

LAZER CİHAZLARININ İNSAN SAĞLIĞI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ZARARLI ETKİLERİNİN GİDERİLMESİ

Muciz Özcan^a, Ali Osman Özkan^b, Mustafa Yağcı^c

^{a,b,c} Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu,42031, Konya, Türkiye

Özet

Lazer cihazları ile çalışırken mevcut potansiyel tehlikelerden haberdar olmak gerekir. Özellikle bu ortamda çalışacak kişilerin alması gereken tedbirleri bilmesi ve uygulaması büyük önem arz etmektedir.

Gelişmiş ülkelerde lazer teknolojisi yaygın olarak kullanılmasına rağmen ülkemizde yeni kullanılmaya başlanmış bir teknolojidir. Bu çalışmada lazer cihazlarının oluşturabileceği tehlikelere göre sınıflandırılması, lazer cihazı ile çalışırken alınması gereken tedbirlerden bahsedilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Lazer, Materyal işleme, Lazerde oluşabilecek tehlikeler

THE EVALUATION OF LASER DEVICES FROM THE POINT OF VIEW OF HUMAN HEALTH AND ELIMINATION OF THEIR HAZARD EFFECTS

Abstract

When working with laser devices the users need to know their potential dangers. People who works with them need to know and apply the necessary precautions.

Although, laser technology is widely used in the world, it is a rather new technology in our country. In this study, the laser devices are classified in terms of their hazardous effects and the necessary precautions when working with these devices are presented.

Keywords: Laser, Material processing, Laser hazards

1. Lazer Cihazlarının Güvenlik Sınıflandırılması

Lazerler IEC 825 ve ANSI Z136.1 normu çerçevesinde dört ayrı tehlike sınıfına ayrılır. Bu standartlar da lazerler sınıflandırılırken göze verebilecekleri potansiyel tehlike dikkate alınmıştır [1,2,3]. Tablo 1’de ANSI standardında lazerlerin güvenlik sınıflandırılması verilmiştir.

Tablo 1. Lazer Cihazlarının Sınıflandırılması

Sınıf	Tehlikesi	Demet tipi	Çıkış gücü (mW)
I	Demete maruz kalındığında göze zarar vermez.	G, GZ	-
II	Demete maruz kalındığında Göz refleksi korunmaya yeterlidir.	G	<1
III-a	Odaklanmadığı sürece tehlikeli değildir.	G, GZ	1–5
III-b	Korumasız bakıldığında göze zarar verir.	G, GZ	5–500
IV	Yansımaları bile göze ve deriye zarar verir.	G, GZ	>500

G: Görülebilir, GZ: Görünmez

I. Sınıf (Class 1) lazer: Direkt olarak bakılması önerilmeyen, güvenli görülebilir dalga boyunda ışık yayan 0,4 mW gücün altındaki düşük güçlü lazer cihazları (diyot lazer) bu sınıfa girerler.

II. Sınıf (Class II) lazer: Yüksek sıklıkta tekrarlanabilir darbeli lazer (P.R.F) cihazları ve görülebilir dalga boyunda ışın yayan 1mW gücündeki lazerler (Helyum-Neon gibi) bu sınıfa girerler. Çıplak gözle bu güçteki lazer cihazların ışığına sürekli olarak bakmanın engellenmesi gerekir. Ama bunlar göz tabakasındaki retinaya zarar verebilecek güçte değildirler.

III. Sınıf (Class III) lazer: Ciltle temas ettiklerinde tehlike teşkil etmeyen, yangın tehlikesi yaratacak kadar gücü olmayan, ancak doğrudan veya yansıyan ışıklarına bakılmasında tedbir alınmasını gerektiren lazerlerdir. Bu lazerler iki alt sınıfa ayrılır:

III. Sınıf-a (Class III-a) lazer: Normal şartlarda yaralanmalara sebep olmayan, göze zarar verebilen 1,0 – 5,0 mW güçleri arasındaki lazerleri içerir (Helyum neon lazerler). Işığın korumasız doğrudan gözle bakılmaması gereken lazerler bu sınıfa girerler.

III. sınıf-b (Class III-b) lazer: Orta güç sınıflandırılmasında bulunan bu lazerlerde yangın tehlikesi görülebilir. Bu sınıfa giren lazerlerin yansımaları genellikle bir tehlike yaratmaz. 5 mW ile 500 mW güçleri arasındaki lazerler bu sınıfa girerler. Işığın gözlüksüz bakılmaması gereken lazerlerdir.

