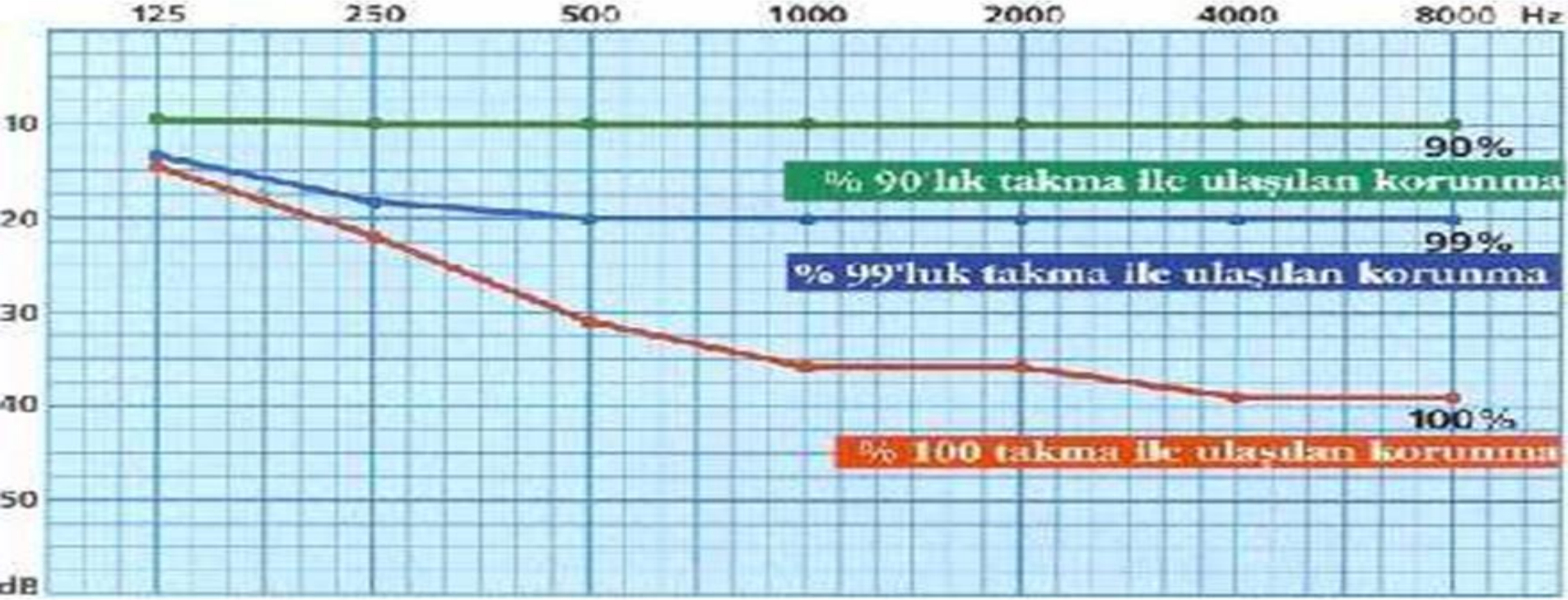
Seçilen kulak koruyucu, takan kişinin kulak zarındaki gürültü seviyesini ulusal düzenlemelerde tanımlanan uygun seviyeye indirgemelidir.

Kulak koruyucu için, «gürültü seviyesini ne kadar azaltırsa, o kadar iyi işitme koruma sağlar» mantığı doğru değildir.

Uygun kulak koruyucusu, kişinin kulak zarındaki gürültü seviyesini etki seviyesinin (L_{etki}), **5 – 10 dB altında** kalmasını sağlamalıdır. Daha fazla koruma, iletişim sorunlarına ve uyarı sinyallerinin duyulmasının engellenmesine neden olabilir ve iş kazalarına ve/veya çalışanın kulak koruyucu takmamayı seçmesine sebep olabilir.



Sekil 1. Kulak koruyucusu ile gürültü azaltma değeri ilişkisi (7).



Kulak Koruyucularının Gürültüyü Engelleme Değerleri

Cinsi	Azaltma Derecesi
Pamuk	5 – 16 dB
Parafinli pamuk	20 – 35 dB
Cam pamuğu	7,5 – 32 dB
Kulak tıkacı	20 – 45 dB
Kulaklık	12 – 48 dB

İŞİTME-KORUMA PROGRAMI

Eğer işyerinde gürültü seviyesi çalışana zarar verecek düzeyde ise, gürültü kaynakları ile gürültüye maruz kalan çalışanlar kontrol altına alınmalıdır. Bunun için hem işyerleri, hem de çalışanlar açısından başarılı bir işitme-koruma programının uygulanması gerekir. ***İşitme-koruma programı; gürültünün ölçülmesi, yönetsel ve mühendislik kontrollerin yapılması, odiyolojik değerlendirme, kişisel koruyucu donanımların kullanılması, eğitim ve motivasyonun sağlanması, kayıtların tutulması ve programın değerlendirilmesi*** aşamalarına sahiptir.

Başarılı bir işitme koruma programı hem işletmeler, hem de işçiler için yararlıdır. İşitme koruma programının 7 aşaması vardır:

1. Gürültünün ölçülmesi
2. Yönetsel ve mühendislik kontrollerin yapılması
3. Odiyolojik değerlendirme
4. Eğitim ve motivasyonun sağlanması
5. Kayıtların tutulması
6. Programın değerlendirilmesi
7. Kişisel koruyucuların kullanılması

GÜRÜLTÜ & TİTREŞİM

Dikkat edilmesi gereken önemli bir başka kavram ise; **gürültü** ile başka bir fiziksel risk faktörü olarak tanımlanan **titreşim** arasındaki etkileşim ile ilgilidir.

Bilimsel çalışmalar, **el-kol titreşimi** ve **tüm vücut titreşiminin** gürültü ile ilişki olduğunu göstermektedir.

Örneğin, bir inşaat alanında kamyon sürücülerinin tüm vücut titreşim maruziyeti değerleri olması gereken limit değerlerin üzerinde ise, gürültü ile tüm vücut titreşimi etkileşimi sonucu işitme kaybı riski, sadece gürültü maruziyeti ile oluşan riskten yaklaşık 3 *dB* daha yüksek olmaktadır.

GÜRÜLTÜ - YASAL ÖNLEMLER

İşyerlerinde iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması ve mevcut sağlık ve güvenlik şartlarının iyileştirilmesi için işveren ve çalışanların görev, yetki, sorumluluk, hak ve yükümlülükleri, **2012 yılında İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu** ile belirlenmiştir.

Gürültü ile ilgili yasal düzenlemeler ise, **28.07.2013** tarihli ve 28721 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren **Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik** ile belirtilmiştir.

Çalışma Gücü ve Meslekte Kazanma Gücü Kaybı Oranı Tespit İşlemleri Yönetmeliği'ndeki (2008) **Madde 18'e** göre; fiziksel etkenler nedeniyle oluşan meslek hastalıkları **E – grubu meslek hastalığı** olarak tanımlanır.

Yapılan istatistiklere göre meslek hastalıklarının dikkate değer bir oranı fiziksel risklerden gelen işitme kayıplarıdır. İşitme kaybının yanı sıra, gürültünün çeşitli ruhsal bozukluklar ile sinir ve sindirim sistemi vb. **meslek hastalıklarına** da neden olabileceği belirlenmiştir.

GÜRÜLTÜ - YASAL ÖNLEMLER

Çalışma Sosyal Güvenlik Bakanlığı'nın hazırladığı **Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmeliği** hükümlerine göre; *en düşük maruziyet eylem değerleri*: **a)** $(L_{EX, 8\text{saat}}) = 80 \text{ dB(A)}$ veya $(P_{tepe}) = 112 \text{ Pa}$ [135 dB(C) re. 20 μPa] – 20 μPa referans alındığında 135 dB (C) olarak hesaplanan değer), **b)** *En yüksek maruziyet eylem değerleri*: $(L_{EX, 8\text{saat}}) = 85 \text{ dB(A)}$ veya $(P_{tepe}) = 140 \text{ Pa}$ [137 dB(C) re. 20 μPa], **c)** *Maruziyet sınır değerleri*: $(L_{EX, 8\text{saat}}) = 87 \text{ dB(A)}$ veya $(P_{tepe}) = 200 \text{ Pa}$ [140 dB(C) re. 20 μPa] şeklindedir.

Maruziyet sınır değerleri uygulanırken, çalışanların maruziyetinin tespitinde, çalışanın kullandığı kişisel kulak koruyucu donanımların koruyucu etkisi de dikkate alınır. Maruziyet eylem değerlerinde kulak koruyucularının etkisi dikkate alınmaz.

Tablo 4. Çalışanların gürültü ile ilgili risklerden korunmalarına dair yönetmeliğe göre (11) gürültü için maruziyet eylem değerleri

Düşük Maruziyet Eylem Değeri	80 dB(A)	135 dB(C)
Yüksek Maruziyet Eylem Değeri	85 dB(A)	137 dB(C)
Maruziyet Sınır Değerleri	87 dB(A)	140 dB(C)

GÜRÜLTÜ - YASAL ÖNLEMLER

Maruziyetin belirlenmesi işlemi **Madde 6'**da, risk değerlendirmesi işlemi **Madde 7'**de açıklanmıştır. Risk değerlendirmesi ile çalışanların gürültüden kaynaklı risklere maruziyetinin tanımlanması ve gürültü maruziyeti derecelerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Maruziyetin önlenmesi ve azaltılması konusuna **Madde 8'**de yer verilmiştir. Buna göre; işveren maruziyetin önlenmesi veya azaltılmasında, Kanunun 5. maddesinde yer alan risklerden korunma ilkelerine uyar.

Yönetmelikte kişisel korunma **Madde 9'**da tanımlanmıştır. Buna göre ***işveren, çalışanın gürültüye maruziyeti belirtilen en düşük maruziyet eylem değerleri olan 80 dB(A) değerinden fazla olduğunda, kulak koruyucu donanımları kullanımına hazır halde bulundurmalıdır. Çalışanın gürültüye maruziyeti en yüksek maruziyet eylem değerleri olan 85 dB(A)'e ulaştığında veya aştığında ise, kulak koruyucu donanımların çalışanlar tarafından kullanılmasını sağlamalı ve durumu denetlemeli, kişisel korunma tedbirlerinin etkinliğini kontrol etmelidir.*** İşveren tarafından sağlanan kulak koruyucu donanımlar; 2/7/2013 tarihli ve 28695 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan ***Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik*** kapsamında açıklanan kullanım özelliklerine uygun olmalıdır. Ayrıca 01.05.2019 tarihli ve 30761 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan ***Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği*** hükümlerine uygun olacak şekilde, kişisel koruyucu donanımlar işitme ile ilgili riski ortadan kaldıracak veya en aza indirecek şekilde seçilmeli, çalışanlar tarafından doğru kullanılmalı ve korunmalı, çalışana tam uymalı ve hijyenik şartların gerektirdiği durumlarda çalışana özel olarak sağlanmalıdır.

GÜRÜLTÜ - YASAL ÖNLEMLER

Sağlık gözetiminin tanımlandığı **Madde 13**'de, gürültüye bağlı herhangi bir işitme kaybında erken tanı konulması ve çalışanların işitme kabiliyetinin korunması amacıyla işveren, **Kanunun 15. Madde'sine** göre; ***işyerinde gerçekleştirilen risk değerlendirmesi sonuçlarına bağlı olarak işyeri hekimince belirlenecek düzenli aralıklarla çalışanların sağlık gözetimini yaptırmalıdır.***

En yüksek maruziyet eylem değerleri olan **85 dB(A)**'ı aşan gürültüye maruz kalan çalışanlar için işveren tarafından ***işitme testleri*** yaptırılır. Risk değerlendirmesi ve ölçüm sonuçlarının bir sağlık riski olduğunu gösterdiği durumlarda, en düşük maruziyet eylem değerlerini aşan gürültüye maruz kalan çalışanlar için de işitme testleri yaptırılabilir.

İşitme ile ilgili sağlık gözetimi sonucunda çalışanda tespit edilen işitme kaybının işe bağlı gürültü nedeniyle oluştuğunun tespiti halinde; çalışan, işyeri hekimi tarafından, kendisi ile ilgili sonuçlar hakkında bilgilendirilir. İşveren işyerindeki riskleri önlemek/azaltmak için çalışanın gürültüye maruz kalmayacağı başka bir işte görevlendirilmesi gibi gerekli görülen tedbirleri uygular ve gürültüye maruz kalan diğer çalışanların sağlık durumunun gözden geçirilmesini ve düzenli bir sağlık gözetimine tabii tutulmalarını sağlar.

Sağlık Kuralları Bakımından Günde Azami Yedi Buçuk Saat veya Daha Az Çalışılması Gereken İşler Hakkında Yönetmeliğe göre (2013); ***çalışanların 85 dB'den fazla şiddetteki gürültülü işlerde günde 7,5 saatten fazla çalışması yasaktır.***



2. HAVA BASINCINDAKİ DEĞİŞİKLİKLER



2. HAVA BASINCINDAKİ DEĞİŞİKLİKLER

Basınç; birim alana uygulanan kuvvet olarak tanımlanır ve birimi **bar**, **Newton/m²**, veya **1 atm** ($760 \text{ mm Hg} = 1,013 \text{ kg/cm}^2$)'dir. Normal şartlar altında hava basıncı **760 mmHg** değerine eşittir.

Çalışanların, işyerlerindeki çalışma koşullarına bağlı olarak bazen yüksek basınç, bazen de düşük basınca maruz kalmaları mümkündür. Normal atmosferik basınç düzeyine alışkın olan insan organizması, atmosfer basıncından daha yüksek veya daha düşük basınçlı ortamlara uyum gösterme sorunları yaşayabilmektedir.

Çalışanların çalışma koşulları nedeniyle hissettikleri basınç farkı **4,5 N/cm²** değerinden daha fazla olmadıkça, çalışanlarda rahatsızlık hissi dışında ciddi bir sağlık sorununun oluşması beklenmemektedir.

2. HAVA BASINCINDAKİ DEĞİŞİKLİKLER

Atmosfer basıncından daha yüksek veya daha düşük basınç farklarında çalışma, çalışma alanının deniz seviyesine olan mesafesine, yani **rakıma bağlı** olarak değişmektedir.

Örneğin; denizin derinliklerine inildikçe basınç değeri artarken, coğrafik olarak daha yüksek bölgelere çıkıldığında yerçekiminin, atmosfer kalınlığının ve havadaki gazların yoğunluğunun azalması sebepleri ile basınç değerinde azalmalar gözlenir.

Normal atmosferik koşullara adapte olan insan organizması, atmosfer basıncından daha yüksek ve daha düşük basınçlı ortamlarda bulunduğu **kalp, dolaşım, solunum vb.** sağlık sorunları yaşayabilir.

YÜKSEK BASINÇ ORTAMINDA ÇALIŞMA

Denizin derinliklerine inildikçe hissedilen basınç artmaktadır. Yüksek basıncın etkisinde çalışan riskli meslek gruplarından bazıları; *denizaltı personeli, dalgıçlar, gemi kurtarıcıları, sünger avcıları, dekompresyon odası çalışanları, deniz altında beton, kaynak, inşaat vb. işlerde çalışanlardır.*

Yüksek basınç altında çalışan kişilerde, solunan havada bulunan *azot ve oksijen kanda normalden daha fazla miktarda çözünür ve sıvı faza geçer.* Kişinin su yüzeyine yükselişi hızlı olursa, *sıvı haldeki azot hızla gaz fazına geçebilir* ve bu şekilde kişinin dolaşım sisteminde azot gazının oluşturduğu **emboliler** meydana gelebilir. Çalışanın normal atmosfer basıncının hissedildiği deniz seviyesine çıkması halinde ise genellikle gözlenen belirtiler ortadan kalkar. Gaz embolileri hayati organların damarlarını tıkarsa, hayati tehlikelere neden olabilir.

Bu durum ülkemizde özellikle sünger avcılarının *“vurgun yeme (dekompresyon)”* bulgularına olarak isimlendirdikleri bir tür felç hastalığıdır ve hava basınç değişikliğine bağlı bir iş kazası olarak kabul edilir.

YÜKSEK BASINÇ ORTAMINDA ÇALIŞMA

Yüksek basınç altında çalışanlar için önerilen, su yüzeyine yükselme hızının yavaş tempoda yapılması ve bu şekilde yavaş hızda gaz formuna geçen azotun solunum yoluyla dışarıya atılabilmesine olanak sağlanmasıdır.

Çalışanda gaz embolisinin oluşması halinde yapılması gereken, kişinin tekrar su altına aynı derinliğe daldırılması ve yavaş tempoda su yüzeyine tekrar çekilmesidir (rekompresyon).

Su yüzeyine yükselmenin, 10 metrelik derinlik için ortalama 20 dakikalık sürede olması gerekliliği, alınması önerilen önlemler arasında kabul edilir. Yüksek basınç altında yürütülen çalışmaların yapıldığı işyerlerinde dekompresyon odalarının bulunması gerekmektedir.



DÜŞÜK BASINÇ ORTAMINDA ÇALIŞMA

Yol yapımı, elektrik, telefon, TV servis istasyonlarında çalışanlar, işleri gereği yüksek rakımlı ortamlarda işlerini yürütürler. **Rakım yükseldikçe havadaki oksijen basıncı düşeceği için bu kişilerde sağlık sorunları yaşanabilir.**

Hızlı rakım yükselmelerinde atmosfer basıncı düşeceğinden, normal atmosfer basıncı altında dokularda erimiş olan gazlar serbest hale gelir ve **karıncalanma, kol ve bacaklarda ağrılar, bulanık görme**, kulakların iç ve dış bölgelerindeki basınç farkı nedeniyle **kulak ağrıları** vb. semptomlar gözlenebilir.

Düşük basınç etkisinde gözlenebilecek sağlık sorunlarından korunmak için **her 400 metre yükselmenin yaklaşık 1 günlük sürede gerçekleştirilmesi** öneriler arasındadır.



BASINÇ & YASAL ÖNLEMLER

Düşük ve yüksek basıncın işçiler üzerinde meydana getirdiği olumsuz etkiler **meslek hastalığı** olarak kabul edilmektedir.

Sağlık Kuralları Bakımından Günde Azami Yedi Buçuk Saat veya Daha Az Çalışması Gereken İşler Hakkında Yönetmeliğe göre (2013); basınçlı hava içinde çalışmayı gerektiren işler (iniş, çıkış, geçiş dahil) günde azami yedi buçuk saat veya daha az çalışması gereken işler listesindedir.

Bu yönetmeliğe göre; çalışanlar 20 – 25 (20 hariç) m derinlik veya 2 – 2,5 (2 hariç) kg/cm^2 basınçta 7 saat, 25 – 30 (25 hariç) m derinlik veya 2,5 – 3 (2,5 hariç) kg/cm^2 basınçta 6 saat, 30 – 35 (30 hariç) m derinlik veya 3 – 3,5 (3 hariç) kg/cm^2 basınçta 5 saat ve 35 – 40 (40 hariç) m derinlik veya 3,5 – 4 (3,5 hariç) kg/cm^2 basınçta 4 saat çalışabilirler.

Dalgıçlar için ise bu süreler 18 metreye kadar 3 saat, 40 metreye kadar olan derinliklerde 1/2 saat olarak belirlenmiştir.

BASINÇ FARKI & ÖNLEMLER

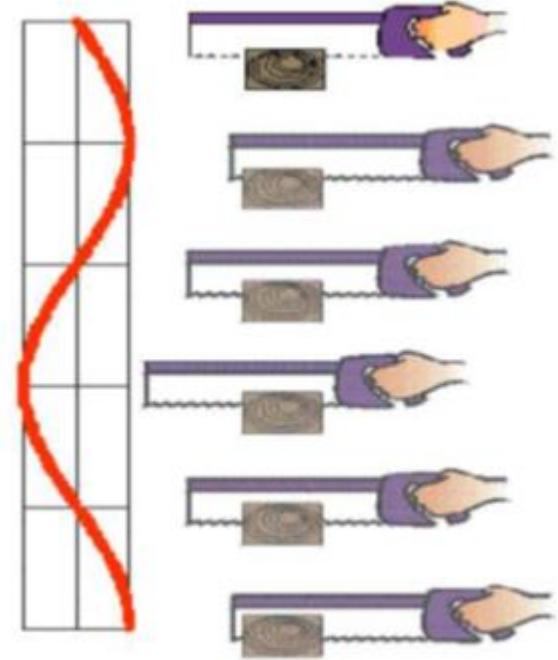
Farklı hava basınç değerlerinde çalışanlar, düşük ve yüksek basınç altında çalışırken uyulması gereken kurallar ve alınması gereken önlemler hakkında **eğitilmelidirler**.

Düşük ve yüksek basıncın gerektirdiği işlerde çalışanlar mümkünse **genç ve tecrübeli** çalışanlardan seçilmelidir. Bu işlerde çalışacakların bağımlılıklarının ve solunum sistemine ilişkin kronik hastalıklarının olmamaları önerilir.

Basınç farkının fazla olduğu işyerlerinde çalışanların periyodik sağlık muayenelerinin hassas şekilde yapılması gerekmektedir. Özellikle **kulak, burun, boğaz** ve **solunum** sistemine ilişkin akut yakınması olan çalışanlar iyileşinceye kadar işten uzaklaştırılmalı, basınç farkı nedeniyle kazaya uğrayanlarla, bu sebeple hastalananlar yeniden işe dönmemelidir.

Riskli iş ortamlarında düzenli basınç ölçümleri yapılmalı, basınç alarm sistemleri kurulmalıdır.

3. TİTREŞİM



Odun keserken elde oluşan titreşim

3. TİTREŞİM

Titreşim; iş sağlığı ve güvenliği kapsamında mekanik sistemlerde bir denge noktası etrafındaki salınım hareketlerini tanımlayan bir kavramdır.

Çalışmakta olan ve iyi dengelenmemiş araç ve gereçler genellikle istenmeyen titreşimlere sebep olurlar. Kişilerin maruz kaldığı titreşimin güvenli seviyelerini belirlemek için işyerlerindeki titreşim risklerinin değerlendirilmesi ve kullanılan cihazların titreşim maruziyet seviyelerinin hesaplanması gerekmektedir.

Endüstride; özellikle madenlerde, inşaat sektöründe, hava kompresörlü portatif aletlerle yapılan çalışmalarda ve motorlu testere kullanımlarında, iş makinelerinde maruz kalınan titreşim miktarı daha fazladır. Titreşim, titreşen bir yüzey veya cisim ile temas sonucunda çalışana yüzey aracılığı ile iletilir.

Titreşimin insanda oluşturduğu etkiler; ***el-kol titreşimi*** ve ***tüm vücut titreşimi*** olarak iki grupta incelenir.

3. TİTREŞİM

Bir işyerinde titreşim yüzeyleri, bir makinenin tutamak kısmı, bir aletin yüzeyi veya motorlu bir makinenin koltuğu olabilir. İşyerlerindeki titreşim kaynakları; *harmonik*, *periyodik*, *rastgele* veya *kısa süreli* titreşimler üreten kaynaklar olabilir, pratikte ise titreşim, genellikle tüm bu türlerin kombinasyonu şeklinde ortaya çıkmaktadır.

Titreşim de ses dalgaları gibi kendini tekrarlayan salınımlardan oluşur ve insan sağlığı üzerindeki etkisi bakımından belirleyici özellikleri; *titreşim frekansı* ve *titreşim şiddeti*dir.

Titreşim frekansı; birim zamandaki titreşim sayısının ölçüsünü verir, birimi *hertz (Hz)*'dir. Döner aletler için temel frekans değeri genellikle dönme hızı ile belirlenir, *devir/dakika* veya *rpm* birimi ile ifade edilir.

El-kol titreşimi için önemli olduğu düşünülen frekanslar yaklaşık **8 – 1000 Hz** aralığında, tüm vücut titreşimi için önemli olduğu düşünülen frekanslar ise **0,5 Hz – 80 Hz** aralığındadır.

3. TİTREŞİM

Titreşim şiddeti; titreşim ortamında birim alanda ve birim zamanda titreşim kaynağından salınan enerji olarak tanımlanır. Birimi W/cm^2 ile verilir. Titreşime neden olan kuvvetlerin büyüklüğü, titreşimin şiddeti ile orantılıdır.

Harmonik hareket olarak da tanımlanabilecek titreşim hareketinde, cisim üzerine etki eden geri çağırıcı kuvvet nedeniyle cisim dönüşümlü olarak birbirlerine zıt yönlerde salınım hareketi yapar. Bu nedenle titreşimin şiddeti, hareketin ivmesi ile nitelendirilebilir.

Bu nedenle günümüzde ölçüm kolaylığı nedeni ile titreşim şiddetinin ölçümünde **ivme** kavramı kullanılır, birimi ise m/s^2 dir.

Alet veya ekipmanın yaydığı titreşimin şiddeti; **çalışılan iş parçasının veya malzemenin tasarımı, konfigürasyonu, bakım ve onarım takibi, kullanım özellikleri ve operatörün fiziksel özelliklerine** de bağlı olabilir ve zaman içinde değişim gösterebilir.