IV. Sınıf(Class IV) lazer: Yangın tehlikesi oluşturan, cilt ve çıplak gözler için tehlike teşkil eden lazer cihazları bu sınıfa girerler. Söz konusu cihazların özellikleri ANSI Z49.1’de tanımlanmıştır [4]. Bu sınıfa giren lazerlerin ürettiği ışınların yansıyan kısımları dahi göz için tehlikelidir. Yeterli düzeyde emniyet tedbirlerinin alınması gereklidir. Tedavi amaçlı kullanılan lazerlerinin birçoğu bu kategoriye girer. ANSI 4. sınıf lazer cihazların özel kapalı bir odada çalıştırılmasını önermektedir [1].

2. Lazer Cihazının Emniyetli Kullanımı

Amerikan ulusal standartlar enstitüsü lazerin güvenli bir şekilde kullanılması Z-136,1 standardında belirtmiştir [1]. Lazer cihazı kullanımında uyulması gereken kurallar, ülkeler arasında farklılıklar gösterir [5]. Amerika’da üretilen lazer cihazları 21

CFR 1040(10) ulusal standardında üretilir [6]. Lazer cihazlarında kullanılan bütün elemanlar kalite sertifikasına sahip malzemelerden seçilmelidir.

Bütün lazer cihazları kullanıcıyı bilgilendirmek için dalga boyunu, gücünü, gözle görülüp görülemeyeceğini ve tipini belirten Şekil 1'de gösterilen etikete benzer etiket taşırlar [1]. Şekil 1'deki etiket bir Helyum-Neon Kılavuz lazeri ihtiva eden oftalmik Nd: YAG lazer cihazına aittir.

Lazer cihazı kullanılırken uyulması gereken emniyet tedbirlerine gereken ihtimamı göstermemek kullanıcıya ve çevresindekilere tafisi mümkün olmayan zararlar verebilir. Lazer cihazını kapalı bir alanda çalıştırmak, oluşabilecek tehlikelerden habersiz olan kişilere zarar vermesini önler [7].



Şekil 1. Örnek Lazer emniyet etiketi

Lazer cihazı kapalı bir oda da çalıştırılıyorsa, odanın kapısı kapalı tutulmalı ve kapı üzerine uyarıcı bir levha asılmalıdır. Yüksek güçlü lazerlerin bulunduğu ortamın kapısı, lazer cihazı çalışırken açılacak olursa, cihazın ürettiği lazer ışın demetinin kesilmesi emniyet açısından alınabilecek bir zorunlu tedbirdir. Bunu sağlamak amacıyla lazer kontrol ünitesinde dâhili bir kilit ilave edilmiştir. Mevzuatın bu emniyeti zorunlu kılmadığı ülkelerde ise, genellikle dâhili kilidin kısa devre edildiği ve lazerin oda kapısının açılıp kapanmasından bağımsız çalıştığı görülmektedir. Dâhili kilit sistemi için, kapı ile lazer cihazı arasında döşenen iletken kabloların kopması veya kilit sisteminin kullanılmadığı durumlarda ise yapılan kısa devrenin açılması üzerine lazer cihazının çalışmaması en sık duyulan bir arıza şikâyetidir.

Lazerin kullanıldığı odada ayna veya lazer cihazının ürettiği dalga boyunda yansıtıcı olabilecek bir yüzey bulunmamalıdır. Odaya girmeye yetkili olan kişiler lazer emniyeti konusunda temel bilgilere sahip olacak şekilde eğitilmelidirler.

Lazer çıkış gücüne bakılmaksızın dikkat edilecek hususlar aşağıda belirtilmiştir.

- Lazer ışın demetine ve yansımalarına direk bakmaktan kaçınmak gerekir,
- Çalışma alanındaki gereksiz bütün yansıtıcı yüzeylerin uzaklaştırılması gerekir,
- Lazerler iyi tasarlanmış kontrol sistemine kolayca ulaşabilecek bir alanda çalıştırılmalıdır. Bu ortama girecek herkes oluşabilecek potansiyel tehlikelere karşı uyarılmalıdır,
- Lazer eğitimi almış kişiler tarafından cihaz kullanılmalıdır. Cihazın kullanılmadığı durumlarda oluşabilecek potansiyel tehlikelerden habersiz kişiler tarafından çalıştırılması önlenecek şekilde tedbirler alınmalıdır,
- Herhangi bir kaza anında durum tıbbi otoritelere bildirilmelidir. Lazer ışın demetine kazara çıplak göz ile bakılacak olursa, mutlaka göz doktoruna gidilerek durumun araştırılması ihmal edilmemelidir [8,9].