3. TİTREŞİM

Titreşim ölçümünün insan vücuduna temas ettiği noktalardan veya temas bölgesine en yakın bölgeden ölçülmesi gerekir.

Titreşim vücudun sert kısımlarından vücuda girebilir ve maruz kalan insan vücudunda çeşitli rahatsızlıklara ve meslek hastalıklarına neden olabilmektedir.

Titreşim maruziyeti sonucunda oluşabilecek sağlık sorunları; ***titreşimin frekansına, şiddetine, yönüne, maruz kalınan süreye, maruz kalan kişinin yaşına, cinsiyetine, kişisel duyarlılığına, genel sağlık durumuna ve titreşimin etkilediği vücut bölgesine*** bağlı olarak değişir.

Titreşime maruz kalan çalışanlarda **yorgunluk, dikkatsizlik, ortopedik, fiziksel ve psikolojik rahatsızlıklar, iş kazaları ve iş performansının azalması** vb. etkiler gözlenebilmektedir.

EL – KOL TİTREŞİMİ

El-kol titreşimi; insanın el-kol sistemine aktarılan, çalışanın sağlık ve güvenliği açısından risk oluşturan ve özellikle **damar, kemik, eklem, sinir ve kas bozukluklarına** yol açan mekanik titreşimler olarak tanımlanır.

Endüstride el ve el parmakları yoluyla kollara ulaşan rahatsızlıklar oluşturan titreşim kaynakları; *taş kırma makineleri, kömür ve madencilikte kullanılan pnömatik çekiçler, öğütücü makineler, dönen cihazlar, ormancılıkta kullanılan testereler, parlatma ve rende makineleri vb.* titreşim kaynakları olabilir. Bu araçlar genellikle dönerek ve/veya vurarak titreşim hareketine sebep olurlar.



TÜM VÜCUT TİTREŞİMİ

Tüm vücut titreşimi ise; titreşimin vücudun tümüne aktarıldığı durumda çalışanın sağlık ve güvenliği açısından risk oluşturan, özellikle **bel bölgesinde** rahatsızlıklara ve omurga travmalarına yol açabilen mekanik titreşimler olarak tanımlanır.

Tüm vücut titreşim maruziyeti; sanayi, trafik ve diğer endüstriyel alanlarda giderek artan bir öneme sahip olmaktadır. Tüm vücutta rahatsızlığa neden olan titreşim kaynaklarına; **kara, deniz ve hava taşımacılığındaki araçlar, dokuma tezgahlarında kullanılan makineler, çelik konstrüksiyonlu yapılarda titreşime sebep olan makineler, yol yapım, bakım ve onarım makineleri** örnek verilebilir.



3. TİTREŞİM

İnsanlar 0,5 Hz ile 1000 Hz arasındaki titreşimleri algırlar. Titreşimin frekansı arttıkça, titreşimin ivmesi ve oluşan etkisi azalır, titreşim etkisi daha çok düşük frekanslarda gözlenir.

Düşük frekanslı titreşimler maruz kalan kişilerde **sarsıntı** hissi oluştururken, yüksek frekanslı titreşime maruz kalan kişilerde **karıncalanma, yanma** hissi oluşur.

Titreşim frekansının **2 Hz'den küçük olduğu** çok düşük frekanslı titreşim etkileri; genellikle **at, otomobil, uçak, gemi vb.** araçlarla seyahat sırasında gözlenir ve **merkezi sinir sistemi şikayetleri, bulantı, kusma, soğuk ter** gibi rahatsızlıklara sebep olur. Bu semptomlar, titreşim maruziyeti ortadan kalktığında genellikle kaybolurlar.

Titreşim frekansının **2 Hz - 30 Hz** arasında olduğu düşük frekanslı titreşimin etkileri ise, genellikle titreşimli el aleti kullanan çalışanlar için **elde dolaşım bozuklukları, duyarlılık ve uyuşukluk** şekillerinde kendini gösterir. Titreşime maruziyetin devam etmesi durumunda ise, çalışanların **omuz başlarında ağrı, yorgunluk, soğuğa karşı hassasiyet artışı, uyku bozuklukları, baş ağrıları** gözlenebilir.

3. TİTREŞİM

Düşük frekanslı titreşime maruz kalan çalışanların el parmaklarında ve avuç içlerinde $8 - 10^{\circ}\text{C}$ sıcaklığa kısa süre maruziyet sonucunda *beyazlaşmalar* da gözlenebilir.

Vasküler bozulmaya bağlı olarak görülen bu semptom, “*beyaz parmak sendromu (Raynaud hastalığı, vibration-induced white finger)*” olarak tanımlanan bir meslek hastalığı olarak nitelendirilir. El parmaklarında beyazlaşma, soğuma, ağrı gözlenebilir. Bu hastalığa «*beyaz parmak sendromu*» adı verilmektedir. Semptomlar soğukta artar. Bu cihazların sap kısımlarının titreşimi absorbe eden yapıda olması gerekir. Ayrıca ellerin sıcak tutulması da yarar sağlar.

Titreşim sendromlarında vasküler bozulmayı, nörolojik bozukluklar izler. Tüm vücudun titreşime maruz kalması durumunda titreşim frekansı **30 Hz'den büyükse sırt ve bel ağrıları, eklemlerde güç kaybı, disk kaymaları vb.** ağrılar gözlenebilir. Bu tür ciddi sorunlara yol açması nedeni ile gerekli önlemleri almak çok önemlidir.



Beyaz parmak sendromu

TİTREŞİM & YASAL ÖNLEMLER

22.08.2013 tarihli ve **28743** sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan ***Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik***, titreşime maruziyet için önemli sınırlamalar getirmektedir. İlgili yönetmeliğe göre; titreşim maruziyetinin düzenlenmesinde ***maruziyetin belirlenmesi, risk değerlendirmesi, maruziyetin önlenmesi / azaltılması, maruziyetin sınırlandırılması, çalışanların bilgilendirilmesi ve eğitimi, çalışanların görüşlerinin alınması ve katılımlarının sağlanması, sağlık gözetimi ve özel koşullar*** ayrıntılı olarak belirtilmiştir.

Bu yönetmeliğin maruziyet sınır değerleri ve maruziyet eylem değerlerinin açıklandığı **Madde 5’e** göre; ***el – kol titreşimi için***; sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet sınır değeri 5 m/s^2 , sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet etkin değeri $2,5 \text{ m/s}^2$ ’dir. ***Tüm vücut titreşimi için*** aynı maruziyet sınır değerleri; sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet sınır değeri $1,15 \text{ m/s}^2$, sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet etkin değeri ise $0,5 \text{ m/s}^2$ olarak belirlenmiştir.

İşverenler, yapılan risk değerlendirmesi sonucuna göre maruziyet etkin değerlerinin aşıldığı tespit edildiğinde, mekanik titreşime ve yol açtığı risklere maruziyeti en aza indirmek için teknik ve organizasyonel önlemler almak; hiçbir durumda da maruziyet sınır değerini aşan titreşime maruz kalınmamasını sağlamak zorundadırlar.



4. TERMAL KONFOR



4. TERMAL KONFOR

Çalışanların konforunu sağlayacak bir çalışma ortamı için **sıcaklık, nem, hava akışı, radyant ısı** gibi çevresel faktörlerin ve **kıyafet, kilo, yaş, metabolizma** gibi kişisel faktörlerin doğru birleşiminin sağlanması gerekmektedir.

Termal konfor; bir işyerinde çalışanların büyük çoğunluğunun **hava sıcaklığı, nem, hava akımı, radyant ısı (termal radyasyon)** gibi iklim koşulları açısından gerek bedensel, gerekse zihinsel faaliyetlerini sürdürürken belirli bir rahatlık seviyesinde olma halini tanımlayan bir fiziksel risk faktörüdür. Termal konfor aynı zamanda çalışanın yaptığı **işin türüne (metabolik hızı)** ve giydiği **kıyafete** bağlı olarak da değişim gösterir.

Eğer çalışma ortamında termal konfor koşulları mevcut değilse, bu durum çalışanlarda rahatsızlıklara, iş yürütümü açısından da verimsizliklere yol açar. Bir ortamda bulunan tüm bireyler psikolojik ve fizyolojik olarak birbirinden farklılık göstereceğinden, ortamda bulunan herkesin eş zamanlı olarak termal konfor konusunda memnuniyetini sağlamak oldukça zordur.

4. TERMAL KONFOR

Termal konfor bölgesi; insanların iş yapma ve faaliyetlerini sürdürme açısından en rahat durumda oldukları termal konfor koşullarının alt ve üst sınırları arasında bulunan bölge olarak tanımlanır.

Çok yüksek ya da çok düşük sıcaklık, yüksek nem, yetersiz havalandırma, yüksek radyant ısı gibi konforsuz ortam şartları ise çalışanları rahat olmayan bir ortamda yaşamaya zorlar, iş verimi düşer ve meslek hastalığı ile iş kazası riskini artırır. İnsanların hava akımı olmayan bir ortamda bunalma hissettikleri, sıcaklık ve bağıl nem oranlarının fazla olduğu bölge, ***bunalım bölgesi*** olarak tanımlanır.

4. TERMAL KONFOR

Faaliyet Türü	Hava Sıcaklığı °C		Hava Nemi %		Hava Hızı m/dak
	min	max	min	max	
Zihinsel faaliyetleri içeren işler	18	24	40	70	0.1
Oturarak manuel işleri hafif tempoda yapma	18	24	40	70	0.1
Ayakta manuel işleri hafif tempoda yapma	17	22	40	70	0.2
Ağır fiziksel çalışma	15	21	30	70	0.4
Sıcak iş ortamlarında çalışma	14	20	30	60	0.5

EFEKTİF SICAKLIK

Hissedilen sıcaklık; kişinin içinde bulunduğu ortamın kuru termometre ile ölçülen **sıcaklığına**, ortamın **hava akım hızına**, ortamın **bağıl nemine** ve **Radyant ısıya** bağlıdır.

Hava sıcaklığı, bağıl nem oranı, ortamın hava akım hızı ve radyant ısının beraberce oluşturduğu bu sıcaklık etkisine “**efektif sıcaklık**” denir.

Bu dört parametrenin farklı kombinasyonları çalışanlarda aynı sıcaklık duygusunu hissettirebilir.

Örneğin; 37 °C hava sıcaklığı, %10 nem ve 3 m/s hava akım hızı ile hissedilen efektif sıcaklık değeri ile, 27 °C hava sıcaklığı, %75 nem ve 0,1 m/s hava akım hızı ile hissedilen efektif sıcaklık değeri aynıdır ve her ikisi de 25 °C’dir.

EFEKTİF SICAKLIK

Eşdeğer efektif sıcaklık değerleri

Sıcaklık (C)	Bağıl nem %	Hava akım hızı (m/s)	Efektif sıcaklık (C)
25	100	0,1	25
26	100	0,5	
28	100	2,0	
30	100	5,5	
27	75	0,1	
29	50	0,1	
32	25	0,1	
28	80	0,1	
32	45	2,0	
37	10	3,0	

4. TERMAL KONFOR

Ortamanın efektif sıcaklığının fazla olması, çalışanlarda ***aşırı uyku hali, yorgunluk, tansiyon düşmesi, baş dönmesi, vücut direncinin düşmesi, aşırı terleme, çalışma veriminin düşmesi, kaşıntı, endişe ve konsantrasyon bozukluklarına*** neden olabilir.

Ortamanın efektif sıcaklığının düşük olması ise, çalışanlarda ***dikkat dağılması, bedensel ve zihinsel verimin düşmesi, vücut iç ısının yükselmesi, ürperme, titreme, beslenme ve enerji gereksinimi*** gibi olumsuz etkilere sebep olabilir.

Termal konfor kavramının anlaşılabilmesi için bu kavramının alt başlıkları olan ve ortamla ısı alışverişine etki eden faktörlerden ***hava sıcaklığı, havanın nem yoğunluğu, hava akım hızı ve radyant ısı*** kavramlarının kısaca açıklanması uygun olacaktır.

SICAKLIK

Isı bir enerji çeşididir. Isı kalorimetre kabı ile ölçülür, birimi *kalori (cal)* veya *Joule (J)* ile verilir.

Sıcaklık ise termometre ile ölçülür, cismin ne kadar soğuk, serin veya ılık olduğunu ifade eden bir niceliktir. Sıcaklığın birimi; *santigrat, fahrenheit ve kelvin* ile verilir. Sıcaklık, termal konforun ana parametresidir. **Normal koşullarda havanın kuru termometre ile ölçülen sıcaklık derecesi, havanın sıcaklığı hakkında bilgi veren bir fiziksel ölçüdür.**

Sağlıklı yaşam için insanlarda ısı alışverişi, oksijen, tuz ve asit-baz dengesi gibi fizyolojik gereksinimlerin stabil olması gerekir. Örneğin insan vücudu sıcaklığının **36,5 – 37°C** aralığında değişmezlik göstermesi, vücut ile çevre arasındaki ısı alışverişi sonucu sağlanır, vücut sıcaklığında 0,5 °C miktarındaki değişimlerin sağlık sorunlarına neden olabileceği öngörülür. Yüksek sıcaklıklarda; aşırı terleme nedeni ile kaslarda ani kasılmalar şeklinde *gelişen ısı krampları, sıvı kaybı nedeniyle tansiyon düşüklükleri ve baş dönmeleri* gözlenebilir. Çok yüksek sıcaklıklara uzun süre maruz kalan kişilerde ise *beyinde hasar ve ölüm* gibi vakalara rastlanabilir.

YÜKSEK SICAKLIKTA ÇALIŞMA

Kişi **17°C- 23°C** arasında rahat yaşama ve çalışma olanaklarına sahiptir.

Çabuk yorulma, mental rahatsızlıklar, dikkat eksikliği ve bu etkilere bağlı olarak iş kazalarında artış olasılığı **23 – 25°C** sıcaklık aralığında başlamakta, **27°C** 'den daha yüksek sıcaklıklarda hızlanmakta, **30 °C**'den sonra belirgin hale gelmektedir.

30°C'de iş verimindeki kayıp **%5** iken, **32°C** de iş verimi kaybı **%30**'a yükselir.

İş kazalarının **30°C**'den daha yüksek sıcaklıklarda arttığı gözlenmiştir.

Bu nedenlerle işyeri sıcaklıklarının **30°C'den daha düşük** sıcaklıklarda tutulmasına özen gösterilmelidir.

YÜKSEK SICAKLIKTA ÇALIŞMA

Tablo 6. Yüksek sıcaklığın insan vücuduna etkileri (31).

Sıcaklık Aralığı (°C)	Tanımlama	Etki
(-1) – 26	Soğuk – Serin	-
27 – 32	Sıcak	Fiziksel etkinliğe ve etkilenme süresine bağlı olarak oluşan termal stresten dolayı halsizlik, sinirlilik, dolaşım ve solunum sisteminde birçok rahatsızlık meydana gelebilir.
33 – 41	Çok Sıcak	Fiziksel etkinliğe ve etkilenme süresine bağlı olarak kuvvetli termal stres ile birlikte ısı çarpması ısı krampları ve ısı yorgunlukları oluşabilir.
42 – 54	Tehlikeli Sıcak	Güneş çarpması, ısı krampları veya ısı bitkinliği meydana gelebilir.
> 55	Tehlikeli Sıcak	Isı veya güneş çarpması tehlikesi oluşur. Termal şok an meselesidir.

Yüksek sıcaklıktan olumsuz etkilenen kişi serinletilmelidir.

Kişinin kaybettiği sıvı ve elektrolitler tekrar vücuduna verilmelidir. İnsan vücudunda ısı, tuz, asit, baz, şeker v.s. gibi bazı fiziksel ve kimyasal değerlerin belli sınırlar içinde kalması gerekmektedir.

DÜŞÜK SICAKLIKTA ÇALIŞMA

Ağır fiziksel işlerin yürütüldüğü işyerlerinde metabolizma sıcaklığı da arttığından soğuktan olumsuz etkilenme riski azalmaktadır.

Ancak hafif düzeyde fiziksel işlerin yürütüldüğü işyerlerinde, metabolik sıcaklık üretimi de az olacağından çalışanlarda oluşan ısı kaybını karşılamak zorlaşır ve gerekli önlemlerin eksiksiz alınması gerekir.

Düşük ortam sıcaklıklarında çalışanlarda *uyuşukluk, uyku hali, organlarda hissizlik* ve *donma* gözlenebilir. Çalışanın el sıcaklığı **15 °C**'nin altına düştüğünde, özellikle ince işler yürüten çalışanlar için adale ve eklem işlevleri kısıtlanabilir, uyuşmaya bağlı olarak dokunma hissi kaybolabilir, iş verimi düşebilir, iş kazası olma olasılığı artabilir.

Isı kaybının önlenmesi için kullanılan koruyucu giysiler ve eldivenler ısı kaybını önlemede yararlı olsa da çalışmayı güçleştirirler ve iş veriminde ortalama %5'lik azalmaya sebep olurlar.

DÜŞÜK SICAKLIK & SAĞLIK SORUNLARI

Soğuk ortamda çalışanlarda **titreme refleksi** oluşur. Sürekli soğukta çalışanlarda bu **koruyucu mekanizmalar** süreklilik kazanır ve kişi soğuğa daha dayanıklı hale gelir.

Soğuk ortamda en sık görülen olay **üşüme**'dir. İleri düzeyde olmadığı sürece yalnızca üşüme ciddi sağlık sorunu yaratmaz. Ancak üşümenin sonucu olarak **el becerileri zayıflar**. Bu durum beceri gerektiren işlemler bakımından önemlidir.

Vücudun uç kısımlarından başlayarak (el, ayak parmakları, kulak kepçesi, burun ucu) **donma** ve **doku kaybı** gelişebilir. **Ölümler** sonuçlanabilir.

DÜŞÜK SICAKLIKTA ÇALIŞMA

Tablo 7. Düşük sıcaklığın insan vücuduna etkileri (34).

Sıcaklık Aralığı (°C)	Tanımlama	Etki
-2 / -9	Soğuk	-
-10 / -25	Çok Soğuk	Kuru ciltte 5 saatten daha az sürede çatlama ve soğuk riski.
-26 / -45	Aşırı Soğuk	Açıkta kalan vücut yüzeylerinde 1 <i>dakika</i> içinde donma riski.
-46 / -59	Tehlikeli Soğuk	Açıkta kalan vücut yüzeylerinde 30 <i>saniye</i> içinde donma riski.
< -60	Tehlikeli Soğuk	Açıkta kalan vücut yüzeylerinde 30 <i>saniye</i> den daha kısa sürede donma riski.

DÜŞÜK SICAKLIK & ÖNLEM

Üşümüş olan kişi **ılık bir ortama alınmalı** ve ısıtmak için kuru ve kalın giysiler giydirilmeli, bilinci açık ise **ılık içecekler** verilmelidir.

İleri derecede soğuk maruziyetinde sıcak **su banyosu** (40 - 41 °C) yararlı olabilir.

Korunma bakımından açık havada, denizde çalışanları rüzgardan korumak önemlidir. **Yırtılmaz, su geçirmez, elektrikle ısıtılabilen özellikte giysiler** yararlıdır.

NEM YOĞUNLUĞU

Havanın nem yoğunluğu da termal konforun sağlanmasında önemli bir kavramdır ve hissedilen sıcaklığa önemli etkisi vardır.

Havadaki nem miktarı **mutlak nem** ve **bağıl nem** olarak sınıflandırılır. **Mutlak nem;** birim hacimdeki havada bulunan su buharı miktarını ifade ederken, **bağıl nem;** aynı sıcaklıkta doymuş havadaki mutlak nemin yüzdesini ifade eden bir kavramdır.

İş sağlığı ve güvenliği açısından «bağıl nem» dikkate alınır.

Havanın nem yoğunluğu **higrometre** veya **psikometre** ile ölçülür.

Yüksek ortam sıcaklığında yüksek bağıl nem oranının varlığı **bunalma** hissine neden olacağından, kişinin bedensel gücü azalır. Düşük ortam sıcaklığında yüksek bağıl nem ise **üşüme ve ürperme** hissi verir. Genel olarak herhangi bir işyerinde bağıl nem oranının **%30 – %80** arasında olması tavsiye edilir. Yüksek bağıl nem içeren işyerlerine; **kağıt, tekstil, konserve ve yeraltı maden işletmeleri** örnek verilebilir.

Tablo 8. Hissedilen sıcaklığa havanın nem yoğunluğunun etkisi (35).

		BAĞIL NEM (%)																		
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
HAVA SICAKLIĞI (°C)	50	45	48	53	58	66	69	76	83	91	99									
	49	44	47	51	55	61	66	72	79	86	94									
	48	43	46	49	53	58	63	68	75	81	88	96								
	47	42	45	48	51	55	60	65	70	76	83	90	98							
	46	41	43	46	49	53	57	62	67	72	78	85	91	99						
	45	41	43	45	48	52	56	62	65	70	76	82	88	96						
	44	40	42	44	46	49	52	57	61	66	71	77	83	89	96					
	43	39	40	42	44	47	50	54	58	62	67	72	77	83	90	97				
	42	38	39	41	43	45	48	51	54	58	62	67	72	78	83	90	96			
	41	37	38	39	41	43	45	48	51	55	59	63	67	72	78	83	89	96		
	40	36	37	38	39	41	43	46	48	51	55	59	63	67	72	77	83	88	95	
	39	35	36	37	38	39	41	43	46	48	51	55	58	62	67	71	76	81	87	93
	38	35	35	36	37	38	40	42	44	47	50	53	56	60	64	68	73	78	83	89
	37	34	34	35	36	37	38	40	42	44	46	49	52	56	59	63	67	72	76	81
	36	33	33	34	34	35	36	38	39	41	43	46	48	51	55	58	62	66	70	74
	35	32	32	33	33	34	35	36	37	39	41	43	45	48	50	53	57	60	64	68
	34	31	31	32	32	32	33	34	35	37	38	40	42	44	46	49	52	55	58	61
	33	31	31	31	31	32	32	33	34	36	37	39	40	42	45	47	49	52	55	58
	32	30	30	30	30	31	31	32	33	34	35	36	38	39	41	43	45	47	50	53
	31	29	29	29	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	38	40	41	43	45	47
	30	28	28	28	28	28	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	38	39	41	42
	29	27	27	27	27	28	28	28	28	29	30	30	31	32	32	33	34	36	37	38
	28	26	26	26	27	27	27	27	27	28	28	29	29	30	30	31	32	32	33	34
	27	26	26	26	26	26	27	27	27	27	28	28	28	29	29	30	30	31	31	32
	26	25	25	25	26	26	26	26	26	26	27	27	27	27	27	28	28	28	28	29
	25	25	25	25	25	25	26	26	26	26	26	26	26	27	27	27	27	27	27	27

(-1) – 26 Soğuk - Serin 27 – 32 Sıcak 33 – 41 Çok Sıcak 42 – 54 Tehlikeli Sıcak > 55 Tehlikeli Sıcak

HAVA AKIM HIZI

Sıcaklık ve nemin yanısıra, ***hava akım hızı***nın da termal konfora etkisi büyüktür.

İşyerlerinde termal konforun sağlanması için, sağlığa zararlı olan gaz ve tozların işyeri ortamından uzaklaştırılması, işyerinde oluşan kirli havanın dışarı atılması ve yerine temiz havanın alınması için gerekli uygun ***doğal veya havalandırma mekanizmasının*** oluşturulması gerekir.

İşyerinde termal konforun hayata geçebilmesi için hava akım hızı uygun değerde olmalıdır. Termal konforun sağlanması için hava akım hızının saniyede ***0,3 – 0,5 metre*** değerini aşmaması önerilir.

Hava akım hızı ***anemometre*** ile ölçülür.

HAVA AKIM HIZI

Tablo 9. Dış ortamda hava akımını oluşturan rüzgarın insan vücuduna etkisi (35).