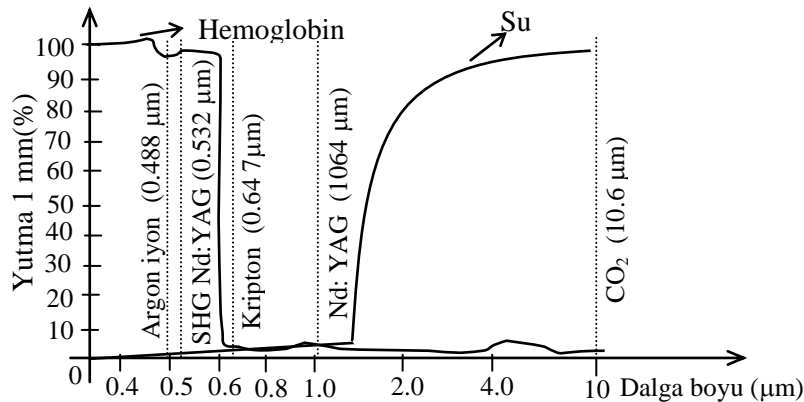
Lazer cihazlarında ortaya çıkabilecek tehlikeli durumlar, aşağıda belirtilen şekilde dört gruba ayrılabilir.

- Işıktan kaynaklanabilecek tehlikeler,
- Elektrikten kaynaklanabilecek tehlikeler,
- Kimyasal maddelerden kaynaklanabilecek tehlikeler,
- Radyasyondan kaynaklanabilecek tehlikeler.

2.1. Lazer Işığından Kaynaklanabilecek Tehlikeler

İnsan derisine çarpan lazer ışınımı yanma hissi uyandıracığından (çok yüksek güçteki lazerler hariç) lazerin ciltle temas etmesi ufak tefek yanıklar hariç genelde çok önemli bir tehlike teşkil etmez. Işın demeti gözle görülmeyen lazer cihazları ile çalışırken (III-b ve IV. sınıf lazerler) bu tip lazerler için tasarlanan koruyucu elbiseler giyilmelidir. 4. sınıf lazer cihazı kullanılırken yanmayan elbiseler giymelidir. Lazer cihazı çalışırken ortamda yanabilecek malzemeler bulundurulmamalıdır [10].

Lazer ışın demetinin deride oluşturabileceği bir yanık zamanla vücut tarafından onarılabilir. Fakat göze verebileceği bir zarar zamanla vücut tarafından onarılamamaktadır. Söz konusu sebepten gözün lazer ışın demetinden korunması gerekir [4]. Gözdeki su tabanlı dokuların ve hemoglobinin dalga boyuna bağlı olarak lazer ışın demetini yutmasının değişimi Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Gözdeki su tabanlı dokuların ve hemoglobinin lazer ışın demetini yutması

Lazer ışının göze verebileceği tahribatı önlemek için, daha çok dikkat etmek ve alınan tedbirleri kontrol etmek gerekir. III-b ve IV. sınıf lazer cihazlarının kullanıldığı ortamda bulunan herkesin lazer emniyet gözlüğünü kullanması zorunludur [4]. Gözün korunması lazer cihazı tarafından üretilen dalga boyuna bağlıdır [11]. Bir tip lazer için kullanılan gözlükler diğer bir tip lazer cihazı için kullanılamazlar.

750–1400 nm dalga boyundaki lazer ışın demetlerini, göz merceği ışığa duyarlı koniler ve daha az duyarlı olan renk algılayıcı kısımların bulunduğu retina üzerine odaklar. Retinanın en duyarlı kısmı fovea’dır. Optik sinirler ile retinadan beyine görüntü bu kısımdan taşınır. Buraya odaklanan lazer ışın demeti körlüğe sebep olur. Bu sebepten göz için, Nd: YAG lazer cihazları en büyük risk sınıfındadır [12]. Lazer ışınımının dalga boyuna bağlı olarak gözde etkili olduğu bölgeler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Lazer ışın demetinin çıkış dalga boyuna bağlı olarak gözde etkili olduğu bölge