		HAVA SICAKLIĞI (°C)																
RÜZGAR HIZI (km/sa)		0	-1	-2	-3	-4	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	-55	-60
	6	-2	-3	-4	-5	-7	-8	-14	-19	-25	-31	-37	-42	-48	-54	-60	-65	-71
	8	-3	-4	-5	-6	-7	-9	-14	-20	-26	-32	-38	-44	-50	-56	-61	-67	-73
	10	-3	-5	-6	-7	-8	-9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51	-57	-63	-69	-75
	15	-4	-6	-7	-8	-9	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-48	-54	-60	-66	-72	-78
	20	-5	-7	-8	-9	-10	-12	-18	-24	-30	-37	-43	-49	-56	-62	-68	-75	-81
	25	-6	-7	-8	-10	-11	-12	-19	-25	-32	-38	-44	-51	-57	-64	-70	-77	-83
	30	-6	-8	-9	-10	-12	-13	-20	-26	-33	-39	-46	-52	-59	-65	-72	-78	-85
	35	-7	-8	-10	-11	-12	-14	-20	-27	-33	-40	-47	-53	-60	-66	-73	-80	-86
	40	-7	-9	-10	-11	-13	-14	-21	-27	-34	-41	-48	-54	-61	-68	-74	-81	-88
	45	-8	-9	-10	-12	-13	-15	-21	-28	-35	-42	-48	-55	-62	-69	-75	-82	-89
	50	-8	-10	-11	-12	-14	-15	-22	-29	-35	-42	-49	-56	-63	-69	-76	-83	-90
	55	-8	-10	-11	-13	-14	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-57	-63	-70	-77	-84	-91
	60	-9	-10	-12	-13	-14	-16	-23	-30	-36	-43	-50	-57	-64	-71	-78	-85	-92
	65	-9	-10	-12	-13	-15	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-79	-86	-93
	70	-9	-11	-12	-14	-15	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-80	-87	-94
	75	-10	-11	-12	-14	-15	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-66	-73	-80	-87	-94
	80	-10	-11	-13	-14	-15	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-60	-67	-74	-81	-88	-95
	85	-10	-11	-13	-14	-16	-17	-24	-31	-39	-46	-53	-60	-67	-74	-81	-89	-96
	90	-10	-12	-13	-15	-16	-17	-25	-32	-39	-46	-53	-61	-68	-75	-82	-89	-96
	95	-10	-12	-13	-15	-16	-18	-25	-32	-39	-47	-54	-61	-68	-75	-83	-90	-97
	100	-11	-12	-14	-15	-16	-18	-25	-32	-40	-47	-54	-61	-69	-76	-83	-90	-98
	105	-11	-12	-14	-15	-17	-18	-25	-33	-40	-47	-55	-62	-69	-76	-84	-91	-98
	110	-11	-12	-14	-15	-17	-18	-26	-33	-40	-48	-55	-62	-70	-77	-84	-91	-99

(-2 / -9 Soğuk; -10 / -25 Çok Soğuk; -26 / -45 Aşırı Soğuk;
-46 / -59 Tehlikeli Soğuk; < -60 Tehlikeli Soğuk)

RADYANT ISI (TERMAL RADYASYON)

Radyant ısı (termal radyasyon); ısı kaynağından alınan ısıⁱⁿⁱⁿ yayılması ile oluşan ve absorplanacağı bir yüzeye çarpmadıkça ısı meydana getirmeyen elektromanyetik dalga olarak tanımlanır. Radyant ısıyı havalandırma ile kontrol etmek mümkün değilse de, hava akımının varlığı çalışana rahatlık verebilir.

Radyant ısı maruziyetlerine genellikle *maden eritme, cam* vb. sektörlerinde rastlanmaktadır ve ölçümü ***glop termometre*** kullanılarak yapılmaktadır.

Radyant ısıdan korunmanın yolları; çalışanla kaynak arasında ısı geçirmeyen veya ısıyı yansıtan *erimiş maden, cam* vb. malzemelerden yapılmış koruyucular kullanmak, sıcak cisimlerin yüzeylerini ışıma özelliği zayıf olan malzemelerle boyamak veya kaplamak olabilir.

METABOLİZMA HIZI

Termal konfor kavramı içerisinde dikkate edilmesi gereken bir diğer parametre, çalışanın işyerinde sorumlu olduğu işe göre değişen **vücut metabolizma hızıdır**. Vücudumuzdaki toplam ısı üretimi, **metabolizma hızı** olarak adlandırılır, bu ısı besinlerin yanmasıyla açığa çıkan enerjiden kazanılır. Metabolizma hızı, yapılan işin sonucunda ortaya çıkan ısı enerjisinin birim yüzeye oranı olarak da tanımlanır ve birimi **met** yada $(\frac{W}{m^2})$ olarak verilir.

Tablo 10. Değişik aktiviteler için metabolizma hızları (36).

Aktivite	Metabolizma Hızı ($\frac{W}{m^2}$)
Yatma	46
Oturma	58
Ayakta Durma	70
Hafif aktiviteler (büro, laboratuvar, okul)	70
Ayakta aktiviteler (alışveriş, hafif endüstri)	93
Ayakta aktiviteler (ev işleri, makine ile çalışma)	116
Orta Aktiviteler (ağır makine işleri, araba tamiri)	165
1 km/saat koşma	464

GIYSİ YALITIMI

Giysi yalıtımı da insan vücudu ile termal çevresi arasındaki ısı alışverişini karakterize eden faktörlerdendir. Derimiz ile çevre arasında bulunan giysinin ısı ve nem alışverişine etkisi önemlidir.

Termal konforun ifade edilmesinde; giysiler için ısı transferine karşı direnç, giysinin türüne göre aldığı **yatılım birimi** ile ifade edilmektedir. Kıyafetin ısı transferine karşı direnci **clo** birimi ile ifade edilir. $1\ clo = 0,155 \frac{m^2 K}{W}$

Tablo 11. Bazı giysi türleri için yalıtım katsayıları (37).

Kıyafet Türü	Yalıtım katsayısı I_{cl} (clo)
Pantolon kısa kollu gömlek	0,57
Pantolon uzun kollu gömlek	0,61
Diz uzunluğunda etek, kısa kollu gömlek	0,54
Etek / elbise	0,54 – 1,10
Şort	0,36
Uzun kollu pijama ve uzun pijama altlığı	0,96

4. TERMAL KONFOR & KONTROL ÖNLEMLERİ

Hassas bir termal konfor yönetimi ile çalışanların *moral ve verimliliğini arttırmak* ve iş yerinde *daha sağlıklı, güvenli bir çalışma ortamı yaratmak* mümkündür.

İşyerinde uygun termal konforun oluşturulabilmesi için değişik kontrol önlem yöntemleri kullanılır. Bu kontrol önlemlerinden **çevre kontrolü**, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin kontrolünü; **görev kontrolü**, çalışanın yaptığı iş miktarının, giydiği kıyafetin, kullandığı ekipmanın ve çalışma süresinin kontrolünü; **idari kontroller**, iş zamanlaması, planlama, programlama ve dinlenme zamanlarının kontrolünü ve **mühendislik kontroller** ise mühendislik çalışmaları sonucunda alınan önlemlerin kontrolünü içermektedir.

TERMAL KONFOR & DEĞERLENDİRME



**Psikrometre
(Nem ölçer)**



**Hava akım hızı ölçümü
Anemometre**



**Kuru-ıslak
termometre**



**Radyan sıcaklık ölçümü
Siyah hazneli termometre**

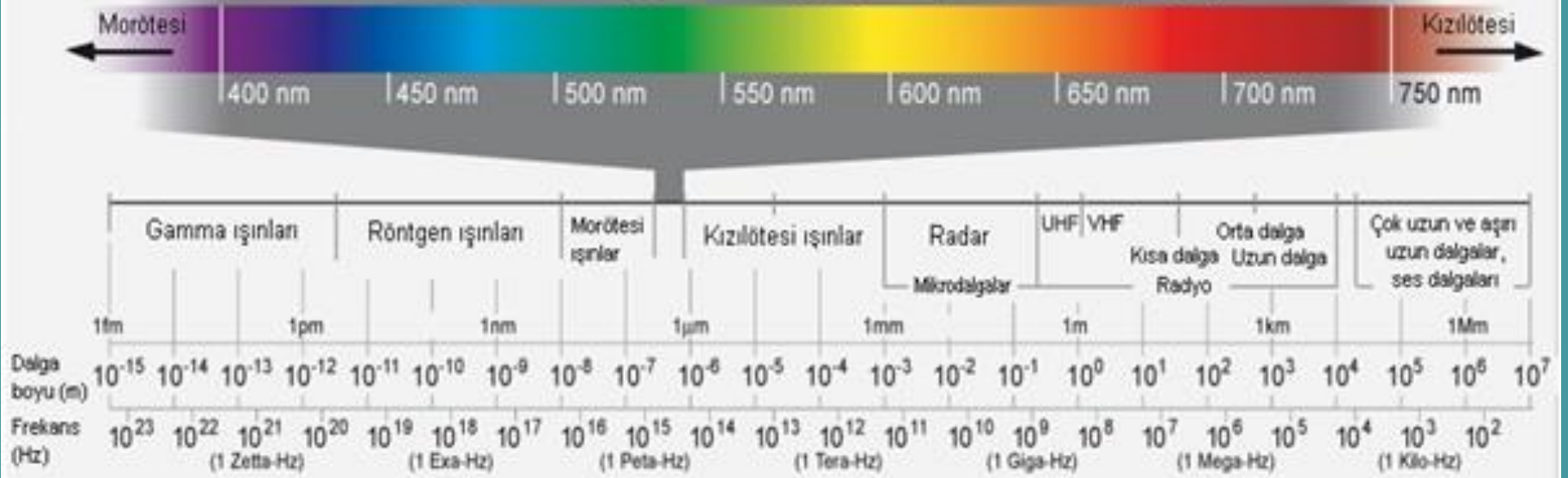
TERMAL KONFOR & YASAL ÖNLEMLER

İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik (2013); 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu kapsamına giren bütün işyerlerini kapsamaktadır. Bu yönetmelikte **Madde 5'e** göre; işveren, çalışanların sağlık ve güvenliğini korumak için **Ek 1'de** verilen asgari sağlık ve güvenlik şartlarını yerine getirir, işyeri bina ve eklentilerinde **yeterli aydınlatma, havalandırma ve termal konfor** şartlarını sağlar.

İşveren **Madde 6** ve **Madde 7'**ye göre; sağlık ve güvenlikle ilgili riskler ve alınan tedbirler hakkında çalışanları bilgilendirmek ve konu hakkında çalışanların veya çalışan temsilcilerinin görüşlerini almak ve katılımlarını sağlamak durumundadır.

Yönetmeliğin İşyeri Bina ve Eklentilerinde Uygulanacak Asgari Sağlık ve Güvenlik Şartlarının açıklandığı Ek-1'de; havalandırma sistemi; kapalı işyerlerinde çalışanların ihtiyaç duyacakları yeterli temiz havanın bulunması sağlanır. Boğucu, zehirli veya tahriş edici gaz ile toz, buğu, duman ve fena kokuları ortam dışına atacak şekil ve nitelikte, genel havalandırma sisteminden ayrı olarak mekanik havalandırma sistemi kurulur ve sistemin her zaman çalışır durumda olması sağlanır.

İnsan gözünün görebildiği ışık spektrumu (tayf)



5. AYDINLATMA



5. AYDINLATMA

Çalışanların sağlığının korunması için gerekli işyeri fiziksel koşullarından çok önemli bir diğer faktör ise, işyerlerinde kullanılması gereken **doğru aydınlatmadır**.

Doğru aydınlatma; iş güvenliği koşullarının iyileştirilmesi, işyerindeki tehlikelerin görünür kılınması ve güvenli çalışma ortamı sunması açısından çok önemlidir.

İş Sağlığı ve Güvenliği açısından aydınlatma; işin uygulanan kalite standartlarının gerektirdiği şekilde yapılmasını ve hata oranlarının azaltılmasını sağlamasının yanı sıra, iş kazalarının önlenmesinde de çok olumlu etkiye sahiptir.

Özellikle **tersaneler, döküm sanayi, büyük montaj hatları ve atölye çalışanları** için çalışma ortamlarının doğru aydınlatılması, böylece iyi görme koşulları sağlanarak yapılan işin doğru ve verimli yapılması da amaçlar arasındadır.

5. AYDINLATMA

Uygun doğal ve yapay aydınlatmanın sağlandığı işyerlerinde; çalışanların göz sağlığı korunur, kas ve iskelet sistemi travmaları gibi bazı meslek hastalıklarının önüne geçilebilir, pek çok iş kazası önlenabilir, çalışanlarda olumlu psikolojik etki sağlanır.

Görme ve algılama; bakılan cisme, ışık kaynağına ve kişinin fizyolojik özelliklerine bağlı olarak değişir. İşyerlerindeki aydınlatma gereksinimi de ***çalışanların özelliklerine, işin türüne, ortam yüzeylerinin soğurma ve yansıtma özelliklerine, bireyin görme yeterliliğine, çalışma alanında bulunan parlak yüzeylerin varlığına, işyerindeki nesneler ve arka planları arasındaki kontrast oranına*** bağlıdır.

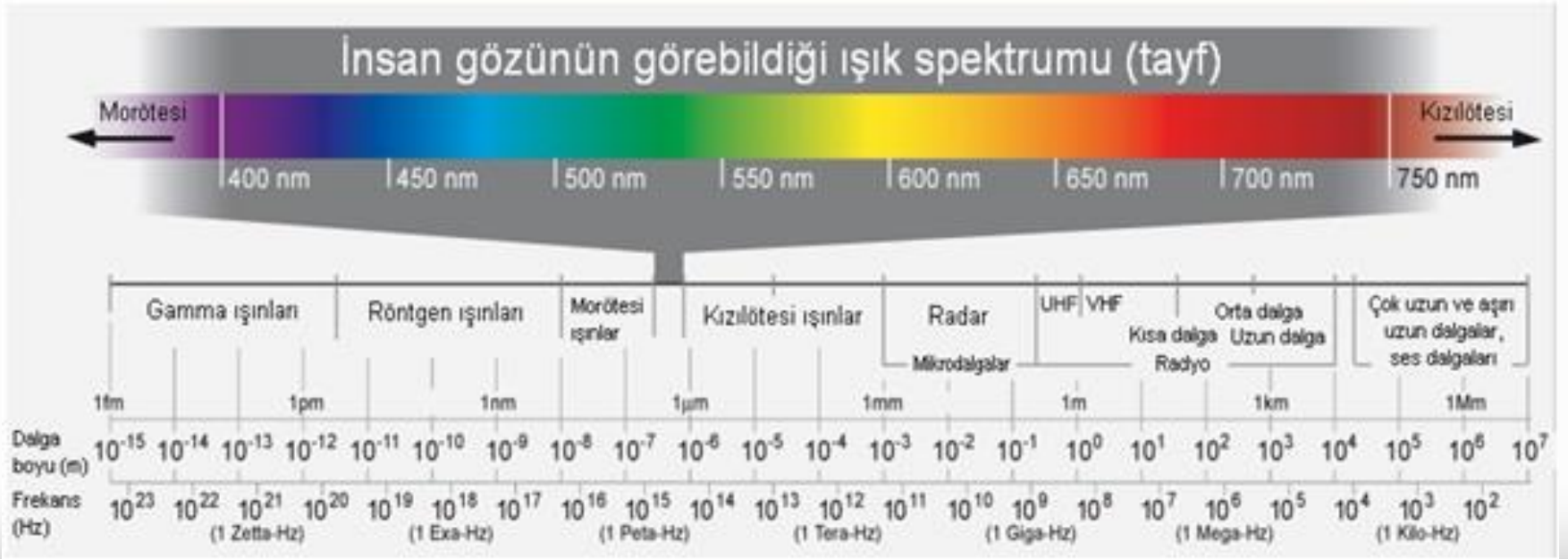
İyi bir işyeri aydınlatması; ***yeterli şiddette, tek düze, iyi yayılmış, gölge vermeyen, göz kamaştırmayan ve uygun renk karışıklığına sahip*** olmalıdır.

Çalışanın yaşı da doğru aydınlatma şiddetinin belirlenmesinde önemli ve dikkat edilmesi gereken bir parametredir.

5. AYDINLATMA

Aydınlatma ölçümleri; seçilen bir bölge için **ışık ölçer (lüksmetre)** kullanılarak, **anlık** veya belli bir süre sonundaki **ortalama** aydınlatma değerleri baz alınarak yapılır. Aydınlatma ölçüm değerlerini yorumlayabilmek için, aydınlatma kavramı ile ilgili bazı fiziksel tanımların verilmesi uygun olacaktır.

Işık; **400 – 700 nm** aralığında dalga boyuna sahip ($4 \times 10^{14} - 7 \times 10^{14}$ Hz frekans aralığında), insan gözüyle algılanabilen elektromanyetik dalgadır ve elektromanyetik spektrumda küçük bir bölgeye karşır gelir.



5. AYDINLATMA

Işığın ölçülmesine **fotometri** denir. Noktasal ışık kaynağının belli bir yönde ışık yayınlaması **ışık şiddeti** olarak tanımlanır, birimi ise **mum (candela – cd)** ile verilir.

Işık akısı; bir ışık kaynağının birim zamanda belli bir açıda yaydığı toplam ışık miktarıdır ve birimi **lümen**'dir.

Bir yüzey üzerine düşen ışık miktarına **aydınlatma şiddeti (illuminance)** denir. Aydınlatma şiddetinin birimi **lüks**tür ($1 \text{ lüks} = 1 \text{ lümen/m}^2$) ve birim alana düşen ışık akılarının toplamını verir. Aydınlatma şiddet aralığı; açık havada gündüzleri **2000 – 100000 lüks**, geceleri ise **50 – 500 lüks** değerlerine sahiptir.

Lüminesans; bir yüzey tarafından yansıyan veya soğurma ışık miktarını verir, birimi $\left(\frac{cd}{m^2}\right)$ dir. Duvarlar, mobilya ve diğer nesnelerde görünen ışık, bu yüzeylerin yansıtma ve absorbe etme özelliklerine bağlıdır. 300 lüks aydınlatma şiddetine sahip bir ofiste bulunan cam yüzeyler $1000 - 4000 \left(\frac{cd}{m^2}\right)$, masa yüzeyleri $40 - 60 \left(\frac{cd}{m^2}\right)$, masa üzerindeki beyaz kağıt ise $70 - 80 \left(\frac{cd}{m^2}\right)$ oranında lüminesans değerlerine sahiptir.

5. AYDINLATMA

Yansıtma oranı (reflectance); gelen ışığı farklı yüzeylerin farklı miktarlarda absorbe ettiğini gösteren bir kavramdır. Koyu renk yüzeyler, açık renk yüzeylere göre ışığı daha fazla absorbe ederler, daha az ışığı yansıtırlar.

Yansıtma oranı, yansıyan ışığın gelen ışığa oranı olarak tanımlanır ve lüminesans değeri ile aydınlatma şiddet değeri kullanılarak hesaplanabilir.

$$(\%) \text{ Yansıtma oranı} = \frac{\text{Lüminesans}}{\text{Aydınlatma Şiddeti}} \times \pi \times 100$$

Yansıma oranları hesaplanırken **siyah rengin 0,1, beyaz rengin ise 1** yansıma oranına sahip olduğu varsayılır.

İşyerlerinde bazı bölgelerin yansıtma oran aralıkları hesaplanmıştır buna göre; **tavan 0,6 – 0,9; duvarlar 0,3 – 0,8; çalışma yüzeyleri 0,2 – 0,6 ve zemin 0,1 – 0,5** aralığında yansıtma oran aralıklarına sahiptirler.

5. AYDINLATMA

Aydınlatma; *doğal aydınlatma* ve *yapay aydınlatma* olarak da sınıflandırılır.

Doğal aydınlatmada temel kaynak **güneştir**.

Aydınlatmanın güneş ışığı ile yapılması esas olarak kabul edilir, bu nedenle aydınlatma açısından uygun çalışma ortamı sağlanırken mümkün olduğunca doğal aydınlatmadan faydalanılması önerilir. Güneşli bir günde açık havada aydınlatma şiddeti 100.000 *lüks*, gölgede ise 10.000 *lüks* olmaktadır.

Doğal aydınlatma, canlılar üzerinde **olumlu biyolojik ve psikolojik etkilere** sahiptir. Bir işyerinin yeterli düzeyde gün ışığı alıp almadığının belirlenmesi için; toplam pencere yüzeyinin, toplam zemin yüzeyine oranı hesaplanır. Doğal aydınlatmanın kullanıldığı işyerlerinde çalışma ortamına, güneş ışığının gelme yönü ve yoğunluğuna dikkat edilerek iş istasyonları, makine ve tezgahlar yerleştirilir. Güneş ışığının çalışma yüzeylerinde parlama yapmamasına, çalışanların gözlerine doğrudan ve yoğun ışık gelmemesine dikkat edilmelidir.

5. AYDINLATMA

Yapay aydınlatma ise, işyerlerinde genellikle **500 lüks** civarı aydınlatma şiddetine ulaşabilmektedir. Gün ışığı, yapay aydınlatmaya göre daha iyi renk yansıtma özelliğine sahiptir.

Yapay aydınlatma, genellikle gün ışığından yeterli derecede yararlanılamayan işyerlerinde (maden ocakları vb.) veya akşam, gece gibi günün belirli zaman aralıklarında kullanılır.

İşyerlerinde güneş ışığı ve gerekmesi halinde yapay aydınlatma sistemlerinin birlikte ve dengeli olarak kullanılması uygulanabilirlik açısından en uygun çözümü verecektir.

Yapay aydınlatma sistemlerinin kullanılan işyerlerinde; **ışık kaynakları işyerindeki her bölgeye iyi dağıtılmalı, özel aydınlatma gerektiren bölgelerde ise ek özel ışık kaynakları** bulundurulmalıdır. Kullanılan yapay ışık kaynaklarından bazıları; **akkor lamba, flüoresan lamba, civa buharlı lamba** vb. lamba çeşitleridir. Yapay aydınlatma gereken durumlarda doğal ışığa en yakın yapay ışık kaynağının seçilmesi de öneriler arasındadır.

5. AYDINLATMA

Aydınlatma işleminde; ışık çalışılan bölgeye direkt geliyorsa **doğrudan (direkt) aydınlatma**, başka bir yüzeye çarpıp geliyorsa **dolaylı aydınlatma** olarak isimlendirilir.

Doğrudan aydınlatma, bir yüzeyin bir kaynaktan düz bir hat üzerinde gelen ışık ışınları ile aydınlatılmasıdır. Doğrudan aydınlatma lokal olarak yüksek lüminesans oluşturmakla birlikte, genellikle ışığın geliş yönünde bulunan nesnelerin arkasında koyu gölgelerin oluşumuna da neden olur ve çok yüksek lüminesans nedeniyle gözde kamaşmaya sebep olabilir. İşyerlerinde doğrudan aydınlatma genellikle **kalite kontrol işleri** gibi yüksek görünürlük gerektiren işler için tercih edilmektedir.

Dolaylı aydınlatma ise; gelen ışık akısının **en az %90'nının** tavana veya duvarlara dağıtıldığı ve bu yüzeylerden geri yansıyan ışık ile aydınlatmanın sağlandığı durumdur.

5. AYDINLATMA

Doğru aydınlatma ve enerji verimliliği için *işyerinde duvarların ve tavanın açık renklerde boyanması* önerilir. Doğrudan gelen gün ışığının oluşturacağı parlamanın önlenmesi için *masa pencerenin önüne yerleştirilmemelidir. Işık arkadan, omuzlar üzerinden monitör ve çalışma masasını aydınlatmalıdır.* Dolaylı parlamanın önlenmesi için pencere, kullanıcının arkasında kalmamalı, parlak renkli masa yüzeylerinden kaçınılmalıdır. Monitör bölgesinde aydınlatma derecesi azaltılmalı, ekran parlamasını engellenmelidir. Pencere ışığını engellemek için panjur ve perdelerden yararlanılabilir.

Ofislerde aydınlatma düzeyinin yeterli seviyede olmaması, çalışanlarda çalışma düzlemine daha yakın olma ihtiyacını doğurur. ***Bu durum, gözün rahat görebilmesi için çalışanın oturma pozisyonunda bozukluklara sebep olur.*** Uzun süre bu olumsuz etki altında çalışanların kas ve iskelet sistemlerinde geçici veya kalıcı rahatsızlıklar oluşmaktadır. Parlama ve gölgenin olmadığı uygun aydınlatma ile *göz yorgunluğu ve baş ağrıları azalır*, işler daha *kolay ve hızlı* gerçekleştirilir, özellikle hareketli makine parçalarının iyi aydınlatılması ile *kazalar önlenebilir*, aydınlık bölgeden karanlık bölgelere geçiş sırasında ortaya çıkabilen *geçici körlük* durumuna bağlı ***iş kazaları da azaltılır.***

5. AYDINLATMA

İşyerlerinde yüksek aydınlatma şiddetinin, konsantrasyon ve motivasyonunun artmasına ve bunun çalışanın **performansının %50 oranında artışına** sebep olduğu görülmüştür.

İş kazalarının büyük oranının, aydınlatma şiddetinin **200 lüks 'den düşük** olduğu işyerlerinde gerçekleştiği rapor edilmiştir.

Amerikan Ulusal Güvenlik Konseyinin raporuna göre; **kötü aydınlatma tüm iş kazalarının %5'inin sebebidir** ve bu oran kötü aydınlatmadan kaynaklanan göz yorgunluğu ile birlikte değerlendirildiğinde iş kazalarının %20'sine ulaşmaktadır.

Bir ağır sanayi fabrikasında yapılan çalışmada, **aydınlatma şiddetinin 200 lüks değerine yükseltilmesi ile iş kazaların %32 oranında azaldığı, duvarların ve tavanın beyaza boyanması ile ise %16,5 oranında ek azalma gözlemlendiği** rapor edilmiştir.

Yol aydınlatmasının iyileştirilmesi için yapılan çalışmalarla, New York ve Paris'teki **trafik kazalarında da azalma** gözlenmiştir.

5. AYDINLATMA

İşyerlerinde önerilen ortalama aydınlatma şiddetleri; koridor ve depolama alanları için 100 *lüks*, ofis çalışmaları için 500 *lüks*, yüzey hazırlama ve boyama için 750 *lüks*, montaj, kalite kontrol ve renk kontrolü için ise 1000 *lüks*tür. Aydınlatma düzeyi yaklaşık 200 *lüks* olan bir işyerindeki aydınlatmanın 700 *lüks* değerine çıkarılması sonucu, iş kazalarında %20 – %50 oranında azalma olacağı öngörülmektedir.

Tablo 12. Farklı çalışma türleri için aydınlatma gereksinimleri (33).

Aydınlatma Gereksinimi	Çalışma türü	Ortalama aydınlatma şiddeti (<i>lüks</i>)	Çalışma yeri için genel aydınlatma (<i>lüks</i>)	Ek genel aydınlatma (<i>lüks</i>)
Hafif	Kaba işler	80 – 170	–	–
Orta	Orta incelikteki işler	170 – 350	250	40
Yüksek	İnce işler	350 – 700	500	20
Çok yüksek	Çok ince işler	700 – 10000	1000	80
Olağanüstü			4000	300

5. AYDINLATMA

Çalışanın yaşı da işe özel doğru aydınlatma şiddetinin belirlenmesinde önemli bir parametredir. Yapılan işe özel olarak ulusal ve uluslararası standartlarda önerilen aydınlatma şiddetleri, görme sorunu yaşamayan genç çalışanlar baz alınarak belirlenmiştir.

Eğer 20 – 25 *yaş* arasındaki çalışanın yaptığı işe özel olarak ihtiyaç duyduğu aydınlatma şiddeti çarpanı **1** kabul edilirse; standartlarda verilen bu değer 40 – 50 *yaş* grubu çalışanlar için **1,2** katsayısı ile; 51 – 65 *yaş* grubu çalışanlar için **1,6** katsayısı ile; 65 *yaş* ve üzerindeki çalışanlar için ise **2,7** katsayısı ile çarpılmalıdır.

Örneğin yapılan işe göre standartta verilen aydınlatma şiddeti 200 *lüks* ise, bu değer 40 – 50 *yaş* arası çalışanlar söz konusu olduğunda 240 *lüks* değerine yükseltilmelidir.

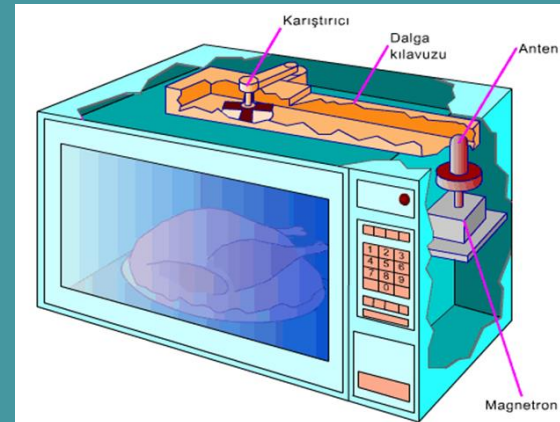
AYDINLANMA & YASAL ÖNLEMLER

İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmeliğin (2013) 2. Madde'sine göre ilgili yönetmelik, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu kapsamına giren bütün işyerlerini kapsar.

Yönetmelikte işverenlerin yükümlülüklerinin anlatıldığı **Madde 5'e** göre; işveren, çalışanların sağlık ve güvenliğini korumak için **Ek-1'de** belirtilen asgari sağlık ve güvenlik şartlarını yerine getirmekle sorumludur. **Sorumluluklarından birisi de işyeri bina ve eklentilerinde yeterli aydınlatma, havalandırma ve termal konfor şartlarını sağlamaktır.**

EK 1'e göre; aydınlatılması gereken acil çıkış yolları ve kapılarında, elektrik kesilmesi halinde yeterli aydınlatmayı sağlayacak ayrı bir enerji kaynağına bağlı acil aydınlatma sistemi bulundurulmalıdır. İşyerlerinin ***gün ışığıyla yeter derecede aydınlatılmış olması esası*** vardır. İşin konusu veya işyerinin inşaa tarzı nedeniyle gün ışığından yeterince yararlanılamayan hallerde veya gece çalışmalarında ise suni ışıkla uygun ve yeterli aydınlatma sağlanmalıdır. İşyerlerinin aydınlatmasında ***TS EN 12464 – 1 (2013)*** ve ***TS EN 12464 – 1 (2011; 2012)*** standartları esas alınır. Çalışma mahalleri ve geçiş yollarındaki aydınlatma sistemleri çalışanlar için kaza riski oluşturmayacak türde olmalıdır ve uygun şekilde yerleştirilmelidir. Çalışanlar için yeterli büyüklükteki uygun aydınlatma, havalandırma, termal konfor ve hijyen şartlarına sahip soyunma odaları, tuvalet, lavabo, barınma yerleri sağlanmalıdır.

6. RADYASYON



6. RADYASYON

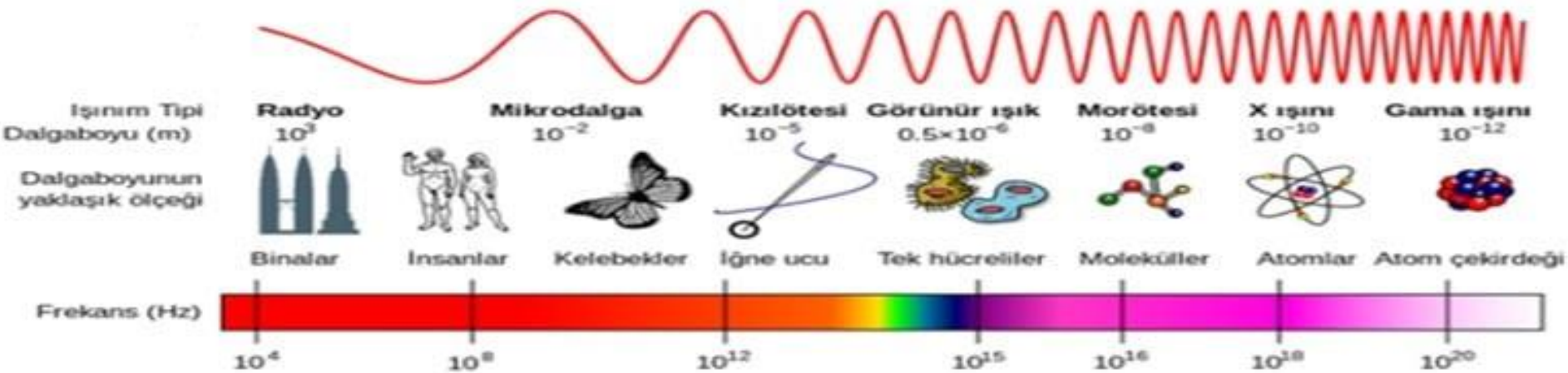
Duyu organlarımız ile varlığını saptayamadığımız **doğal** ve **yapay radyasyon kaynakları** ile birlikte yaşamaktayız. Özellikle iyonize radyasyonun insanlar üzerinde bırakabileceği muhtemel büyük hasarlar da düşünülürse; İş Sağlığı ve Güvenliği açısından **radyasyon**, irdelenmesi gereken önemli bir fiziksel risk faktörü olarak karşımıza çıkmaktadır.

Günümüzde iyonize ve iyonize olmayan radyasyonun uygulama alanları **bilim, sağlık ve teknolojinin** birçok dalında giderek daha çok kullanılmaya başlanmıştır ve oluşan yeni meslek grupları ile radyasyonun kullanım oranının artmaya devam edeceği öngörülmektedir.

Bu bağlamda radyasyonun kullanıldığı işyerleri ve sayıları her geçen gün artan radyasyon çalışanları için radyasyondan korunma tedbirlerinin hayata geçirilmesi büyük önem taşımaktadır.

6. RADYASYON

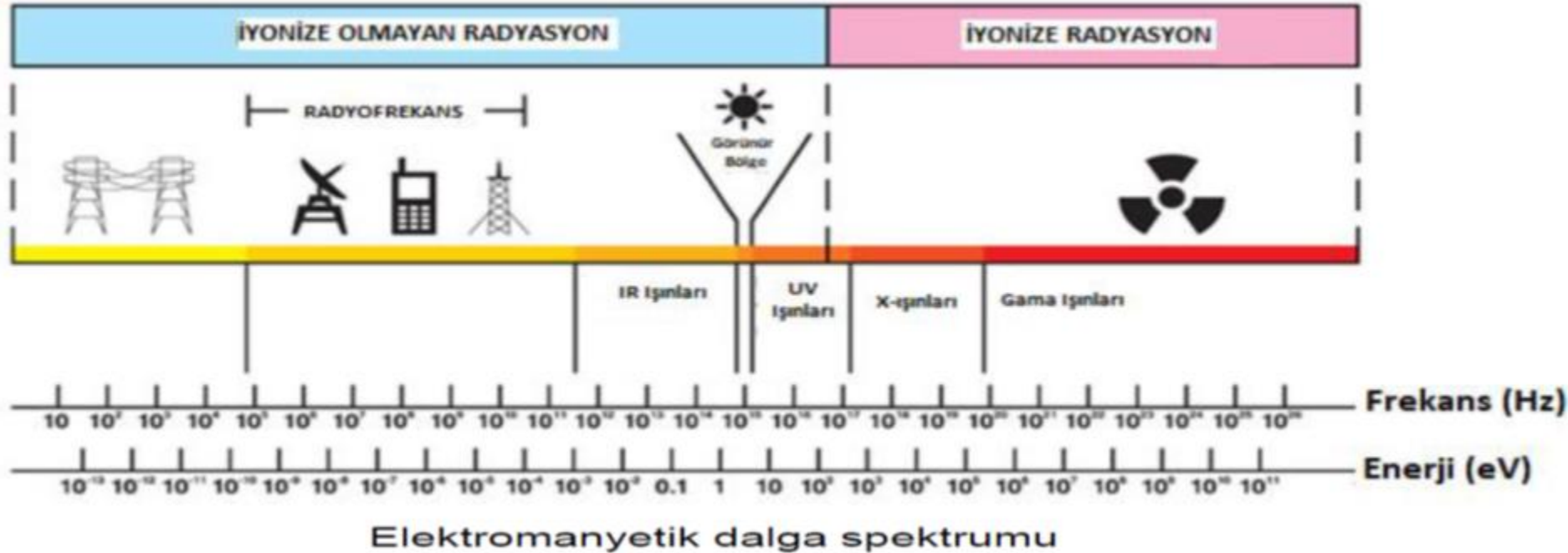
Radyasyon; etkileştiği malzemede iyonizasyona neden olabilecek enerji değerine sahip olan ($E > 10 \text{ eV}$) **iyonize radyasyon** ve taşıdığı enerji etkileştiği malzemede iyonizasyona neden olamayacak büyüklükte olan ($E < 10 \text{ eV}$) **iyonize olmayan radyasyon** olarak iki grupta incelenir.



İyonizasyonun radyasyonun etkileştiği malzeme ve canlı organizmalarda oluşturduğu fiziksel ve biyolojik etkileri tamamen farklı kıldığından, bu iki radyasyon türünün bıraktığı etkiler ve korunma önlemleri farklıdır.

6. RADYASYON

1. **İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon ($E < 10$ eV):** RF, MD, Görünür Bölge ve UV bölgesini (390 nm – 1 nm) içerir. **Örnek:** Baz istasyonları, cep telefonları, mikrodalga fırınlar, radarlar, yüksek gerilim hatları vs.
2. **İyonlaştırıcı Radyasyon ($E > 10$ eV):** X-ışınları (1-0.05 nm), gama ışınları. **Örnek:** Elektron, pozitron, proton, alfa parçacıkları, nötronlar, ağır iyonlar, mezonlar vb.



İYONİZE RADYASYON

İyonize radyasyonla çalışma; gerekli eğitim ve önlemlerin alınmaması, radyasyonun kontrolsüz kullanımı, olası radyasyon kazaları, radyoaktif atıklar, terör saldırıları, nükleer silah denemeleri vb. nedenlerle çalışanlara, genel halka ve çevreye büyük zarar verme potansiyeline sahiptir. Bu nedenle iyonize radyasyon ile çalışanlarının ve halkın korunması çok önemli bir konudur.

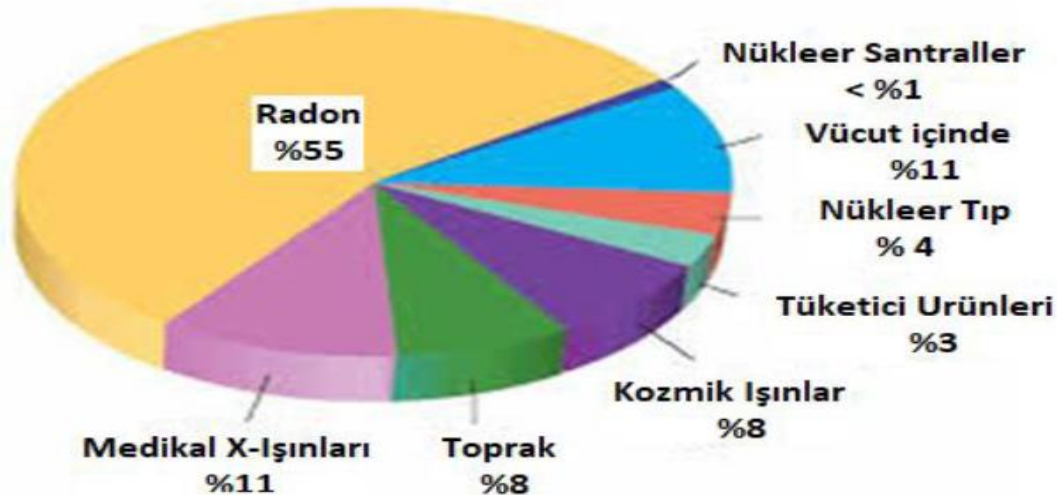
Alınacak önlemlerle maruz kalınacak iyonize radyasyon dozu mümkün en alt limite indirilebilir ancak radyasyon enerji transferinin yaklaşık olarak 10^{-17} ***saniye*** gibi oldukça kısa bir süre içerisinde meydana geldiği düşünülürse, önlemlerin radyasyon uygulamasından önce alınması gerekliliği kendiliğinden ortaya çıkmaktadır.

Ülkemizde iyonize radyasyondan korunma kavramı hakkındaki farkındalık oldukça düşüktür. Özellikle iyonize radyasyonun çok yaygın kullanıldığı ***sağlık hizmetleri sektörü*** ve ***endüstride*** değişik alanlarda mesleki ışınlamaya maruz kalan radyasyon çalışanlarının sayısının çok fazla olduğu düşünülürse, iş sağlığı ve güvenliği açısından radyasyon ile ilgili daha çok çalışma ve düzenlemenin hayata geçirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

6. RADYASYON

Radyasyon kaynaklarının kullanımı, oluşan radyoaktif atıklar ile kullanım dışı kalan radyasyon kaynaklarının taşınması, depolanması ve bertarafı işlerinde çalışan radyasyon çalışanlarını korumaya yönelik doğru radyasyondan koruma uygulamalarının kullanılması bir zorunluluktur.

Uçak uçuş ekiplerinin maruz kaldığı doz miktarı yıllık ortalama **5,7 mSv** civarındadır, bu yüksek radyasyon dozunun nedeni, uçakların kozmik ışın dozunun çok daha fazla olduğu 9 – 15 km aralığındaki yüksek irtifalarda uçuşmasıdır. Kömür madenlerindeki radon seviyesi genellikle havalandırma koşullarının yeterli ve uygun olmadığı yerlerde işçi başına soğurulan yıllık radyasyon dozu **15 mSv'i** geçer!

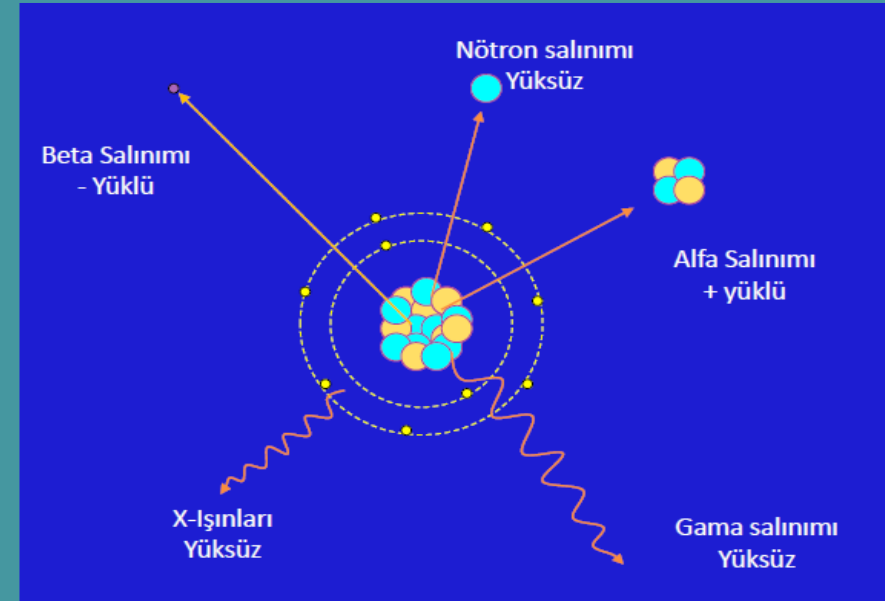
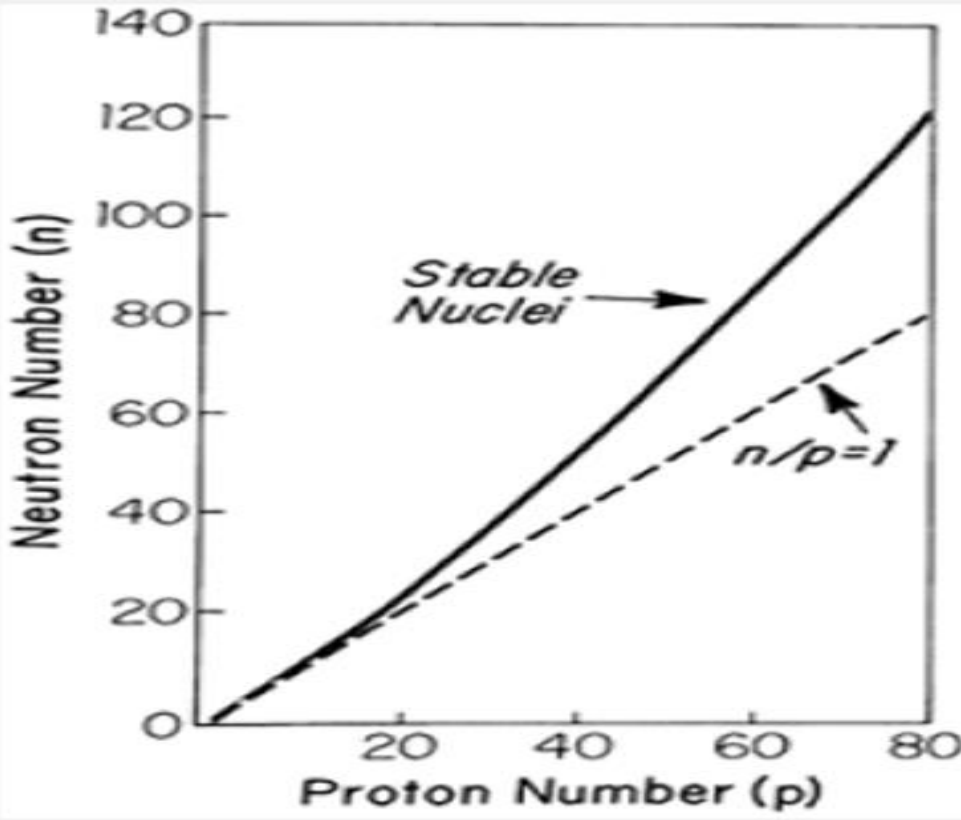


Sekil 5. Doğal iyonize radyasyon kaynakları (51)

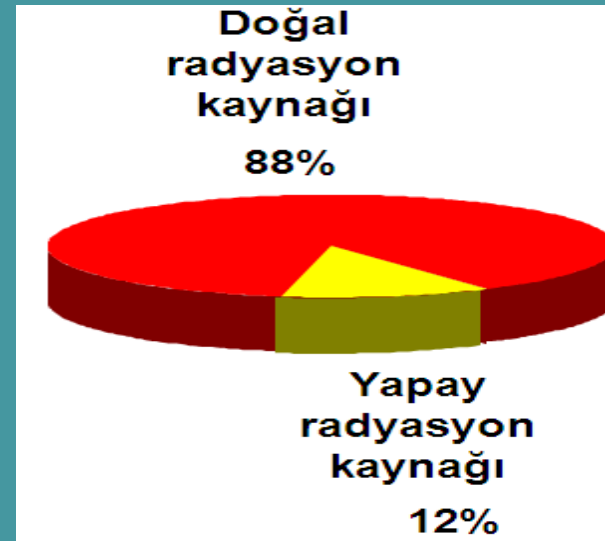
İYONİZE RADYASYON

İyonize radyasyon; elektromanyetik dalgalar veya yüksek enerjili yüklü ve yüksüz atom altı parçacıkların enerji yayınımları olarak tanımlanabilir.

Radyoaktivite; kararsız atom çekirdeklerinin yüksek enerjili elektromanyetik dalga (X-ışınları, γ -ışınları) veya yüksek enerjili yüklü parçacık (elektron, pozitron, proton, nötron, beta parçacığı, α parçacığı, vb.) emisyonu ile parçalanması olayıdır. Bu etkiler iç elektron ve çekirdek tepkimeleri sonucu ortaya çıkmaktadır.



Halkın maruz kaldığı iyonize radyasyonun yaklaşık %88 'si **doğal radyasyon**, %12 'i ise **yapay radyasyon** kaynaklıdır.



Doğal iyonize radyasyon kaynakları; kozmik ışınlar ($\sim 0,39 \text{ mSv/yıl}$), fosil yakıtlar ($\sim 0,46 \text{ mSv/yıl}$), vücudumuzda bulunan radyoaktif elementler kaynaklı iç radyasyon ($\sim 0,23 \text{ mSv/yıl}$), yiyecek, içecek ve solunan hava kaynaklı radyasyon ($\sim 0,25 \text{ mSv/yıl}$), radyum elementinin bozunması ile ortaya çıkan radon gazı kaynaklı radyasyon ($\sim 1,3 \text{ mSv/yıl}$), vb. radyasyon türleri olarak tanımlanır. **Dünya genelinde insanların yıllık maruz kaldıkları radyasyon değerinin $\sim 2,8 \text{ mSv}$ civarında olduğu bilinmektedir.**

UNSCEAR (The United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) tarafından 2000 yılında bazı ülkelerde havada ölçülen yüksek doğal radyasyon doz hızları yayınlanmıştır, bu sonuçlara göre Türkiye – Ankara bölgesi için doğal radyasyon doz hızı **$0,44 \text{ mSv/saat}$** olarak belirlenmiştir.

Yapay iyonize radyasyon kaynakları ise; *nükleer bomba denemeleri sonucu meydana gelen nükleer serpintiler kaynaklı radyasyon (~5 mrem), nükleer santrallerin, uranyum madenlerinin fabrikasyon ve atıklarından kaynaklanan radyasyon, granit, çimento ve beton gibi inşaat malzemelerinden kaynaklanan radyasyon (ppm oranında uranyum, toryum, ⁴⁰K), radyoaktif izotoplar ile yapılan deney ve araştırmalarda kullanılan radyasyon, zirai ve endüstriyel amaçla kullanılan radyasyon, sterilizasyon amaçlı kullanılan radyasyon, kalibrasyon tesislerinde kullanılan radyasyon, tıbbi amaçla kullanılan X-ışınları ve yapay radyoaktif maddeler vb.* radyasyon türlerinden oluşur. Tıbbi amaçla kullanılan radyasyon, genellikle halkın çoğunluğu tarafından soğurulan yapay iyonize radyasyon türüne örnektir. Tıbbi amaçlı maruz kalınan radyasyon dozu, hastanelerin özellikle *onkoloji, radyoloji, nükleer tıp* birimlerinde ve dental teşhis radyolojisindeki hasta ve personelin mesleki ışınlamalarında ortaya çıkar.

TETKİK Radyoloji	<u>Etkin Doz</u> <u>Esdeğeri (mSv)</u>	TETKİK Nükleer Tıp	<u>Etkin Doz</u> <u>Esdeğeri (mSv)</u>
Akciğer Grafisi	0.14 - 0.04	Kemik	1.1 - 6.8
Akciğer Skopisi	0.98 - 0.29	Beyin	0.6 - 11.3
Karın	1.1 - 0.22	Kalp	3.0 - 11.7
Barsak	4.1 - 5	Karaciğer/Dalak	0.9 - 2.2
Anjiyografi	6 - 8	Akciğer	1.1 - 1.4
Mamografi	1	Böbrek	0.01 - 2.1
BT	4 - 3	Troid	1.5 - 3.1

RADYASYON BİRİMLERİ

Radyasyon tanımları arasında, *aktivite*, *maruz kalma*, *soğurulan doz*, *eşdeğer doz* ve *etkin doz* kavramları bulunmaktadır.

Aktivite; bir radyoaktif çekirdeğin birim zamandaki parçalanma sayısını verir. Aktivitenin SI birimi *becquerel* (Bq), geleneksel birimi ise *curie* (Ci)'dir ($1 Ci = 3,7 \times 10^{10} Bq$).