Tayf bölgesi	Dalga boyu (nm)	Frekans (x10 ¹⁴ Hz)	Gözde etkili olduğu bölge
Uzak mor ötesi	20–320	150–9,4	Kornea
Yakın mor ötesi	320–390	9,4–7,7	Göz merceği, Kornea
Görülebilir	390–750	7,7–4,0	Retina
Yakın kızıl ötesi	750–1400	4,0–2,1	İris, Retina
Orta kızıl ötesi	1400–3000	2,3–1	Kornea, Retina
Uzak kızıl ötesi	3000–500000	1–0,006	Kornea

Lazer ışığının görünür olması yeterli emniyet teşkil etmez. Yarı iletken diyot lazerler inanılmaz şekilde zararsız görünüşlüdürler. Bununla birlikte 15 mW ve 870 nm’lik bir yarı iletken lazer diyot retinaya kalıcı hasar vermek için yeterli güçten daha fazlasına sahiptir. Oftalmolojide kullanılan Argon lazere kısa süreli olarak yandan bakmak bile retinada ciddi yanıklara neden olabilir. Tıpta kullanılan tedavi lazerlerinin, hemen hemen hepsi göz için tehlike oluşturmaktadır. Tıpta ve materyal işlemede kullanılan lazerlerin çoğu insan gözünün göremeyeceği dalga boyunda ışın demeti üretirler. Lazerin görünmez oluşu ve dalga boyuyla bağlantılı olarak değişik yüzeylerden yansiyabilmesi tehlikesini daha da arttırmaktadır. Özellikle Karbondioksit lazerlerden çıkan ışın demetleri düz fakat mat bazı yüzeylerden, görünen ışığın aynadan yansıdığı gibi yansımaktadır. Göz hasarının yalnızca lazerden doğrudan gelen lazer ışının sonucu olmadığını bilmek de önemlidir. Bu yüzden lazer laboratuvarında tehlikeli ikincil yansımalara neden olabilecek hiçbir şey bırakılmamalıdır [13]. Unutulmaması gereken şeylerden biri de darbeleri lazerlerin sürekli dalga lazerlerinden çok daha tehlikeli olduklarıdır.

Lazer ışınına direkt maruz kalan insan gözünde oluşabilecek olumsuzlukların seviyesi, izin verilebilir maksimum ışın pozu (Maximum Permissible Exposure, MPE) seviyesi olarak adlandırılır. Bu süre ışının dalga boyuna ve maruz kalma süresine bağlı olarak değişir. Bu seviyeler bir güvenlik faktörü ilave edilerek hayvan gözünden alınan deneysel verilerle belirlenir. Değişik tip lazer cihazlarından yayılan radyasyona karşı maruz kalınabilecek süreler Tablo 3’de verilmiştir. Üretim esnasında müsaade edilen maruz kalınacak doz miktarlarını aşmak tehlikelidir [14,15].

2.1.1. Lazer emniyet gözlüğü

Zayıflama miktarı optik yoğunluk (Optical Density, OD) ile ölçülür. Optik yoğunluk değerinin büyümesi, gelen ışın demetinin daha çok zayıflatılması ile mümkün olur. Lazer gözlüklerinin emniyetli minimum optik yoğunluk değeri (D_{λ}) aşağıdaki formül ile belirlenir.

$$D_{\lambda} = \text{Log}_{10}(H_p/MPE) \quad \text{veya} \quad D_{\lambda} = \text{Log}_{10}(1/T)$$

Formülde; T: İletim, H_p : Gözlüğe gelebilecek lazer ışının maksimum güç yoğunluğu, MPE: İzin verilebilir maksimum ışın pozudur.

Tablo 3. Göz merceğinin farklı tip lazerler için maruz kalabileceği örnek sınır değerleri

Lazerin tipi	Dalga boyu	Maruz kalma süresi
Argon-fluoride	193 nm	3 mJ/cm ² 8 saat
Xenon-chloride	308 nm	40 mJ/cm ² 8 saat
Argon iyon	488 nm, 514,5	3.2 mJ/cm ² 0.1 s.
Bakır Buharı	510 nm, 578 nm	2.5 mJ/cm ² 0.25 s.
Helium-neon	632.8 nm	1.8 mJ/cm ² 1 s.
Krypton iyon	568 nm, 647 nm	1.8 mJ/cm ² 1 s.
Nd:YAG	1064nm	5 µJ/cm ² 1 ns'den 50µs kadar
Nd:YAG	1334nm	5 Mw/cm ² 10 s.
CO ₂	10,6µm	100 mW/cm ² 10s.
CO	~5µm	10 mW/cm ² 10s.