Maruz kalma; normal hava şartlarında birim hava kütleğinde $2,58 \times 10^{-4} C$ 'luk elektrik yükü oluşturan X-ışını veya gama ışını miktarı olarak tanımlanır. Maruz kalma için SI birimi *coulomb/kg* (C/kg), geleneksel birim ise *roentgen* (R)'dir ($1 C/kg = 3.88 \times 10^3 R$).

Soğurulan doz; ışınlanan maddenin $1 kg$ 'ında depolanan radyasyon enerjisidir. Soğurulan doz için SI birimi *gray* ($1 Gy = 1 J/kg$), geleneksel birimi ise *rad*'dir ($1 Gy = 100 rad$).

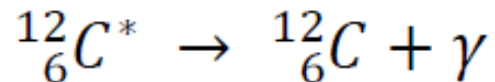
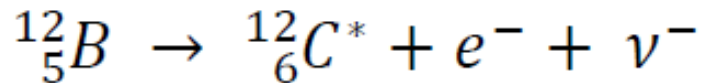
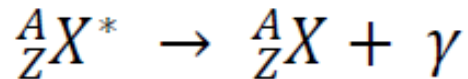
Eşdeğer doz, soğurulan radyasyon dozunun insanda oluşturduğu biyolojik etkisini açıklar, aynı zamanda radyasyondan korunma birimidir. Eşdeğer doz; radyasyonun türüne ve enerjisine bağlı olarak, etkileştiği doku veya organda soğurulan dozun, radyasyon ağırlık faktörü ile çarpımına eşittir. Eşdeğer doz için SI birimi *sievert* (Sv), geleneksel birim ise *rem*'dir ($1 Sv = 100 rem$).

Etkin doz ise; insan vücudunda ışınlanan bütün doku ve organlar için hesaplanmış eşdeğer dozun, her doku ve organın doku ağırlık faktörleri ile çarpılması sonucunda elde edilen dozların toplamıdır, birimi ise *sievert* (Sv) dir.

İYONLAYICI RADYASYON TÜRLERİ

İyonlaştırıcı radyasyon; taşıdığı enerji, etkileştiği atomun dış yörüngesindeki elektronu koparabilecek büyüklükte olan ($E > 10 \text{ eV}$), dolayısıyla maddede yüklü parçacıklar (iyonlar) oluşturabilen radyasyon türüdür. İyonlaştırıcı radyasyon türleri; *alfa parçacıkları, beta parçacıkları, X-ışınları, gama ışınları ve nötronlar, kozmik ışınlar vb. yüksek enerjili elektromanyetik dalga veya parçacıklardır.*

Radyasyon etkileştiği maddeye enerjisini aktararak çeşitli hasarlara neden olur. Farklı radyasyon türlerinin madde ile etkileşim yolları farklıdır. Bu nedenle farklı radyasyon türlerinin madde ile farklı etkileşim mekanizmalarını bilmek, radyasyon kavramını anlamak açısından önemlidir.



İYONİZE RADYASYON & ZARARLARI

Tarihsel olarak radyasyonun zararlı etkileri, X-ışınları ve radyoaktivitenin keşfinden hemen sonra anlaşılmaya başlanmış, 20. Yüzyılın başlarında yüksek radyasyon kaynaklarının kontrolsüz kullanımının artması ile radyasyon hasarları belirgin hale gelmiştir.

Yüksek radyasyon doz maruziyeti kısa sürede **akut (deterministik) etkiler** ile kendini göstermiş, zaman içerisinde ise düşük radyasyon doz maruziyetinin de **kronik (stokastik) etkileri** ortaya çıkan rahatsızlıklarla netlik kazanmaya başlamıştır.

1890'lı yıllarda, X-ışınlarının deride **anormal kızarıklıklar, ödem, anormal kıl/saç kaybı** vb. etkileri olduğu rapor edilmiş, *Becquerel* ve *Madam Curie*'de de akut etkiler gözlenmiştir. Kısa bir süre sonra ise iyonize radyasyonun **kanserojen etkileri** de gözlenmeye başlanmıştır. **1899** yılında yüksek radyasyon dozuna maruz kalan bir radyoloğun sağ elinde yaralar görülmüş, **1902** yılında ise **kanser** olgusuna dair ilk rapor yayınlanmıştır.

1911'de, birçoğu radyasyonu tedavi amaçlı kullanan radyologlarda gözlenen **94** adet X-ışını etkisi sonucu oluşmuş tümör vakası bildirilmiştir. 1922 yılına kadar **yaklaşık 100** radyoloğun iyonize radyasyon maruziyeti nedeniyle kanserden öldüğü tahmin edilmektedir.

İYONİZE RADYASYON & ZARARLARI

İş Sağlığı Güvenliği açısından iyonize radyasyonun meslek hastalığı oluşturduğunun göstergesi sayılabilecek olaylardan birisi; yüksek miktarda *uranyum* içeren Saksonya-Almanya'daki kobalt madenlerinde ve Çek Cumhuriyeti'nde görülmüştür. *Bu olaylarda, uranyum oksit (U_3O_8) içeren maden ocaklarında çalışan madenciler arasında akciğer kanseri vakalarının daha yüksek sıklıkta gözlemlendiği bildirilmiştir.* İlerleyen zamanlarda bu madencilerin radyoaktif radon gazının ve maden tünellerinde serbest kalan uranyum bozunum ürünlerinin solunmasının yol açtığı içsel ışınlamaya maruz kaldıkları anlaşılmıştır.

Mesleki ışınlama olarak kayıtlara geçen çok önemli bir başka iç ışıma vakası ise; *ABD - New Jersey'de, bir saat fabrikasında çalışan ve radyum kullanarak saat kadranı boyayan kadın fabrika çalışanları arasında 1917 - 1926 yılları arasında yaşanmıştır.* Sonraki yıllarda *radyum kızları (radium girls)* olarak isimlendirilen işçi kadınlar, fabrikada üretilen saat kadranları üzerindeki rakamları *radyum içeren bir boya* ile boyarken, numaraların daha net görülmesi için boyaya batırılmış fırçalarını dudaklarıyla temizleme alışkanlığı edinmişlerdi. Bu şekilde sindirim yolu ile vücuda alınan radon, iç alfa ışıması yaparak çeşitli kanser türlerine neden olmuş ve 50 kadar işçinin bu nedenle toplu ölümüne yol açmıştı.

İYONLAŞTIRICI RADYASYONUN BİYOLOJİK ETKİLERİ

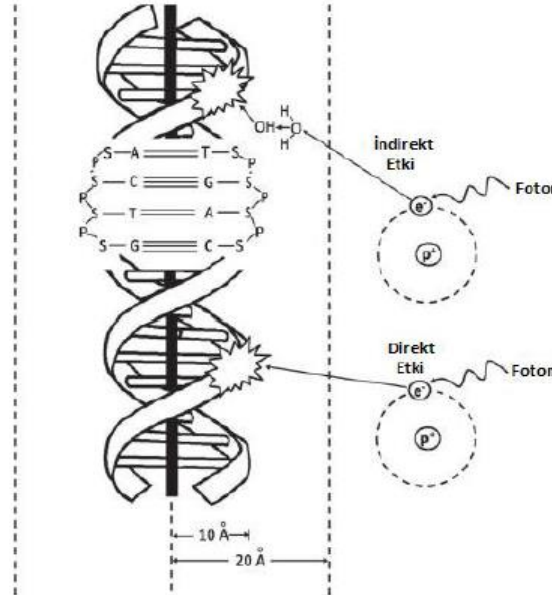
Radyasyonun insan sağlığı üzerinde yaratabileceği zararlı etkiler yaklaşık X-ışınlarının keşif yıllarından beri bilinmektedir. Bu etkiler *radyasyon yanıkları, radyasyon hastalıkları, ömür süresinin kısalması, kanser ve kalıtsal bozukluklar vb. rahatsızlıklardır*. Hatta yüksek radyasyon doz hızına maruz kalınması halinde ani ölümler de gözlenmektedir.

Radyasyonun madde ile etkileşimi ile biyolojik etkilerin ortaya çıkışı arasında geçen sürede gelişen olaylar **«radyobiyolojinin konusunu»** oluşturur. İyonlaştırıcı radyasyonun bir canlıda biyolojik bir hasar yaratabilmesi için radyasyon enerjisinin hücre tarafından soğurulması gerekir. İnsan vücudundaki farklı hücre ve dokuların radyasyon duyarlılıkları farklı olduğundan, canlı sistemlerdeki radyasyon etkileri *yapısal farklılıklara* ve *radyasyonun kalite faktörüne (türüne)* bağlı olarak değişir.

Yapılan araştırmalar, hücrede radyasyona en duyarlı bölümlerinin sırasıyla hücre çekirdeğinde bulunan **deoksiribonükleikasit (DNA), ribonükleikasit (RNA), proteinler** vb. yapılar olduğunu göstermiştir. DNA, bütün canlılarda kalıtsallığı sağlayan temel makro molekül olması sebebi ile çok önemlidir.

İYONLAŞTIRICI RADYASYONUN BİYOLOJİK ETKİLERİ

Temel fiziksel etkileşme türü *iyonizasyon* ve *uyarılma* olan iyonize radyasyon, etkileştiği hücrenin çekirdeğinde, organellerinde veya sitoplazmasında iyonlaşmalara veya uyarımlara sebep olabilir. Radyasyonun yolu boyunca etkileştiği yapılarda oluşturduğu hasarlar radyasyonun ***direkt etkisi*** olarak bilinir. Aynı zamanda radyasyon, ***dolaylı (endirekt) etki*** ile önce hücrelerin yaklaşık $\frac{3}{4}$ 'ünü oluşturan su molekülleri ile etkileşip yüksek düzeyde reaktif oksijen (O^*) ve hidroksil (OH^*) gibi serbest radikaller oluşturabilir ve oluşturduğu bu serbest radikaller ile hücre yapılarında dolaylı yollar ile hasarlara (iyonlaşma/uyarılma vb.) sebep olabilir .



Sekil 10. Radyasyonun DNA'da oluşturduğu direkt ve dolaylı etkisi

İYONLAŞTIRICI RADYASYONUN BİYOLOJİK ETKİLERİ

Direkt veya dolaylı yollardan hasarlara sebep olabilen iyonize radyasyonun canlıların temel hücre yapısında oluşturduğu etkiler oluş sırasına göre aşağıda verilmiştir:

1. İyonlaşma ve uyarılma gibi **fiziksel etkiler** ($10^{-18} - 10^{-13} s$),
2. Serbest radikal oluşumu gibi **fizikokimyasal etkiler** ($10^{-13} s$),
3. Makromoleküllerde biyolojik radikallerin oluşumu gibi **kimyasal etkiler** ($10^{-6} s$)
4. Uzun bir latent evre sonunda ($10^{-6} s - 40 yıl$) ortaya çıkabilecek **biyolojik etkiler**

Radyasyonun hücrede oluşturduğu hasarların **hemen ardından bir onarım faaliyeti de başlar**. Hasar çok büyük değilse DNA da meydana gelen kırılmalar **onarılabilir**. Ancak bu onarım esnasında **mutasyonlar** da oluşabilir ve yanlış şifre bilgiler içeren kromozomlar meydana gelebilir. Hasarlı DNA düzgün onarılmadığı durumda, hücre ya mutasyona uğramış olarak sağ kalabilir veya **ölebilir**.

İYONLAŞTIRICI RADYASYONUN BİYOLOJİK ETKİLERİ

Radyasyonun tüm vücut üzerinde oluşturabileceği etkiler sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre **somatik etki**, radyasyona maruz kalan kişinin *kendisinde* gözlenen etkiler olarak tanımlanır.

Somatik etkiler; alınan radyasyon dozunun büyüklüğüne bağlı olarak 50 günden daha kısa sürede ortaya çıkan **deterministik etki** ve daha geç ortaya çıkan **stokastik etki** (*kronik etki*) olarak iki farklı alt başlıkta incelenebilir.

Radyasyonun **deterministik etkileri 0,25 Sv doz** eşik değerinin üzerinde başlar ve hasarın şiddeti soğurulan doz değeri ile artış gösterir. **Eritemalar, bazı hematolojik etkiler (kan kompozisyonunda değişiklikler)** vb. rahatsızlıklar, maruz kalınan yüksek doz nedeniyle görülen akut etkilerdendir. Kişinin tek seferde yüksek doza maruz kalması durumunda oluşabilecek diğer akut etkiler; **halsizlik, ateş, baş ağrısı, mide bulantısı, kusma, iştahsızlık, karın ağrısı, ishal, iç kanama, bilinç kaybı, ağız ve boğaz enfeksiyonları, hızlı zayıflama, anemi, kromozom anormallikleri veya beyaz kan hücresi düzeylerinde azalma, katarakt, saç dökülmesi (epilasyon), geçici kısırlık vb.** etkilerdir.

İYONLAŞTIRICI RADYASYONUN BİYOLOJİK ETKİLERİ

Kanser, mutasyonlar, katarakt, kornea delinmesi, körlük, kısırlık, ömür kısalması ise kronik radyasyon dozunun kişide oluşturduğu **stokastik etkiler** (kronik etkiler) olarak tanımlanır.

Vücut, kronik olarak alınan radyasyon dozunu, akut olarak alınan radyasyona göre daha iyi tolere edebilir. Kronik olarak alınan radyasyon dozunun soğurulması durumunda hücrelerde oluşan hasar görece düşük olacağından, vücudun oluşan zararları onarmak ve işlevini yitirmiş hücreleri sağlıklı yeni hücreler ile değiştirmek için yeterli zamanı olacaktır. Mesleki ışınlamalar ise, genellikle stokastik etkiler sınıfında değerlendirilmektedir.

Radyasyonun oluşturduğu **genetik etkiler** ise; kalıtsal yolla radyasyona maruz kalan kişinin kendisinde değil de, daha sonraki nesillerinde ortaya çıkan çekinik (resesif) karakterli etkilerdir. Radyasyonun genetik etkisi, doğal mutasyon hızını artırma yönündedir ve gelecek nesillerde **doğumsal, bazı anomaliler, büyüme ve gelişme geriliği, doğum öncesi ve sonrası ölüm vb.** etkilere neden olabilir.

RADYASYONDAN KORUNMA

Radyasyonun duyu organları ile algılanamaması, çalışanların radyasyon konusunda bilinçsiz ve duyarsız olması, düşük kronik dozlarda kişide oluşan hasarların belirgin olarak görülememesi vb. nedenlerle radyasyondan korunma kavramında aşılması gereken zorluklar bulunmaktadır.

Ayrıca radyasyon ölçüm cihazlarının ve radyasyondan koruyucu kıyafetlerin yaygın olarak kullanılmaması, ölçüm cihazlarının pahalı olması, işyerlerinde radyasyon konusunda yeterli donanımına sahip iş sağlığı ve güvenliği uzmanlarının olmaması vb. durumlar da radyasyondan korunmada karşılaşılan güçlüklerdendir.



RADYASYONDAN KORUNMA

Radyasyondan korunmada üç temel fiziksel faktör belirlenmiştir. Bu faktörler, *zaman*, *mesafe* ve *zırhlama*'dır ve aşağıda kısaca açıklanmıştır.

1. Zaman: Soğurulan radyasyon dozu radyasyona maruz kalma süresi ile doğru orantılı olduğundan, radyoaktif kaynağın yakınında ne kadar az zaman geçirilirse doz maruziyeti o denli azalacaktır [**Doz = (Doz Şiddeti) x (Zaman)**].

2. Mesafe: Radyasyon, radyoaktif kaynaktan uzaklaştıkça mesafenin karesi ile ters orantılı olarak şiddetini kaybeder. Bu nedenle radyasyon kaynağından uzaklaşarak, maruz kalınabilecek doz miktarı azaltılabilir $\left[D_R = D_0 * \left(\frac{r_0}{r} \right)^2 \right]$.

3. Zırhlama: Bu korunma faktöründeki temel mantık; radyasyon kaynağı ile radyasyon çalışanı arasına yerleştirilecek soğurucu özelliği yüksek zırh malzemelerinin, yayınlanan radyasyonun belli bir miktarını soğurması ve çalışanda oluşabilecek hasarların azaltılmasıdır. Ancak uygun koruma için seçilecek zırhlama malzemesinin de, kaynaktan yayınlanan radyasyon türüne özel olması gerekir. Genellikle radyasyon türüne bağlı olarak zırhlama malzemeleri *lityum*, *bor*, *parafin*, *su*, *kurşun*, *demir*, *tungsten* ve *seyreltilmiş uranyum*, *beton*, *toprak*, *polietilen*, *kadmiyum* vb. malzemelerden tercih edilir.

RADYASYONDAN KORUNMA

Radyasyon çalışanları radyasyon kaynağı ile çalışırken, radyasyonun zararlı etkilerinden korunmak için radyasyon kaynağının kullanıldığı *işi en kısa sürede bitirmeli, çalışırken kaynağa mümkün olan en uzak mesafede durmalı veya mesafeyi artıran tutucu aletler ve radyasyonu soğurucu zırh malzemeleri* kullanmalıdır.

Aynı zamanda radyasyon görevlileri çalışmaları süresince kişisel olarak radyasyondan korunmak için, *kurşunlu gözlükler, yüz koruyucuları, boyun koruyucuları, önlükler, eldivenler, paravan vb. kişisel koruyucu donanım* kullanmalı ve *kişisel radyasyon dozimetrelerini* yanlarından ayırmamalıdır.

Personel görüntülemeleri, kişisel radyasyon dozimetreleri ile yapılmalıdır. Kişisel radyasyon dozimetrik sistemleri olarak; *film dozimetreler, termolüminesans dozimetreler (TLD), Elektron Spin Rezonans (ESR) dozimetreler, jel dozimetreler, kimyasal dozimetreler, cam dozimetreler, cep dozimetreler, elektronik dozimetreler*, vb. amaca uygun dozimetreler kullanılır. Çalışma esnasında maruz kalınan radyasyon dozlarını ölçmek, kayıtlarını tutmak, radyasyon çalışanlarına radyasyonun etkileri bakımından sağlığının korunduğu güvencesini vermek gerekmektedir.

RADYASYON & YASAL ÖNLEMLER

İş Sağlığı ve Güvenliği açısından yapılan işin özelliği, işin her safhasında kullanılan veya ortaya çıkan maddeler, iş ekipmanları, üretim yöntemleri, çalışma ortam ve şartları ile ilgili diğer hususlar dikkate alınarak işyeri için tehlike grupları belirlenir. Bu bağlamda *uranyum* ve *toryum* cevher madenciliği, *uranyum*, *plütonum* ve *toryum* cevherlerinin zenginleştirilmesi, nükleer yakıtların işlenmesi, radyoaktif kaynak kullanılan hastane ve araştırma hizmetleri, analiz veya raporlama olmaksızın teşhis amaçlı görüntüleme hizmetleri, iş sağlığı ve güvenliğine ilişkin işyeri tehlike sınıfları tebliğine göre **çok tehlikeli iş kolları** sınıfına girmektedir.

Ülkemizde SGK mevzuatına göre meslek hastalıkları 5 grupta sınıflandırılmıştır, fiziksel risk faktörlerinden birisi olan radyasyonun ise **E grubu meslek hastalığına** yol açtığı belirtilmiştir.

Radyasyonun zararları konusunda artan farkındalık sonucunda **1928**'de 2. Uluslararası Radyoloji Kongresi, izin verilebilir radyasyon ışınlaması standartlarını belirlemek üzere **Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu'nu (ICRP)** kurmuştur. **1957**'de kurulan **Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA)** ve **Çevresel Koruma Ajansı (EPA)** vb. çeşitli bağımsız kuruluşlar ise, iyonlaştırıcı radyasyondan korunma ile ilgili olarak tavsiye niteliğinde yayınlar yapmaya başlamışlardır.

RADYASYON & YASAL ÖNLEMLER

Günümüzde radyasyonun tıp alanında kullanılması sonucunda tanı ve tedavi amacıyla soğurulan kişisel radyasyon dozlarının sınırlanmasında radyasyon çalışanlarının yayınlanan mevzuat ve ICRP tavsiyelerine uymaları, soğurulan kollektif dozu azaltmaları, radyasyondan korunma ilkelerini bütünüyle uygulamaları gerekmektedir.

Radyasyon Güvenliği Tüzüğü'ne (1985) göre; iyonlaştırıcı radyasyon kaynaklarını bulunduran, kullanan, imal, ithal ve ihraç eden, alan, satan, taşıyan ve depolayan resmi ile özel kurum ve kuruluşlar ve gerçek kişilerce uyulması gereken kurallar açıklanmıştır. ***Tüzükte radyasyon birimleri tanımlanmış, radyasyon güvenliği temel standartları, lisansa bağlı işler, izne ve denetime bağlı işler, kayıt tutma yükümlülükleri*** açıklanmıştır.

2000 yılında yayınlanan ***Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği***, iyonize radyasyondan korunmada ***temel güvenlik standartlarını, ışınlama doz sınırlarını, lisans, denetim ve kayıtlara ilişkin uyulması gereken kuralları*** belirlemiştir. Yönetmelik, iyonlaştırıcı radyasyon ışınlamalarına karşı her türlü tesis ve radyasyon kaynağının tehlikelerine karşı kişilerin ve çevrenin radyasyon güvenliği hakkında bilgi verir ancak nükleer tesisler, nükleer yakıtlar, radyoaktif atıklar ve nükleer maddelere ilişkin faaliyetleri kapsamaz.

RADYASYON & YASAL ÖNLEMLER

Yönetmelikte **Madde 7'**de radyasyondan korunmada kullanılan doz sınırlama sisteminin üç temel ilkesi verilmiştir.

1. Bu doz sınırlama sistemlerinden **uygulamaların gerekliliği (justification)** ilkesi; net bir fayda sağlamayan hiçbir radyasyonun kullanılmaması gerektiğini söyler.

2. Bir diğer ilke olan **optimizasyon;** radyasyona maruz kalmaya sebep olan uygulamalarda olası tüm ışınlamalar için bireysel dozların büyüklüğü belirlenirken, ışınlanacak kişilerin sayısı, ekonomik ve sosyal faktörler göz önünde bulundurularak mümkün en düşük radyasyon dozunun kullanılması gerekliliğini ortaya koyar. Bu kavram **ALARA ilkesi (As Low As Reasonably Achievable)** olarak tanımlanır, radyasyondan korunmanın temel prensiplerindendir ve radyoaktif salınımının en aza indirilmesini öngören çeşitli yöntemleri içerir.

3. Doz sınırlaması ise; tıbbi ışınlamalar hariç, izin verilen tüm ışınlamaların ilgili organ veya dokuda neden olduğu eşdeğer doz ve etkin doz değerlerinin yıllık doz sınırlarını aşamayacağını söyler.

RADYASYON DOZ SINIRLARI

Yıllık doz sınırları yönetmelikte **Madde 10'da** verilmiştir. Buna göre **yıllık toplam doz**, aynı yıl içinde *dış ışınlama* ile *iç ışınlamadan* alınan dozların toplamıdır ve kişilerin bu sınırların üzerinde radyasyon dozuna maruz kalmalarına izin verilemez.

Radyasyon görevlileri için etkin doz ardışık beş yılın ortalaması 20 mSv'i, herhangi bir yılda ise 50 mSv'i geçemez. El ve ayak veya cilt için yıllık eşdeğer doz sınırı 500 mSv, göz merceği için ise 150 mSv'dir.

Toplum üyesi kişiler için etkin doz yılda 1 mSv'i geçemez. Cilt için yıllık eşdeğer doz sınırı 50 mSv, göz merceği için 15 mSv'dir.

18 yaşından küçükler radyasyon uygulaması işinde çalıştırılmazlar. Eğitimleri radyasyon kaynaklarının kullanılmasını gerektiren 16 – 18 yaş arasındaki stajyerler ve öğrenciler için etkin doz, herhangi bir yılda 6 mSv'i geçemez. Ancak el, ayak veya deri için yıllık eşdeğer doz sınırı 150 mSv, göz merceği için 50 mSv'dir.

RADYASYON DOZ SINIRLARI

Halk için izin verilen radyasyon dozu → **1 mSv**

Sağlık Fizikçisi için izin verilen radyasyon dozu → **20 mSv**

Dünyada nükleer endüstri alanında yaklaşık **800.000** kişi çalışmaktadır.
Medikal alanda çalışanların sayısı **2.000.000**'un üzerindedir.

Yapay kaynaklar nedeni ile mesleki olarak ışınlananların doz ortalamaları yılda **1 mSv**'den daha düşüktür.

Uranyum madenciliği dışında yapay kaynaklar nedeni ile alınan yıllık ortalama doz yıllık **2 mSv'nin** altındadır.

DENETİMLİ ALAN & GÖZETİMLİ ALAN

Yönetmelikte geçen **Madde 12**, *hamileliği belirlenmiş kadın çalışanlar ile ilgilidir*. Buna göre; hamileliği belirlenmiş kadın çalışan için çalışma koşulları yeniden düzenlenir, doğacak çocuğun alacağı radyasyon dozunun mümkün olduğunca düşük düzeyde tutulması sağlanır ve hamilelik süresince toplum için belirlenen doz sınırlarına uyulur. Emzirme dönemindeki kadın çalışanlar radyoaktif kontaminasyon riski taşıyan işlerde çalıştırılmazlar.