Tablo 4 'de lazer gözlüğünün optik yoğunluğuna bağlı olarak zayıflatma faktör değerleri verilmiştir.

Tablo 4. Lazer gözlüğünün optik yoğunluk değeri ve zayıflatma miktarı

Optik Yoğunluk	Zayıflama Faktörü
2	100
3	1000
4	10000
5	100000
6	1000000

Çalışılacak lazer cihazına uygun emniyet gözlüğü seçerken aşağıdaki faktörlere dikkat etmek gerekir.

- Lazer çıkışının dalga boyu,
- Optik yoğunluk,
- Lazerin kullanılacağı ortam şartları,
- Yansiyabilecek ışın demetinden oluşabilecek en fazla güç yoğunluğu,
- Rahat ve kullanışlı olması.

Lazer emniyet gözlüğü veya mikroskop/endoskop koruyucu filtresi seçimi yapılırken, ilk olarak gözlük camının kullanılacağı lazer ışın demeti dalga boyundaki ışınımı filtre edici özelliklere sahip olup olmadığı incelenir. Optik yoğunluk (OD) sayısının değerinin bir artması geçen ışığın 10 dB (yani 10 kere) zayıflamasına tekabül etmektedir. Buna göre OD 3'e haiz olan bir gözlük camı lazer ışığının sadece binde birinin geçmesine izin vermektedir. OD 6'lık bir cam ise ancak milyonda biri geçirmektedir [16]. Lazer cihazı ile çalışırken kullanılacak gözlük camının optik yoğunluğunun gerekenden fazla olması gerçekleştirilecek işlemi izlemeyi zorlaştırır.

Oftalmolojide kullanılan Argon lazerlerde OD 3 veya 4, cerrahi lazerlerde ise OD 6 kullanılmasında yarar vardır. Lazer emniyetine göre tasarlanmış gözlük camının yanı sıra çerçeve yapıları da ve yandan gelebilecek ışınının girişini engelleyecek şekilde olmalıdır [17].

Gözle görülmeyen lazer ışınları için uygun emniyet gözlükleri ve filtreleri genellikle renksizdir ve sürekli kullanılmaları mümkündür. Buna karşılık Argon lazerin mavi-yeşil dalga boyu için yapılan filtreler genellikle koyu sarıdır; sürekli kullanımları rahatsızlık verdiği gibi, bazı durumlarda da hastayı iyi görmeyi engellediğinden sürekli olarak operasyon esnasında kullanılması olanaksızdır. Söz konusu sorunun üstesinden gelmek için doktorun inceleme yaptığı durumlarda filtrelerin geri çekilmesini ve lazer ışığını aktif ettiği zaman devreye girmesini sağlayan sistemler geliştirilmiştir.

2.2. Elektriksel Tehlikeler

Lazerlerle ilgili elektriksel tehlikeler kullanıcıdan ziyade teknik servis personelinin bilgilendirmekle birlikte, bazı hususların herkes tarafından bilinmesinde yarar vardır.

Lazer cihazlarının çoğu yüksek voltaj ile çalışırlar. Diyot lazerler gibi yüksek voltaj gerektirmeyen lazer cihazlarında bile şehir şebeke gerilimi mevcuttur. Bu sebepten lazer cihazlarının içi gerekli eğitimi almamış kişiler tarafından açılmamalıdır. Gaz lazerlerin ve Oftalmolojide kullanılan Q- anahtarlamalı Nd: YAG lazerlerdeki flaş lambasının tetiklenmesi birkaç bin Voltla gerçekleşir. Elde edilen akım değeri küçük olup hayati tehlike oluşturmasa da şiddetli bir elektrik çarpmasına neden olabilir [13].