Madde 15, maruz kalınacak yıllık dozun 1 mSv değerini geçme olasılığı bulunan radyasyon alanlarının sınıflandırılması ile ilgilidir. Buna göre **denetimli alanlar**; radyasyon görevlilerinin giriş ve çıkışlarının özel denetime, çalışmalarının özel kurallara bağlı olduğu ve görevi gereği radyasyon ile çalışan kişilerin ardışık beş yılın ortalama yıllık doz sınırlarının **3/10 'undan fazla** radyasyon dozuna maruz kalabilecekleri alanlardır.

Gözetimli Alanlar ise; radyasyon görevlileri için yıllık doz sınırlarının **1/20'sinin aşılma olasılığı olup, 3/10'unun aşılması beklenmeyen**, kişisel doz ölçümünü gerektirmeyen fakat çevresel radyasyonun izlenmesini gerektiren alanlardır.

İYONLAŞTIRICI OLMAYAN RADYASYON

İyonlaştırıcı olmayan radyasyonun enerjisi etkileştiği maddede iyonlaşmaya sebep olacak büyüklükte değildir ($E < 10 \text{ eV}$) ancak etkileştiği maddede **titreşim, dönü** vb. etkileşmelere ve bu etkileşmelerin sonucunda ise etkileştiği malzemede sıcaklık yükselmelerine sebep olabilir.

Çevremizde hem *doğal*, hem de teknolojinin gelişmesi ile birlikte üretilen *yapay* iyonlaştırıcı olmayan elektromanyetik alan kaynaklar bulunmaktadır. **Doğal elektromanyetik alan kaynakları**; gelişigüzel, geçici, şiddetli veya aşırı gürültülü patlamalar oluşturan çok geniş bir frekans bandına sahiptir. **Yapay elektromanyetik alan kaynakları** ise, insan yapımı elektronik cihaz ve sistemlerden oluşmaktadır.

Yerkürenin elektromanyetik alan etkisi, yıldırımlar vb. doğal iyonlaştırıcı olmayan radyasyon kaynaklarının yanısıra, evlerde ve işyerlerinde **kullanılan buzdolabı, saç kurutma makinesi, ütü, elektrikli battaniye, bilgisayar, televizyon gibi elektrikli aletler** de yapay elektromanyetik alan oluşturan kaynaklardandır.

İYONLAŞTIRICI OLMAYAN RADYASYON

İyonlaştırıcı olmayan radyasyon türleri arasında elektromanyetik spektrumda düşük enerji bölgesine karşılık gelen bölgeler sıralanmıştır:

ultraviyole [UV, morötesi (200 – 400 nm)],

görünür bölge [VIS (400 – 700 nm)],

kırmızıaltı [IR, Infrared (700 nm – 1 mm)],

mikrodalga [MD (1 mm – 1 m)]

radio frekans [RF (1 m – 1 km)]

İYONLAŞTIRICI OLMAYAN RADYASYON

Ultraviyole (UV) Işınlарının kaynağı, genellikle güneş (%5'i UV ışınlarıdır), elektrik arkları, civa lambaları vb. kaynaklardır. Güneşten yayınlanan UV ışınları üç farklı alt grupta incelenir. **UV – A (400 – 320 nm)** en düşük enerjili ve görece olarak daha az tehlikeli olan UV ışınlarıdır ve soğurulan doza bağlı olarak *eritema*, *bronzlaşma*, *yaşlanma* ve *kanser* oluşumuna neden olabilmektedir ancak bu etkilerin ortaya çıkması için UV-B ışınlarının 1000 katı kadar dozun soğurulması gerekmektedir. **UV – B (320 – 280 nm)**; en zararlı kabul edilen UV ışını türüdür. İleri derecede *bronzlaşma*, *yanık* ve *yaşlandırma* etkileri vardır. Deri kanseri ve katarakta yol açabilir, bitkilerin gelişimini yavaşlatır, doğal yaşamı ve tüm canlıları etkiler. **UV – C (280 – 200 nm)** ise; en kısa dalga boyuna sahiptir ve çok zararlı olmasının yanı sıra, *karsinojenik* olduğu da bilinmektedir. Ancak, atmosferdeki ozon tabakası tarafından filtre edildiği için yeryüzüne genellikle ulaşamaz. UV ışınlarının giricilik özellikleri düşük olduğu için insan vücudu ile etkileştiklerinde daha çok yüzeysel etkiye neden olurlar.

İş sağlığı ve güvenliği açısından, açık havada çalışan (çiftçiler, balıkçılar, denizciler vb.) ve kaynak işleri yapanlar UV ışınlarına daha çok maruz kalırlar. **Güneşten korunmak için açık renk, ince pamuklu kumaştan yapılmış giysiler giyilmeli, şapka ve güneş gözlüğü, koruyucu kremler kullanılmalıdır. Kaynak işlemi sırasında da maske, koruyucu gözlük ve eldiven ile korunma sağlanmalıdır. İnsan sağlığı üzerine etkileri temelde deri üzerinedir ve bu etkiler arasında eritema, pigmentasyonda artış vb. sayılabilir.**

İYONLAŞTIRICI OLMAYAN RADYASYON

Görünür bölge (VIS) Işınları; insan gözünün algıladığı, görebildiği frekans aralığındadır ve ışık olarak isimlendirilir ve *mor* (400 nm) ile *kırmızı* (700 nm) renkleri arasındadır. *Uygun aydınlatma koşullarının bulunmadığı işyerlerinde ışığın göze, çalışanın mental işleyişine, psikolojisine ve iş verimine olumsuz etkileri bilinmektedir.*

Kırmızıaltı (IR, infrared) Işınları; yapay olarak elde edilebildikleri gibi güneş ışınlarının içinde de %47 oranında da bulunurlar. **Güneş dışında mum ışığı, ateş, halojen ampuller de IR ışık kaynaklarından bazılarıdır.** Bütün cisimler, düşük yüzeyel sıcaklık değerine sahip diğer cisimlere IR ışınları yayarlar. Normal vücut sıcaklığına sahip insan 10 μm civarında IR ışıması yapar. IR ışınları madde ile etkileştiklerinde genellikle *atomun titreşim enerji düzeylerinde uyarılmaları* neden olurlar. IR görüntüleme hem sivil hem de askeri alanda; hedef tespiti, gece görüşü, güdüm ve takip sistemleri, ısı verimlilik analizi, uzaktan sıcaklık ölçme, kısa mesafeli kablosuz iletişim, spektroskopi ve hava tahmini gibi birimlerde sıklıkla kullanılmaktadır. IR ışınlarının dokudaki giriciliği düşüktür ama eğer kontrol edilemeyecek olursa *deri yanıklarına, gözde katarakta vb. rahatsızlıklara* neden olabilirler.

İYONLAŞTIRICI OLMAYAN RADYASYON

Mikrodalga Işıması (MD); elektromanyetik spektrumda 300 MHz (100 cm) ve 300 GHz (0,1 cm) frekans aralığındadır. Mikrodalgalar; teknolojideki gelişmelere paralel olarak **radarlarda, mikrodalga fırınlarda, mobil telefonlarda, kablosuz internet erişiminde, bluetooth kulaklıklarda, mağaza güvenlik sistemlerinde**, vb. alanlarda sıklıkla kullanılır. Mikrodalgalar madde ile etkileştiğinde, **dönüsel** harekete ve etkileştiği **malzemenin sıcaklığında artışa** neden olabilirler.

Radyo frekans (RF) ışınları; uzun dalga boylu, düşük frekanslı dalgalardır. Evlerde kullanılan ütü, saç kurutma makinesi vb. cihazlar RF ışınları yayarlar. RF dalgaları, günümüzde sıklıkla kullanılan radyo, televizyon ve **mobil telefonlardan** da yayınlanmaktadır ve başta *kanser olmak üzere birçok rahatsızlık* oluşturduğunu belirten kaynaklar bulunmaktadır.

MOBİL TELEFONLAR ve ELEKTRONİK CİHAZLARIN ETKİSİ

RF enerjisinin etkileştiği biyolojik sistemlerde ısı artışına neden olduğu bilinmektedir. Bu durum iyonlaştırıcı olmayan radyasyonun dokuda oluşturduğu **ısı etkileri** olarak tanımlanır. Bu nedenle **40 – 100 mW/cm²** yoğunluklu alanlar uygulandığında kan damarları ciddi zarar görmekte ve bu nedenle iç organlarda kanamalar oluşmaktadır.

Elektromanyetik alan maruziyeti; cihazın gücü, kaynak ile çalışan arasındaki mesafe, çalışanın maruziyet süresi, kaynağın frekansı, elektrik ve manyetik alan büyüklükleri vb. fiziksel özelliklerine göre de değişim göstermektedir.

Dokulardaki ısı etkisi; yerel, kısmi veya tüm vücut maruziyetinden kaynaklanan biyolojik sistemlerdeki emilim veya RF enerji depolanması yolları ile olur.

MOBİL TELEFONLAR ve ELEKTRONİK CİHAZLARIN ETKİSİ

RF enerjisine olan kısa süreli maruziyet için önemli olan parametre, ısı artışının zamana göre olan hızıdır ve bu ise dokunun **özgül emilim oranı – SAR (specific absorbtion rate)** değeri ile belirlenir.

$$SAR = \frac{d}{dt} \left(\frac{\Delta W}{\Delta m} \right)$$

Normal şartlar altında, **insanlarda ve laboratuvar hayvanlarında 1°C'lik sıcaklık artışının, 4 W/kg'lık SAR değerinden kaynaklandığı tespit edilmiştir.** Bu ısı artışı, insanın ısı düzenleme kapasitesi aralığı içinde dengelenebilir bir değerdir.

SAR değeri; önceden ortamda var olan ısı ve nem çevresel şartları altında, 1 °C'lik artışa ve müsaade edilen normal seviyelerin çok üzerinde ısı artışlarına neden olabilir. Sıcaklık artışlarına karşı maruziyetten korunmak için dayanak, yaygın olarak uygulanan ve Dünya Sağlık Örgütü tarafından kabul edilen *ICNIRP* (Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma Komitesi) maruziyet kılavuzlarıdır. Bu kılavuzda insan için 1°C'den fazla sıcaklık artışı referans alınmış olup, bu eşik değerin ihlal edilmesi zararlı kabul edilmektedir. **Tüm vücut sıcaklığındaki 1 – 2°C'lik artışın bazı fizyolojik reaksiyonlara neden olabileceği ve bu şekilde oluşabilecek değişikliklerin kanser oluşum sürecinde etkili olabileceği düşünülmektedir.**

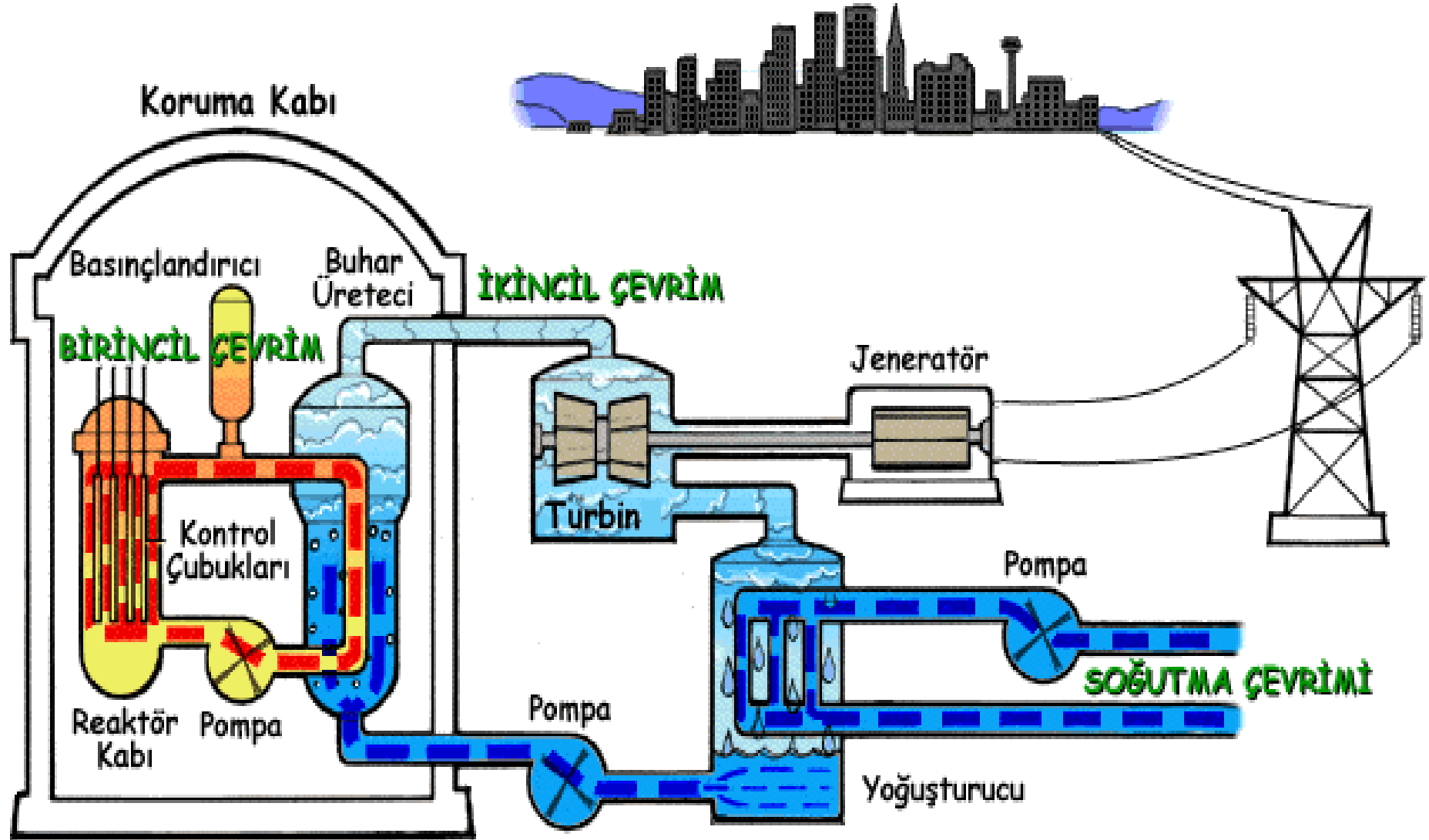
İYONİZE OLMAYAN RADYASYON & YASAL MEVZUAT

Elektronik Haberleşme Cihazları Güvenlik Sertifikası Yönetmeliği (2011) ve bu yönetmelikte 2018 yılında yönetmelikte yapılan değişiklikler dikkate alındığında; radyo frekans spektrumunda 10 kHz – 94 GHz frekans bandında çalışan verici ve verici/alıcı cihazlarının kurulumuna, *elektromanyetik alan şiddeti limit değerlerinin belirlenmesine, elektromanyetik alan şiddeti değerlerinin ölçülmesine, denetlenmesine* ve ihlallere yönelik uygulanacak müeyyidelere ilişkin usul ve esaslar belirtilmiştir.

Yönetmelikte **Madde 6**'ya göre; *umuma açık park ve bahçelerde, güvenlik mesafesi hesabında çocuk oyun alanlarının sınırları* dikkate alınır. Baz istasyonları anten ve cihazları, çocuklar için ayrılmış oyun alan sınırlarından en az güvenlik mesafesi kadar uzakta bulunmalıdır.

Madde 16'ya göre ise elektrik alan şiddeti; *ihtiyatlılık ilkesi çerçevesinde hücresel sistemlere ortam için izin verilen değer, ICNIRP'nin belirlediği limit değerlerin %70'i hesaplanarak oluşturulan değerleri aşamaz.* Ayrıca, hücresel sistemler için ilave koruma olarak; aynı emisyon noktasında kurulu bulunan her bir cihaz için ICNIRP'nin belirlediği limit değerlerin %20'si hesaplanarak oluşturulan değerler aşılamaz.

7. NÜKLEER GÜÇ SANTRALLERİ - İSG



NÜKLEER ENERJİ

Nükleer enerji; kullanım alanının geniş olması, uzun vadede ucuz olması, çevresel vb. dış koşullara bağlı olmadan kullanılabilmesi, birçok enerji kaynağından çok daha yüksek oranda enerji sağlayabilmesi açılarından tercih edilmektedir.

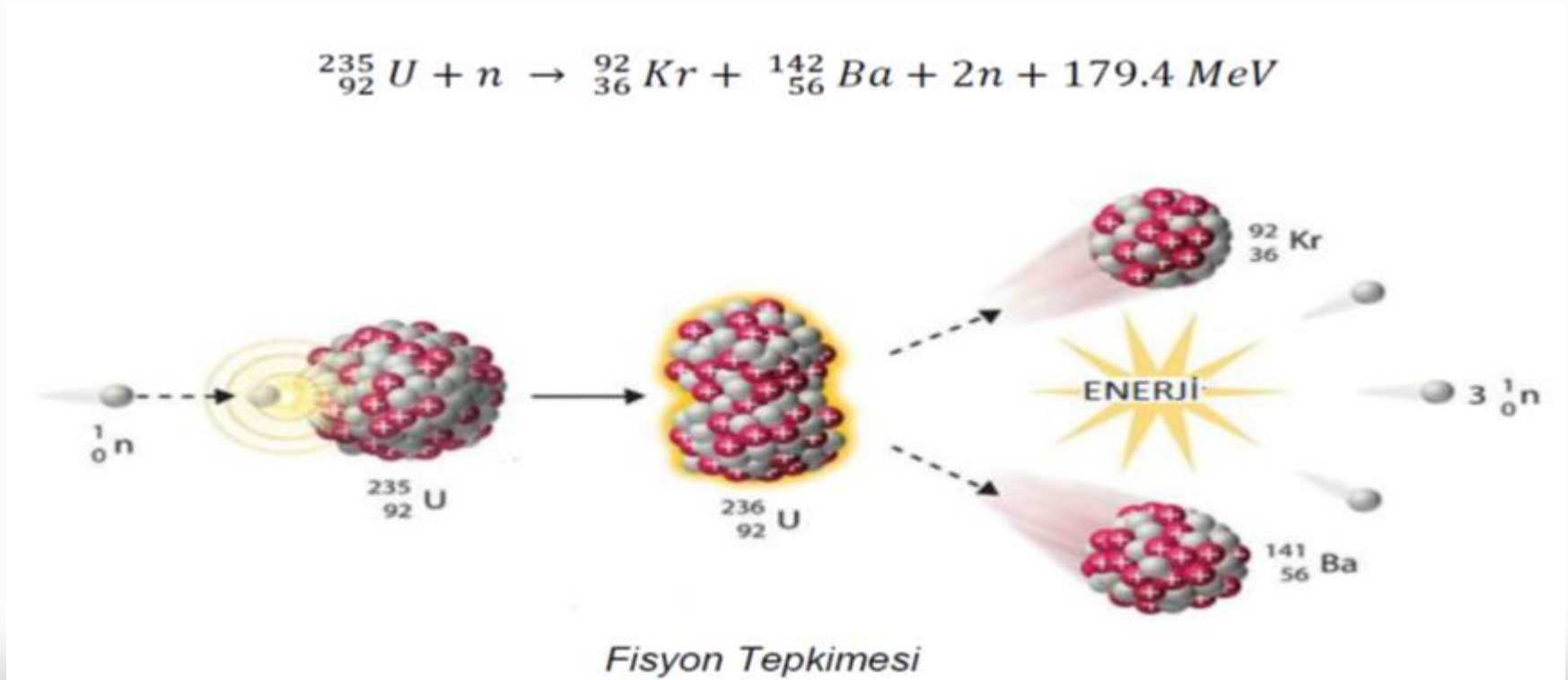
Aynı zamanda nükleer enerji *diğer enerji türlerine kıyasen kesintisiz, güvenilir ve temiz bir enerji türü* olarak tanımlanmaktadır. Nükleer güç santrallerinin işletiminde *karbon emisyonu söz konusu değildir*, nükleer yakıt görece bol ve ucuz olarak temin edilebilir ve depolanabilir.

Ancak kazançlı bir enerji kaynağı olarak kullanılan nükleer güç santrallerinin emniyetli kullanılmadıkları durumda oluşturma potansiyeline sahip oldukları *rad_yobi_yolojik etkiler, çevresel etkiler* ve bu sektörde çalışan radyasyon çalışanları için *İş Sağlığı ve Güvenliği* açısından etkileri düşünüldüğünde; nükleer güç santrallerinin güvenlik noktasında ne denli tercih edilmesi gereken bir enerji kaynağı olduğu toplumda tartışmalı bir konudur. **Ancak unutulmaması gerekir ki dünyadaki üç önemli nükleer güç santral kazalarının temellerinde, büyük güvenlik ihlalleri, kullanıcı hataları bulunmaktadır.**

NÜKLEER GÜÇ SANTRALLERİNİN ÇALIŞMA İLKESİ

Nükleer güç santralleri temelde, fisyon (atom çekirdeğinin bölünmesi, parçalara ayrılması) sonucu açığa çıkan nükleer enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir.

Doğada bulunan veya yapay olarak üretilen **uranyum** ve **plütonyum** gibi bazı ağır elementler günümüzde nükleer yakıt hammaddeleri olarak kullanılmaktadır.



NÜKLEER ATIKLAR

Nükleer güç santrallerinde, yakıt çubuklarında üretilen ısınn güvenli olarak dışarı alınması, böylece yakıtın, reaktörün özelliklerinin korunmasını sağlayan yardımcı sistemler bulunmaktadır. Nükleer güç santralleri bir kaza durumunda, reaktör kalbi ısınmaya başlayınca, kendi kendilerini kapatıp zincirleme reaksiyonu durduracak şekilde tasarlanmışlardır.

Enerji üretmek için kullanılan nükleer güç santrallerinin çevreye olabilecek zararlı etkileri; **radyoaktif etki** ve **ısı etkidir** . Tüm endüstri türlerinde olduğu gibi nükleer güç santral teknolojisinde de çevreye **mümkün olan en az atığı bırakmak** temel prensibine uyulmalıdır.

Nükleer güç santrallerdeki en büyük çıkmazın, kullanım dışı kalan **katı nükleer atıklar** olduğu kabul edilmektedir. Nükleer atık sorunu tüm dünya genelinde işletilen nükleer santral sayısı ile birlikte giderek artmış, Çernobil nükleer güç santral kazasından sonra ise tüm dünyanın dikkatini çekmeye başlamıştır.

NÜKLEER ATIKLAR

Nükleer güç santrallerinden kaynaklanabilecek radyoaktif etkilerin bir kesimi; *santral bacalarından çıkan emisyonların atmosfere taşınımı ile*, radyasyonun yer yüzeyine ve canlılara ulaşması yoluyla olur. Bu nedenle özellikle reaktör binasından kaynaklanabilecek sızıntı veya kaçaklar yoluyla radyoaktif elementlerin **proses buharı ile kontrolsüz olarak çevreye dağılmaması için binalar sürekli olarak alçak basınç altında tutulur**. Emilen havanın radyasyon seviyesi devamlı olarak ölçülür, filtre edilir ve daha sonra kontrollü bir şekilde baca yoluyla çevreye bırakılır. **Aynı şekilde sıvı atıklar da benzer yöntemlerle toplanır ve kontrollü olarak çevreye bırakılırlar.**

Nükleer güç santrali kaynaklı radyoaktif etkilerin diğer bir kesimi ise; *santralden çıkan sıvı ve katı atıkların nehirler, göller veya denizlere ulaşması*, bu ortamlarda yaşayan canlıların ve yeraltı sularının bu atıklardan etkilenmesi yolu ile olur.

Radyoaktif maddelerin veya nükleer atıklarının çevreye atılması yoluyla veya herhangi bir sızıntı nedeniyle iyonize radyasyonun rüzgar ve su ile taşınarak başka bölgelere ulaşması ve geniş alanlarda **radyoaktif kirlilik** oluşturması mümkündür.

NÜKLEER ATIKLAR

Radyoaktif kirlilik yoluyla toprağın üst katmanlarındaki radyoaktif maddeler doğrudan ve/veya besin zincirine girerek dolaylı yoldan canlılara ulaşabilir.

Bu nedenle radyoaktif atıkların *sökülme, toplanma, taşınma* ve *depolanma* aşamalarının yürürlükte olan yasal mevzuatlara göre ve güvenlik önlemleri alınarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Dünya genelinde bakıldığında, radyoaktif atığın emniyetli yönetimi için büyük bir deneyim olduğu görülmektedir. Ülkemiz de dahil olmak üzere her ülke; Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) tarafından geliştirilmiş, üye ülkeler tarafından onaylanmış, uluslararası standartlara uygunluğunda karar kılınmış ve ayrıntılı olarak hazırlanmış kendi kural ve yönetmeliklerine sahiptirler.

NÜKLEER KAZALAR

İş sağlığı ve güvenliği açısından nükleer güç santrallerinde karşılaşılabilecek en önemli konu, **radyasyon kazalarıdır. Radyasyon kazası;** iyonlaştırıcı radyasyon kaynaklarının kullanıldığı bir uygulama sırasında meydana gelen ve sonucunda kontrolsüz radyasyon ışınlamasına sebep olan beklenmeyen ve istenmeyen olaylardır. **Nükleer Tesislerde Radyasyondan Korunma Yönetmeliği'ne (2018) göre kaza;** beklenen işletme olaylarının ötesinde, tasarıma esas ve tasarım ötesi kazaları da kapsayan, işletme koşullarından tüm sapmaları gösterir.

Nükleer güç santrallerindeki kazalar diğer sektörlerdeki kazalardan farklı olarak, daha büyük alanlara yayılabilmekte ve etkisi çok uzun süreli olabilmektedir. Bu kazaların meydana gelmemesi için santral tasarımından işletme yönergelerine kadar gereken önlemlerin titizlikle alınması ve güvenlik kurallarına uymak gereklidir.

Genellikle radyasyon kazaları; eğitimsizlik, aşırı özgüven, kurallara uyulmaması, sorumlulukların yerine getirilmemesi, kullanılan cihazların teknik özelliklerini bilmeme, bakım onarım işlerinde aksaklıklar, çalışma ortamının uygunsuzluğu, üretim hataları, radyasyon ölçüm cihazlarının yetersizliği, eksik donanım, yanlış müdahaleler, dikkatsizlikler, radyasyon kaynağının çalınması, kaybolması vb. nedenlerden kaynaklanır.

NÜKLEER GÜÇ SANTRALLERİ & YASAL ÖNLEMLER

Nükleer güç santral kazalarının temelinde uygulamada yapılan güvenlik hataları olduğu görülmektedir. Nükleer güç santrallerin emniyetli kullanımı yasal mevzuatlarla güvence altına alınmıştır. Ülkemizde nükleer güç santraller hakkında yürürlükte olan yasal mevzuatlar, yürürlüğe girme sıralarına göre; *Nükleer Güç Santrallerinin Güvenliği için Tasarım İlkeleri Yönetmeliği (2008)*, *Radyoaktif Atık Yönetimi Yönetmeliği (2013)*, *Nükleer Güç Santrallerin Yapı Denetimi Yönetmeliği (2017)*, *Nükleer Tesislerde Radyasyondan Korunma Yönetmeliği (2018)* ve *Nükleer Güç Santrallerinin Proje ve Kabul Yönetmeliği (2019)* şeklindedir.

Nükleer Güç Santrallerinin Güvenliği için Tasarım İlkeleri Yönetmeliği (2008) ile Türkiye Atom Enerji Kurumu (TAEK), ülkemizde nükleer güç santrallerinde nükleer güvenlik hedeflerine ulaşılabilmesi için *nükleer güç santrallerinin tasarımında uyulması gereken güvenlik ilkelerini ayrıntılı olarak düzenlenmiştir*. Bu düzenlemeler, Uluslararası Atom Enerji Kurumu'nun (IAEA) raporları ve önerileri dikkate alınarak yapılmıştır.

Radyoaktif Atık Yönetimi Yönetmeliği (2013)'nin amacı; nükleer enerjinin ve iyonlaştırıcı radyasyon kaynaklarının kullanımı sırasında ortaya çıkabilecek radyoaktif atıkların çalışanlar, toplum ve çevre ile gelecek nesillere zarar vermeyecek şekilde güvenli olarak yönetimini düzenlenmek ve önemli esasları belirlemektir. Yönetmelikte çalışanlar, toplum ve çevrenin korunması ve gerekli önlemlerin alınma zorunluğu açıklanmakta (**Madde 6**), radyoaktif atık oluşumunun kontrolü (**Madde 7**), sınır ötesi etkileri (**Madde 8**), radyoaktif atık yönetim adımlarında etkileşim (**Madde 9**), kritiklik ve radyoaktif bozunum ısı (**Madde 10**), derinliğine savunma (**Madde 11**), radyasyondan korunma (**Madde 12**), yönetim sistemi (**Madde 14**), güvenlik yönetimi (**Madde 15**), güvenlik kültürü (**Madde 16**) açıklanmaktadır.

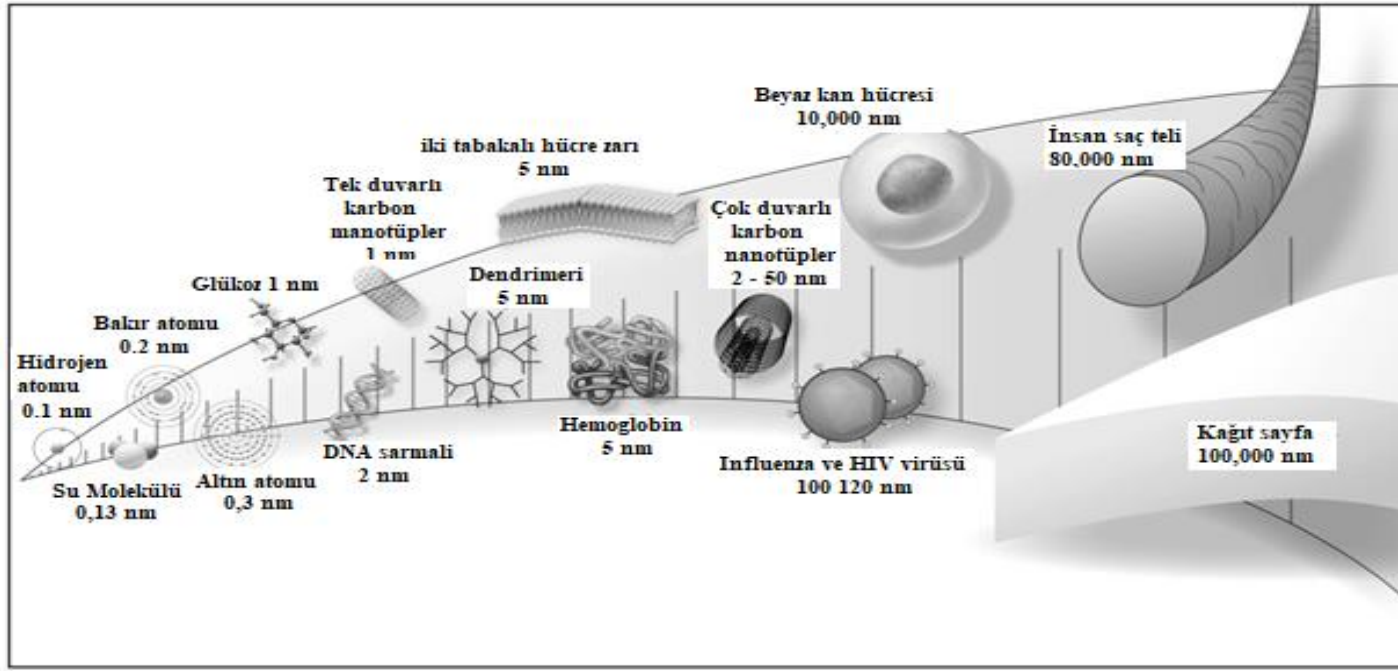
NÜKLEER GÜÇ SANTRALLERİ & YASAL ÖNLEMLER

Nükleer Güç Santrallerinin Yapı Denetimi Yönetmeliği (2017); nükleer santrallerin nükleer güvenlik ilkeleriyle uyumlu ve ilgili mevzuat ve standartlara uygun olarak kurulması amacıyla TAEK tarafından yaptırılacak denetimler ve bu denetimleri yürütecek nükleer yapı denetimi kuruluşlarının yetkilendirilmesine ilişkin usul ve esasları belirlemektir. Kurulacak veya tadil edilecek nükleer güç santrallerin sahalarında bulunan tüm yapı, sistem ve bileşenlerin saha içi ve dışındaki imalat, inşaat ve montaj faaliyetleri için bu yönetmelik uygulanır.

Nükleer Tesislerde Radyasyondan Korunma Yönetmeliği (2018) ile; nükleer tesislerde iyonlaştırıcı radyasyondan korunmaya ilişkin usul ve esaslar, nükleer tesislerin yer değerlendirme, tasarım, inşaat, işletmeye alma, işletme, işletmeden çıkarma ve sahanın düzenleyici kontrolden çıkarılması aşamalarında ve acil durumlarda çalışanların, halkın ve çevrenin iyonlaştırıcı radyasyonun zararlı etkilerinden korunmasına ilişkin uyulması gereken konular esasa bağlanır.

Nükleer Güç Santrallerinin Proje ve Kabul Yönetmeliği'nin (2019); amacı **Madde 1'e** göre; nükleer güç santrallerinin modern teknolojiye uygun tesis olabilmesi için proje onay ve tesis kabul işlemlerinin ilgili mevzuat, standart ve şartnamelere uygun olarak yapılması veya yaptırılması, söz konusu tesislerin iletim veya dağıtım şebekelerine uyumlu olarak bağlanması, can, mal ve çevre emniyetinin sağlanması ile proje onaylarını, projelerine göre yapılan tesislerin test, kontrol ve kabul işlemlerini yürütecek kurum/kuruluşların yetkilendirilmesine ilişkin usul ve esasların belirlenmesidir.

8. NANOTEKNOLOJİ İÇİN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ



8. NANOTEKNOLOJİ

Nanoteknoloji günümüzde hala gelişmeye açık bir alandır ve bir fikir olarak ilk ortaya çıkışı, **1959** yılında Nobel Ödüllü fizikçi *Richard Feynman'ın* bir konuşmasında; nano yapılar ile minyatürize edilmiş araçların yapılabileceğini ve bu araçların yeni amaçlar doğrultusunda etkili kullanım alanlarına sahip olabileceğini belirtmesi ile gündeme gelmiştir. 1981 yılında icat edilen *Taramalı Tünelleme Mikroskobu (Scanning Tunnelling Microscopy-STM)* ile nano yapıların gözlenmesi bu öngörülerini desteklemiş ve *nanoteknoloji* adı altında yeni çalışmalara ve gelişmelere yol açmıştır.

Nano; *bir büyüklüğün milyarda biri katını* ifade etmek için kullanılan bir ön ektir. **Nanometre** ise, *bir metrenin milyarda biri karşılığına* gelen bir uzunluk ölçüsüdür. Diğer bir deyişle, 1 nanometre 10^{-9} metredir. Yanyana dizilmiş 10 hidrojen atomu yaklaşık 1 nm uzunluğundadır, bir kum tanesi 1 milyon nm, yani 1 mm boyutundadır.

Nanobilim; 1 – 100 nm boyutlarındaki yapı ve malzemelerin davranışlarının anlaşılması, kontrol edilmesi ve atomsal düzeyde değiştirilerek işlevsel hale getirilmesi ile ilgili konularda çalışan bilim dalıdır. **Nanoparçacıklar;** boyutları 1 – 100 nm arasında olan tanecikli yapılardır.

8. NANOTEKNOLOJİ

Nanoteknoloji; *üstün mekanik, elektriksel, optik, manyetik, termal, kimyasal vb. özellikleri nedenleri ile bu yüzyılın en ümit verici teknolojisi olma potansiyeline sahiptir. Makroskopik boyuttaki parçacıklar (μm boyutunda malzeme – yığın) nano boyut değerine getirildiğinde, bu malzemelerde daha önce görülmemiş birçok özel ve yeni özellikler ortaya çıkmaktadır.* Nanoboyuttaki malzemelerin bu yeni özellikleri kazanmalarında; *kuantum boyut etkileri, parçacıkların elektronik yapısının boyut bağımlılığı, yüzey atomlarının gösterdiği değişik özellikler, yüksek yüzey/hacim oranları, yapılarda daha az kusurun bulunması vb. sebepler bulunmaktadır.*

Malzemelerin nanoboyutta iken kazandıkları değişik fiziksel/kimyasal özellikler, nanomalzemelere giderek artan bir endüstriyel değer kazandırmaktadır. Örneğin; karbon atomlarından oluşan elmas kristali iyi bir yalıtkan olduğu halde, nanometre skalasında bulunan tek boyutlu karbon atom zinciri, altın ve gümüş zincirlerinden bile daha iyi iletkenlik özelliği gösterebilmektedir. Benzer şekilde külçe altın oda sıcaklığında tepkimeye girmezken, 3 – 5 nm boyutlarındaki altın parçacıkları pek çok tepkimeyi tetikleyip katalizör görevi görebilmektedir.

8. NANOTEKNOLOJİ

Nanometre boyutlarına inen malzemeler; *daha işlevsel, daha mukavemetli, alabildiğine esnek, çok daha hafif, daha farklı ısı, elektrik, manyetik ve optik özelliklere sahip, hatta renklerinde bile değişimler olabilen* malzemeler haline gelebilmektedir. Örneğin; külçe altının rengi, nano boyutlara indikçe mavi veya kırmızı olmaktadır.

Malzemelerin kimyasal ve fiziksel özellikleri, yapının büyüklüğüne, atom yapısına, dışarıdan sisteme bağlanan yabancı katkı maddelerinin türüne ve yapıda bağlandıkları yere göre çok farklı ve olağanüstü davranışlar sergileyebilmektedir.

Üretilen nanoteknolojik malzemelerin bu üstün özelliklerle donatılmış olması, günümüzde nanoteknolojiyi ilgi odağı haline getirmiştir.

Nanoparçacık sentezinde kullanılan yöntemlerden bazıları; *mekanik öğütme, kimyasal çökertme, sol - gel yöntemi, kimyasal indirgeme, hidrotermal yöntemler* vb. şeklindedir ve kullanılan sentez yöntemine göre nanomalzemelerin güvenli kullanım özellikleri değişebilir.

8. NANOTEKNOLOJİ

Nanomalzemeler taşıdıkları yeni ve üstün özellikleri nedeni ile endüstriye birçok olanaklar sağlasa da, yaygın kullanımları yeni riskleri, tehlikeleri ve endişeleri de beraberinde getirmektedir. Her yeni teknoloji üstün özellikleri yanısıra, değerlendirilmesi gereken yeni tehlike ve riskleri de beraberinde getirmektedir.

Kullanımda olan nanomalzemelerin insan sağlığı ve çevre ile ilgili potansiyel etkileri hakkında ise genellikle fazla bilgi yoktur. Bu nedenle çok geniş bir çalışma alanına sahip olan, dolayısıyla çok sayıda çalışmanı ilgilendiren nanoteknoloji sektöründeki *İş Sağlığı ve Güvenliği* kavramının ve **risk değerlendirilmelerinin yapılması zorunlu hale gelmelidir.**

Bu bağlamda yapılan bazı çalışmalar olsa da, **nanomalzeme çeşitliliğinin ve kullanılan sentez yöntemlerinin çok fazla** olduğu düşünülürse, konu hakkında yapılabilecek çok daha fazla sayıda, kapsamlı ve sistematik çalışmalara ihtiyaç duyulduğu açıktır. Bilim adamlarının farklı türlerde tasarımlanmış nanomalzemelere maruziyetin doğurduğu etkileri tam olarak tespit edememiş olmalarının başka bir nedeni ise, **benzer kimyasal yapıya sahip farklı nanoformların farklı toksikolojik özellikler göstermeleri,** bu nedenle nanomalzemelerin tehlikelerini değerlendirebilmek için geleneksel toksisite testlerinden farklı yeni yaklaşımlara ihtiyaç duyulmasıdır.

NANOTEKNOLOJİ & İNSAN SAĞLIĞI

Uzun yıllardır insanlar, virüslerde dahil olmak üzere, bazı doğa olayları sonucu oluşan küçük parçacıklara maruz kalmakta ve onlardan zarar görmektedirler. Havadaki parçacık seviyesinin; *solunum, kardiyovasküler sistem, bazı kanser türleri* ve hatta *ölümlere* sebebiyet verdiği de bilinmektedir. *Son yıllarda yapılan çalışmalar, birçok toksik nanomalzemenin zaten havada, suda, toprakta, bitkide ve hayvanda ve insan vücudunda bulunduğunu göstermiştir.*

İnsan sağlığı üzerine olan etkileri kesinlik kazanmamış olan nanomalzemeler için yapılan bilimsel çalışmalar ise; *nanomalzemelerin boyutlarının küçük olması nedeniyle insan vücuduna kolaylıkla girebildiklerini ve vücutta biyolojik olarak aktif olabildiklerini göstermiştir. Ayrıca bu nanoparçacıkların hücrede bazı biyolojik reaksiyonlara sebep oldukları ve hücreyi ölüme kadar götürebildikleri de gösterilmiştir.* Çıplak gözle görülmesi mümkün olmayacak kadar küçük olan bu nanomalzemeler, çalışma alanlarında günlerce hatta haftalarca hava ve suda asılı kalabilirler ve imalat, nakliye, taşıma, kullanım, atık, geri dönüşüm vb. süreçlerde büyük risk faktörleri oluşturabilirler. Nanomalzemelerin sağlık için risk oluşturma sebeplerinden bir diğeri ise; *doğada bulunmayan ve yapay olarak oluşturulan bazı nanomalzemelere canlı organizmaların savunma mekanizması geliştirememiş olmalarıdır.*

8. NANOTEKNOLOJİ

Nanoparçacıkların insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri; aynı zamanda nanoparçacıkların **yapısına, boyutuna, yüzey alanına, yüzey şekline, morfolojisine, kümelenme oranına, elektromanyetik yapısına, yüzey potansiyeline, elektriksel yüküne, aktifliğine vb. yüzey özelliklerine** de bağlıdır. Bu yapısal özellikler, nanomalzemelerin toksisitesinin belirlenmesindeki temel özelliklerdendir.

Yapılarında yüksek oranda **reaktif metal** içeren nanomalzemeler, sağlık açısından çok daha büyük tehlike içerirler. Yüksek oranda **asidik** veya **alkali** olan nanomalzemelerin de vücutla temas bölgelerinde (akciğerler, deri, sindirim kanalı vb.) yerel irritasyona neden olabilecekleri bildirilmiştir.

Bu bağlamda bakıldığında; son dönemlerde geliştiren ve birçok ölümcül hastalığı tedavi etmek için kullanılan **Au, Ag, Pt, TiO_2 , Fe_3O_4 , karbon nanotüpler vb.** nanomalzemelerin toksik yan etkileri bulunduğundan hastalara zarar verebileceği, bu nedenle kullanımlarında önleyici tedbirlerin alınması gerekliliğinin altını çizmek gerekir.

NANOTEKNOLOJİ & İSG DEĞERLENDİRMESİ

Güvenli nanoteknolojiye ulaşmak istendiğinde karşımıza çıkan en büyük sorun, bu alandaki belirsizlikler ve bilgi eksiklikleridir, Nanomalzemeler çok çeşitli ve birçok farklı üretim teknikleriyle oluşturulan yeni nesli malzemeler olduklarından, zarar verme potansiyeli bilinen nanomalzemeler için oluşturulması gereken özel kurallar ve düzenlemeler dünya genelinde de henüz tam olarak netleşmemiştir.

Ülkemizde nanoteknolojinin güvenli kullanımı sağlamak ve çalışanların nanomalzeme maruziyetini kontrol edebilmek amacıyla alınacak teknik önlemlere ek olarak, **yasal düzenlemelerin** de yapılması gerekmektedir. Ayrıca artan teknolojik uygulamalarla birlikte nanomalzemeler ile ilgili risklerin de değerlendirilmem gerekliliği bulunmaktadır.

2009 yılında AB İş Sağlığı ve Güvenliği Örgütü (EU-OSHA) tarafından Avrupa'da yaptırılan bir anket çalışması sonucunda ise; nanoteknoloji kaynaklı risk ve tehlikeler, önümüzdeki dönemde dikkat edilmesi gereken *on temel kimyasal risk listesinde birinci sırada* gösterilmiştir.

NANOTEKNOLOJİ & İSG DEĞERLENDİRMESİ

Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO), Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Teşkilatı (OECD) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) de nanoteknolojinin getirebileceği zararlı etkileri öngörmek adına çalışmalar yapmaktadır. Bu konuda Avrupa ve ABD'de yasal düzenlemeler yürütülmektedir. Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu (ISO) bu alanda birçok standart yayınlamıştır. Dünya çapında iş sağlığı ve güvenliği alanında önde gelen NIOSH (Amerikan Milli Mesleki Güvenlik ve Sağlık Enstitüsü), OSHA (İş Sağlığı ve Güvenliği Örgütü), EU-OSHA (Avrupa İş Sağlığı ve Güvenliği Örgütü), IFA (Almanya İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü) gibi kuruluşlar, nanomalzemelerin şu anda üretildikleri ve kullanıldıkları her alanda önemli bir tehlike potansiyeli olduğunu kabul etmiş ve bu konuda birçok çalışma gerçekleştirmişlerdir.

OECD bünyesinde kurulan bir çalışma grubu, **2007** yılında *Üretilen Nanomalzemeler için Test Programı* yayınlamıştır. Bu test programı kapsamında, çok yaygın kullanılan **11 adet** nanomalzeme belirlenmiştir. Bu malzemelerin seçiminde; malzemelerin ticari kullanıma, kullanım potansiyelinin yüksek olmasına, üretim hacmine ve test için uygun olup olmadıklarına dikkat edilmiştir. Bu kapsamda risk eğerlendirmesi için seçilen 11 adet nanomalzeme türü; **fulleren, tek duvarlı karbon nanotüp, çok duvarlı karbon nanotüp, gümüş nanoparçacık, titanyum dioksit, seryum oksit, çinko oksit, silisyum dioksit, dendrimer, nanokil ve altın** olarak belirlenmiştir.

NANOTEKNOLOJİ & İSG DEĞERLENDİRMESİ

İşyerlerinde nanoparçacıklara maruziyet; nanomalzemeleri tartım, karıştırma, eleme işlemlerinde, döküm alma ve temizleme işlemlerinde, çözme ve püskürtme-kurutma işlemlerinde, parçacıklı nanomalzemelere elle dokunma, sentez / üretme (özellikle gaz fazda) işlemlerinde, ekipman bakımı, nanoparçacık içeren malzemeleri işlemlerinde (kesme, cilalama, öğütme vb.) ve nanomalzeme içeren sıvıları püskürtme işlemleri esnasında gerçekleşir. **Çalışanlar nanomalzemelere; nano-boyutlu parçacık içeren duman, sis veya toz soluyarak, cilt temasıyla, yutarak, göz temasıyla, deriden sızma yolları ile maruz kalabilirler.**

Nanoparçacıkların havada asılı kalma süreleri yüksek olduğundan solunabilmeleri ve parçacık boyutları çok küçük olduğu için kolayca absorblanabilmeleri nedenleri ile, nanomalzeme maruziyetinin olabileceği **ortamların havalandırılması** çok büyük önem taşımaktadır. Nanomalzemelerle çalışma ortamı olarak en güvenli yöntem **vakum odası** olmakla birlikte, vakum odasının bulunmadığı mekanlarda en azından düzenli olarak çekiş gücü kontrol edilebilen **çeker ocak** ve **yerel havalandırma sistemlerinin** bulunması gerekliliği vardır. Herhangi bir kimyasalla yapılan çalışma sonlandığında ise ortamın temizliğinin çok doğru ve eksiksiz yapılması gerekmektedir. **Nanomalzemeler için temel kontrol önlemleri; genel/yerel havalandırma, detaylı kontrol önlemleri, kullanımının kısıtlanması ve prosesin durdurulması** olmak üzere dört mühendislik seviyesine sahiptir.

NANOTEKNOLOJİ & İSG DEĞERLENDİRMESİ

Aynı zamanda nanomalzemelerle çalışma aşamalarında; *bertaraf etme, daha iyisiyle değiştirme, mühendislik kontroller, idari kontroller ve kişisel koruyucu (KKD) gibi önlemlerin de alınması gerekir.*

Kişisel koruyucu donanım (KKD) dayalı önlemler ise, yukarıda sayılan önlemlerin koruyucu ve yeterli olmadığı durumlarda kullanılan önleyici yöntemlerin en son basamağıdır. Etkili bir mühendislik önlemi bulunmadığı, geliştirilme aşamasında olduğu, pratik olmadığı durumlarda veya acil durumlarda tercih edilirler. KKD'ye dayalı koruyucu önlemler nanomalzemeler için *deri ve solunum yolu koruması* alt başlıklarında incelenir. Nanomalzeme üretiminin veya kullanımının olduğu alanlarda önerilen solunum koruyucular, genelde **HEPA (Yüksek Performanslı Hava Filtresi)** filtreli solunum koruyuculardır. Kullanılan solunum koruyucuların yüze tam olarak oturması ve hava geçişinin olmaması çok büyük önem taşımaktadır.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından 2017 yılında yayınlanan “***Çalışanları Üretilen Nanomalzemelerin Potansiyel Risklerinden Koruma Kılavuzu***” da nanomalzemelere karşı alınması gerekli olan güvenlik önlemlerini detaylı olarak açıklamaktadır.

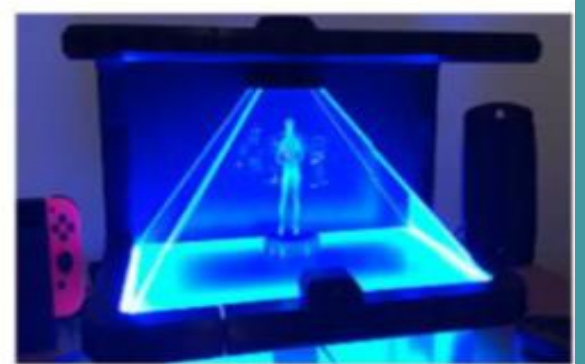
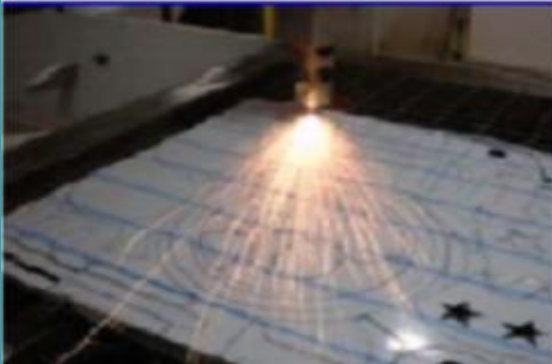
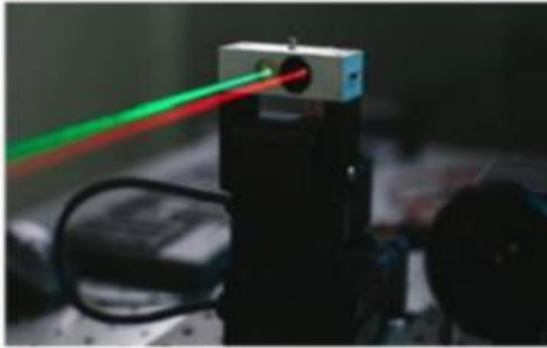
NANOTEKNOLOJİ & İSG DEĞERLENDİRMESİ

Ülkemizde nanomalzeme maruziyetini kontrol etmeye, azaltmaya ve işyeri ortamında ölçümünü gerçekleştirmeye yönelik henüz standart bir metot geliştirilememiş, spesifik olarak herhangi türdeki bir nanomalzemeye yönelik maruziyet sınır değerleri de belirlenememiştir.

Bunun en büyük nedenlerinin, nanoteknolojinin yeni bir teknoloji olması, bu alanda yapılan toksikolojik çalışmaların henüz tamamlanamamış olması, sürekli gelişen bu sektörde üretimin istatistiksel olarak takip edilme zorluğu vb. nedenler olduğu bilinmektedir.

Ancak yine de bu kadar yaygın olarak gündelik hayatımızda ve işyerlerinde kullanılan yüzyılın malzemesi nanomalzemelerin maruziyetini belirlemeye yönelik ölçüm ve analiz stratejilerinin oluşturulması, standart modellemelerin geliştirilmesi ve bu alandaki mevzuat eksikliğinin ivedi olarak giderilmesi ihtiyacı hatırlatılmalıdır. Ayrıca ülkemizde üretilen nanomalzemelerin risk değerlendirmelerini gerçekleştirebilmek için *nanoteknoloji ölçüm, test analiz laboratuvarlarının kurulması* da önerilmektedir. Sentezlenen nanomalzemelerin karakterizasyon bilgilerini içeren *malzeme güvenlik bilgi formları* oluşturulmalı ve nanomalzeme satın alma işlemlerinde üreticilerden sağlanabilir olmalıdır.

9. LAZER KULLANIMINDA İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ



9. LAZER

Yapay optik radyasyon; üretilen ışık kaynaklarından elektromanyetik spektrumun **100 nm – 1 mm** dalgaboyu aralığına karşı gelen radyasyon olarak tanımlanır. Bu spektrum bölgesinde **UV ışınları** (100 nm – 400 nm), **görünür ışık** (400 nm – 700 nm), **IR ışınları** (700 nm – 1 mm) bulunmaktadır.

Günlük hayatta kullanılan ev ve ofis tipi aydınlatmalar, bilgisayar ekranları, kaynak arkı vb. aydınlatma cihazları yapay optik radyasyon kaynakları olarak tanımlanırlar. Optik radyasyon kaynakları arasında *lambalar*, *akkor kaynaklar* ve **lazerler** de bulunmaktadır.

Optik radyasyonun madde ile etkileşim mekanizmaları temelde; radyasyonun taşıdığı enerjiye bağlı olarak, UV bölgesinin yüksek enerji bölgesinde **iyonlaşma ve uyarılma**, diğer optik radyasyon türleri için ise genellikle maddede sıcaklık artışına neden olan **titreşim ve dönme** etkileşimleri şeklindedir. Optik radyasyonun maddede iletimi; *geçirme*, *yayılma*, *soğurma*, *yansıma* ve *kırılma* biçimlerinde gerçekleşir.

9. LAZER

Yapay optik radyasyonun maruz kalan kişide oluşturabileceği çeşitli riskler bulunmaktadır. Özellikle optik radyasyonun, radyasyona duyarlı olan **cilt ve gözde** oluşturacağı etkiler, radyasyona maruziyet miktarı ve süresine bağlı olarak, **akut – erken etkiler** (kızarıklık-eritem, kabarmalar, yanmalar vb.) veya **kronik – geç etkiler** (ciltte yaşlanmalar, cilt kanserleri vb.) şeklinde olabilir. İlgili etkileşim mekanizmaları nedeniyle, İş Sağlığı ve Güvenliği açısından güvenli optik radyasyona maruziyet için eşik değerlerin belirlenmiş olması gerekir.

Lazer ışığı **çok şiddetli, çok iyi odaklanabilen** bir ışımadır. Lazerin **güç yoğunluğu** çok yüksektir. Aynı zamanda lazer ışığı **tek frekanslı**, tek dalga boyludur, bu nedenle **monokromatik** (tek renkli) olarak tanımlanır. Lazer ışığı eşfazlıdır, bir başka deyişle **koherenttir**.



9. LAZER

Lazerler araştırmalarda ve teknolojiye yoğun olarak kullanılmaktadır. Lazerler; **malzeme işleme alanında, bilişim teknolojileri ölçüm alanında, sağlık teknolojileri alanında, iletişim alanında, savunma alanında, teknolojileri alanında, optikte, bilgi depolama alanında, metroloji alanında, spektroskopide, gösteri alanında, mikroelektronik ve yarıiletken teknolojisinde, yenilenebilir enerjide, otomobil endüstrisinde, holografi alanında, artırılmış sanal gerçeklikte** vb. alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır.

Lazerler endüstride **kesme, kaynak, markalama, lazer baskı, delme, fotolitografi** vb. amaçları ile kullanılmaktadır. Lazerler iř parçalarında mekanik bozulmalara sebep olmazlar, tepki zamanları çok hızlı olduğundan seri imalatlarda kullanılabilirler, kolaylıkla odaklanıp, doğrultulup yönlendirilebildikleri için ulaşılması zor olan bölgelerde **kaynak** vb. malzeme işleme basamaklarına izin verirler. 1960'lı yıllarda cerrahi amaçlı ilk kullanılan lazer, yüksek güçlü, **dokuda kolayca buharlaşma yapabilen CO₂ lazerler** olmuştur. Lazerler tıpta; **böbreklerde taş kırmak için, kalp ve damar cerrahisinde, beyin cerrahisinde, sindirim sistemi rahatsızlıklarında, deri hastalıklarında, kulak burun boğaz hastalıklarında, ortopedik problemlerde, estetik ameliyatlarda** vb. işlemlerde kullanılmaktadır. Lazerlerin kullanıldığı **fiber optik** telefon hatları ile kıtalar arasında haberleşme sağlanmaktadır. Amacına uygun kullanılan değişik türde lazerler vardır.

LAZER TÜRLERİ

Tablo 1. Yaygın kullanılan lazer kaynakları [4; 25]

<u>Tür</u>	<u>Lazer</u>	<u>Dalgaboyu</u>
GAZ	Helyum Neon (<i>HeNe</i>)	632,8 nm (Kırmızı)
	Helyum Kadmiyum (<i>HeCd</i>)	325,442 nm
	Argon iyonu (<i>Ar</i>)	488 – 514,5 nm (Mavi-Yeşil)
	Karbondioksit (<i>CO₂</i>)	10,6 µm (Uzak IR)
	Nitrojen (<i>N</i>)	337,1 nm
	Eksimer lazer (Xenon chloride (<i>XeCl</i>) Krypton fluoride (<i>KrF</i>) Xenon fluoride (<i>XeF</i>) Argon fluoride (<i>ArF</i>)	308 nm 248 nm 350 nm 193 nm (UV)
KATIHAL	Yakut	694,3 nm
	Neodymium: YAG (<i>Nd: YAG</i>)	1064 nm ve 1319 nm 532 nm ve 266 nm
	Neodymium: Glass (<i>Nd: Glass</i>)	1064 nm
YARI İLETKEN	<i>GaN</i> <i>GaAlAs</i> <i>InGaAsP</i>	400 – 450 nm 670 – 800 nm 1100 – 1600 nm
SIVI (BOYA)	Yüz adetten fazla türde boya lazeri, lazer ortamı olarak kullanılır.	350 nm – 1 µm 400 nm – 700 nm (VIS)

LAZERLERİN POTANSİYEL TEHLİKELERİ

Optik radyasyona maruziyetten kaynaklanan tehlikeler; ***elektromanyetik dalganın enerjisine, soğurulan doza, radyasyonun etkileştiği doku türüne, maruziyet süresine ve maruz kalan kişinin kişisel özelliklere*** bağlıdır.

Lazer ışığı doku ile etkileştiğinde dokunun optik özelliklerine bağlı olarak, dokudan *geçebilir*, dokudan *yansıyabilir*, doku tarafından *soğurulabilir* veya doku içerisinde *dağılabilir*. Lazerlerin doku içerisinde soğurulması, *sönme derinliği* olarak tanımlanan bir doku mesafesinden sonra etkinliğini kaybeder, lazer ışınının sahip olduğu enerjinin ~%98'i sönme derinliğine kadar doku tarafından soğurulur.

Lazerin doku ile etkileşim türleri, ***fototermal, fotokimyasal ve fotomekanik etkiler*** olarak isimlendirilir. ***Fototermal etki;*** lazer ışının enerjisinin etkileştiği dokuda ısı enerjisine dönüşmesi sonucunda oluşur. ***Fotokimyasal etki;*** lazer ışının enerjisinin etkileştiği dokuda kimyasal enerjiye dönüşmesi sonucu oluşur. Fotokimyasal etki ile, lazerle etkileşen doku moleküllerinde bağ kırılmaları gerçekleşebilir ve serbest radikal oluşumları gözlenebilir.

LAZERLERİN POTANSİYEL TEHLİKELERİ

Bulgulara göre; lazere maruz kalınma türüne göre UV bölgesinde 200 – 280 nm dalgaboyu aralığında *kızarıklık, hızlı yaşlanma, cilt kanserleri*, 280 – 315 nm dalgaboyu aralığında *pigmentasyon artışı*, 315 – 400 nm dalgaboyu aralığında ciltte pigment artışına bağlı *kararma, yanma*, VIS bölgesinde 400 – 780 nm dalgaboyu aralığında *ciltte yanık ve kararma*, IR bölgesinde 780 – 1000 nm dalgaboyu aralığında *cilt yanıkları* vb. biyolojik etkiler gözlenir. Lazer ışınma gücünün $10^9 W/cm^2$ değerinden fazla olduğu durumlarda ise, kimyasal bağların kırılması ve/veya atomik yapının bozulması sonucunda çok kısa sürede foto-parçalanma, plazma oluşumu gibi hasarlar oluşmaktadır.

Lazer ışık demeti özellikle radyasyona çok hassas olan *göz* veya *cilt* yoluyla soğrulduğunda, oluşturduğu *fototermal* ve *fotokimyasal etkiler* sonucunda etkileştiği göz ve cilt dokularının kimyasal dengesinin bozulmasına ve doku sıcaklığının artmasına bağlı deformasyonlara yol açar. Çoğunlukla lazer kullanımında radyasyona maruz kalmanın etkileri, hem *akut (erken etki)* hem de *kronik (geç etki)* olabilmektedir. Tıbbi, endüstriyel veya araştırma uygulamalarında lazerlerin yaydığı *radıant enerji* de, lazerin yanlış kullanımında göz ve deri için çok tehlikelidir.

LAZERLERİN POTANSİYEL TEHLİKELERİ

Lazer maruziyetinin oluşturabileceği ***birincil zararlar*** lazer radyasyonundan, sıcaklık etkisinden vb. etkilerden kaynaklanan özellikle gözü ve cildi etkileyen zararlar (doku buharlaşması-ablasyon vb) olarak kabul edilirken, lazerlerin oluşturabileceği ***ikincil zararlara*** da dikkat edilmesi gerekmektedir.

Lazerle çalışmada dikkate edilmesi gereken ikincil zararlar arasında; lazerle çalışmada toksik ve kanserojen gazların açığa çıkması sonucu oluşabilecek ***kimyasal tehlikeler***, özellikle yüksek güçlü lazerlerin herhangi bir yanıcı maddeye odaklanması ile gerçekleşebilecek ***yangın ve tutuşma tehlikeleri***, lazer sistemlerinde kullanılan yüksek potansiyel farkı nedeniyle oluşabilecek ***elektriksel tehlikeler*** (çalışma gerilimi yaklaşık 1000 V) ve soğutma sistemi vb. ünitelerin bakımı kaynaklı ***çevresel tehlikeler***, kullanılan lazer donanımlarının veya lazerle yapılan işlemin oluşturduğu X-ışını vb. tehlike türleri sayılabilir.

LAZER & İSG DEĞERLENDİRİLMESİ

Lazer kullanımının potansiyel birçok tehlikeyi içerdği bilindiğinden, özellikle iş sağlığı ve güvenliği açısından lazerle çalışanların gerekli tedbirleri alması çok önemlidir. Lazerlerle çalışanlar için güvenli çalışma ortamının oluşturulması ve aşırı maruziyete izin vermeyecek maruziyet eşik değerlerin yasal olarak belirlenmesi gerekliliği vardır.

Ülkemizde henüz optik radyasyon veya lazerlerin güvenli kullanımına ilişkin bir yönetmelik bulunmamaktadır ancak bu konuda yoğun çalışmalar olduğu bilinmektedir.



Yetkisiz kimse giremez



Lazer ışını



Koruyucu elbise giy



Koruyucu gözlük kullan



Koruyucu eldiven giy



Koruyucu yüz siperi kullan

Sekil 9. Güvenlik işaretleri

LAZER & İSG DEĞERLENDİRİLMESİ

Lazerle güvenli çalışmada; farklı lazer türleri için uygun denetleme sistemlerinin belirlenmesi amacıyla, lazerlerde güvenlik sınıflandırmaları oluşturulmuştur.

Lazerler; TS EN 60825 – 1 'de belirtildiği üzere 7 farklı tehlike sınıfı ile tanımlanmaktadır. Sağlık ve güvenlik açısından lazerlerde yapılan bu sınıflandırmalar, kullanıcıların lazere ilişkin yapacakları risk değerlendirmesine ve uygun kontrol tedbirlerinin belirlenmesine temel teşkil etmek üzere geliştirilmiştir.

Yapılan sınıflandırmalar, lazer ışınının göze ve cilde verebileceği zararlarla ilişkilidir. Sınıflandırma için **sürekli lazerlerin dalga boyu, lazerin ortalama gücü, maruziyet süresi; atmalı lazerler için ise darbe başına düşen enerji, darbe süresi, darbe frekansı ve radyant ısı maruziyetleri** dikkate alınmıştır.

Tablo 2. TS EN 60825 – 1 Lazer Sınıflandırmaları [23; 28].

Sınıf Türü	Tehlike	Uyarı Mesajı
Sınıf 1	Normal çalışma koşullarında zarar verici ışın yaymayan ve kapalı sistemler içinde kullanılabilen lazerlerdir. Öngörülebilir koşullar altında güvenlidirler. Kullanım sırasında, tehlike potansiyeli olan ışımaya maruz kalmayan, tamamen kapalı ortamda çalışan yüksek güçlü lazerler de bu sınıfta değerlendirilir.	-
Sınıf 1M	Işınlara optik aletlerle (teleskop, büyüteç vb.) bakılmadığı sürece normal çalışma koşullarında zarar verici ışın yaymayan lazer türleridir. Büyütücü mercekler kullanılmıyorsa, çıplak göz için güvenlidir.	Optik cihazlar kullanarak doğrudan bakmayınız.
Sınıf 2	Görülebilir dalgaboyunda (400 – 700 nm) ışın yayan 1 mW gücündeki lazerlerdir. Uzun süre direkt ışına maruz kalmadığı sürece göz refleksi (0,25 s) gözü potansiyel zararlardan korur.	Işına doğrudan ve uzun süreli bakmayınız.
Sınıf 2M	Görülebilir dalgaboyunda (400 – 700 nm) ışın yayan 1 mW'den düşük güce sahip lazerlerdir. Kısa süreli (0,25 s). maruziyetler için güvenlidir. Büyütücü mercekler kullanılmıyorsa, göz kırpma refleksi gözü korur.	Işına doğrudan veya optik cihazlar kullanarak bakmayınız.
Sınıf 3R	1,0 – 5,0 mW gücündeki lazerlerdir. Normal şartlarda hasara sebebiyet verme olasılığı düşüktür ancak direkt ve düzgün yansımalar doğrudan göze geldiğinde zararlı etkileri olabilir. Yangın tehlikesi yoktur. Dikkatli taşınırsa güvenlidir.	Göze doğrudan temas etmemesi sağlanmalıdır.
Sınıf 3B	5 – 500 mW arası orta güce sahip olan lazerlerdir. Doğrudan ışın demetine veya düzgün yansımalara maruz kalındığında zararlı etkileri vardır. Dağınık yansıma oluşturmazlar. Işın açıkta ise, koruyucu gözlük kullanılmalıdır. Tehlikeli lazere erişimi engellemek için güvenlik kilidi kullanılmalıdır.	Işına maruz kalmaktan kaçının.
Sınıf 4	500 mW'dan daha fazla güç değerine sahip lazerlerdir. Işın demetlerinin doğrudan veya dağınık yansımaları göze ve cilde zarar verme potansiyeline sahiptir. Aynı zamanda potansiyel yangın tehlikesi de taşırlar. Cildi yakabilir ve gözde kalıcı hasara yol açabilir.	Doğrudan veya dağınık gelen ışınların göze veya cilde temas etmesinden kaçının.

LAZER & İSG DEĞERLENDİRİLMESİ

Ülkemizde yapay optik radyasyonun zararlı etkilerinden korunmaya yönelik henüz bir yasal düzenleme bulunmasa, SGK istatistiklerine göre ülkemizdeki işyerlerinde yapay optik radyasyonun zararlı etkileri görülmektedir.

Yapılan gözlemler; ülkemizde yapay optik radyasyon kaynağının kullanıldığı işyerlerinde yeterli farkındalığın olmadığı, korunmaya yönelik alınan önlemlerin yetersiz olduğu, belirli bir sistematığın olmadığı ve standartların bulunmadığı şeklindedir.

Bazı Avrupa ülkelerinde ve ABD’de yapay optik radyasyonun zararlı etkilerinden korunmaya yönelik olarak yasal düzenlemeler yapılmıştır. Avrupa Birliği, lazerin potansiyel tehlikeleri nedeniyle lazerle çalışanları korumak ve önlem alabilmek için dikkate alınması gereken maruziyet sınır değerlerini, **2006/25/EC sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konseyi Yapay Optik Radyasyon Yönergesi** ile açıklamıştır. İlgili Direktifte, *Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu* olan *ICNIRP*’ın rehberleri de kullanılmıştır.

LAZER & İSG DEĞERLENDİRİLMESİ

İş sözleşmesinin işverene yüklediği temel konulardan birisi, iş güvenliği önlemlerini alma zorunluluğudur. Lazerle kullanıldığı çalışmalarda gerekli iş güvenliği önlemleri alınmadığında çalışanlarda sağlık sorunları gözlenmekte, iş kayıpları yaşanabilmekte, çalışana ödenen tazminatlar ile birlikte işveren açısından büyük maddi zararlar oluşmaktadır.

Lazer cihazları üzerindeki *tehlike işaretleri* ve standardizasyonun önemli bir getirisi olan **tehlike sınıfları düzenlemeleri** lazer güvenliğinin sağlanmasında yol göstericidir.

Ülkemizde hem 6331 sayılı Kanun'un 30. maddesi gereği, hem de ülkemiz Avrupa Birliği'ne uyum taahhütleri çerçevesinde, yapay optik radyasyonun zararlı etkilerinden çalışanların korunmasına yönelik olarak yasal düzenlemenin yapılması, yapılacak düzenlemenin ise 2006/25/EC sayılı yönerge ile paralel olması beklenmektedir. İşyerlerinde yapay optik radyasyon ölçümlerinin TS EN 14255 – 1, TS EN 14255 – 2 standartlarına uygun olmasına yönelik yasal altyapının oluşturulmasına ihtiyaç olduğu görülmektedir.

KAYNAKÇA

- Yıldız, A.N., Sandal, A. (Ed.). İş Sağlığı Ve Güvenliği Meslek Hastalıkları, 2020, Hacettepe University, ISBN: 978-975-491-506-8.
- NIOSH (1991). Noise Induced Loss of Hearing. Cincinnati, OH: National Institute for Occupational Safety and Health.
- International Labour Office (1984). Protection of Workers Against Noise and Vibration in the Working Environment, 3rd edition, Geneva.
- Çalışma Yaşamında Gürültü ile Mücadele Rehberi. T.C. Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü.
- TS 2607 ISO 1999 (2005). Akustik – İş Yerinde Maruz Kalınan Gürültünün Tayini ve Bu Gürültünün Sebebi Olduğu İşitme Kaybının Tahmini, Türk Standardları Enstitüsü.
- ILO (1998). Encyclopedia of Occupational Health and Safety. Darabont A. Noise Measurement and Control. International Labour Office, 4th ed., Geneva, Switzerland, 1467.
- Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına İlişkin Uygulama Rehberi. (2018). T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü.
- Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik. (2013). T. C. Resmî Gazete, 28721, 28.07.2013.
- 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu (2012). T. C. Resmi Gazete, 28339, 30.6.2012.
- TS EN ISO 9612 Akustik-Mesleki Gürültü Maruziyetinin Belirlenmesi - Mühendislik Metodu (2009).
- Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik. (2013). T. C. Resmi Gazete, 28695, 02.07.2013.
- Çalışma Gücü ve Meslekte Kazanma Gücü Kaybı Oranı Tespit İşlemleri Yönetmeliği. (2008). T. C. Resmi Gazete, 27021, 11.10.2008.
- Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği. (2019). T. C. Resmi Gazete, 30761, 01.05.2019.
- 2872 sayılı Çevre Kanunu. (1983). T. C. Resmi Gazete, 18132, 11.08.1983.
- Sağlık Kuralları Bakımından Günde Azami Yedi Buçuk Saat veya Daha Az Çalışması Gereken İşler Hakkında Yönetmelik. (2013). T. C. Resmî Gazete, 28709, 16.07.2013.
- Meslek Hastalıkları ve İş ile İlgili Hastalıklar Tanı Rehberi. (2015). T. C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, İSGİP, TR0702.20-01/001.

- Çalışanların El-Kol Titreşimine Maruziyet Risklerinden Korunmalarına İlişkin Uygulama Rehberi. T.C. Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü.
- Çalışanların Bütün Vücut Titreşimine Maruziyet Risklerinden Korunmalarına İlişkin Uygulama Rehberi, T.C. Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü
- TS EN ISO 5349-1. (2005). Mekanik Titreşim-Kişilerin Maruz Kaldığı Elle İletilen Titreşimin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi, Türk Standartları Enstitüsü.
- TS ISO 2631-1. (2013). Mekanik Titreşim ve Şok - Tüm Vücut Titreşime Maruz Kalma Değerlendirilmesi, Türk Standartları Enstitüsü.
- Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik. (2013). T. C. Resmî Gazete, 28743, 22.08.2013.
- Meslek Hastalıkları. (2013). Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim ve Araştırma Merkezi - ÇASGEM, Ankara: Özyurt Matbaacılık.
- İş Hijyeni Ölçüm, Test ve Analiz Laboratuvarları Hakkında Yönetmelik. (2017). T. C. Resmî Gazete, 29958, 24.01.2017.
- Güler Ç. (Ed.) (2004). Sağlık Boyutuyla Ergonomi. Ankara: Palme Yayıncılık.
- ANSI/AHSRAE Standard 55-2010 – Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. ASHRAE Publications 2010.
- ILO. Encyclopedia of Occupational Health and Safety. Sherwood RJ. (1998). Heating of Workplaces, International Labour Office, 4th ed. Geneva, Switzerland, 1022.
- İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik. (2013). T. C. Resmî Gazete, 28710, 17.07.2013.
- Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği. (2013). T. C. Resmî Gazete, 28786, 05.10.2013.
- NCRP (National Council on Radiation Protection and Measurements) (1987). Exposure of the Population in the United States and Canada from Natural Background Radiation. NCRP Report No. 94. Bethesda, MD: National Council on Radiation Protection and Measurements.
- UNSCEAR (The United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation). (2008). Sources and Effects of Ionizing Radiation. Volume I.
- UNSCEAR (The United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation). (2000). Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly. United Nations, New York.
- . Hacettepe Üniversitesi Nükleer Enerji Mühendisliği Öğretim Elemanları. (2011). *Nükleer Enerji Raporu*, TMMOB Fizik Mühendisleri Odası, Ankara.

İLGİNİZE TEŞEKKÜR EDERİM.

Prof. Dr. Şeyda Çolak
H.Ü. Fizik Mühendisliği
seyda@hacettepe.edu.tr