Verimi oldukça düşük olan Argon lazerinde önemli tehlikelerden biri de ısıya dönüşen fazla enerjidir. 1 W Argon ışığı elde etmek için 1 kW elektrik gücüne ihtiyaç vardır. Argon'un yanı sıra cerrahi lazerlerin hemen hemen hepsinde harici veya dâhili devridaimli su soğutma sistemi kullanılmaktadır. Bu nedenle periyodik bakımlar sırasında cihazın içindeki su bağlantıları kontrol edilmelidir. Kullanım esnasında su sızıntısı fark edildiğinde; cihaz çalışıyorsa derhal durdurularak kablosu fişten çekilmeli ve teknik servise haber verilmelidir. Eğer harici su soğutma sistemi varsa, onun da periyodik bakımları muntazam bir şekilde yapılmalıdır.

2.3. Kimyasal Tehlikeler

Excimer ve Karbondioksit lazerler gibi, harici gaz ihtiyacı olan lazerlerde gaz sızıntısı kontrol edilmeli ve kullanılmakta olan tehlikeli gazların depolanması, bağlanması ve atılması ile ilgili alınması gereken tüm emniyet tedbirleri yerine getirilmelidir. Normalde zararsız olan gazların dahi, bir sızıntı neticesinde odadaki havanın yerini alarak ölüme sebebiyet verebilecekleri unutulmamalıdır.

Boya lazerlerde kullanılan malzemelerin çoğu yanıcı, zehirli ve kanserojen özelliklere sahiptir. Lazer boya için çoğunlukla bir çözücü kullanılır. Lazer boya boyalarının inceltmesi, deri içine kolayca iletilmesini mümkün kılar. Lazer boya boyaları gözlük takılarak önlük ve eldiven giyilerek dikkatlice tutulmalıdır. Excimer lazerleri florin ve klorun gibi re aktif kimyasalları serbest bırakmaya meyleder. Serbest-elektron lazerlerinin radyasyon tehlikesi vardır.

Lazer cihazlarında kullanılan kimyasalların çevreye verebileceği zararları önlemek için depolanması, doldurulması ve atılmasında uyulması gereken emniyet kuralları yerine getirilmelidir.

2.4. Radyasyon

Bazı model Excimer lazerlerde iyonlaşma aşamasında cihazın X-ışını yayması mümkündür. Bu teknikle çalışan cihazlarda rutin bakım esnasında sızıntı kontrolü yapılması gerekmektedir [17].

Bütün bu tehlike potansiyeline rağmen, cihazlar hastane ortamında profesyonel kişiler tarafından kullanıldığından, lazer kaynaklı kaza ve yaralanmalara sık rastlanmamaktadır.

3. Malzeme İşlemede Darbeli Katı Hal Lazer Cihazları Kullanırken Alınması Gerekli Emniyet Tedbirleri

Darbeli katı hal lazerleri her hangi bir lazer cihazında mevcut olan tehlikelere ilave olarak daha fazla tehlike içermektedir. Tepe çıkış gücü çok yüksek olduğundan ışın demetlerine ve yansımalarına çok uzak mesafelerden dahi olsa doğrudan bakmak gözler için tehlike arz eder. Sert bir yüzeye çarpan ışın demetinin saçılması durumu bile gözler için ciddi potansiyel tehlikelere sahiptir. Odaklanmamış yansımalar bile gözün retina tabakasında küçük lekelerin oluşmasına neden olur. Oluşabilecek bu lekelerin çapı ışın demeti ile yakından ilgilidir. Belli bir güç yoğunluğuna sahip olan ışının uzak mesafelerden gelmesi güç yoğunluğunun azalmasına sebep olmaz. Uzak mesafelerden göze gelen ışın demetinin güç yoğunluğu retina tabakasının bozulması için gerekli olan güç yoğunluğu değerini aşabilir. Işın demetinin retina tabakasına verebileceği zarar demet çapı ve enerjisine bağlı olarak değişir.

Lazer cihazı çalışırken ortamda bulunan kişiler güvenlik gözlüğü takmalıdır ve güvenlik gözlükleri gözün doğrudan darbeli katı hal lazerlerinin ışın demetine maruz kalmasını önleyecek şekilde imal edilmiş olması gerekir. Bu gözlüklerin optik yoğunluğu 14 ila 16 arasında olmalıdır [18]. Nd: YAG ve Nd: Cam lazerlerin ürettiği dalga boyundaki ışınlar gözden geçerek retina tabakasına odaklanıp buranın bozulmasına sebep olabilir. Söz konusu durum gözde bir rahatsızlık hissi vermez. Bu cihazların ürettiği ışın demetleri gözün görmediği bölgede olduğundan daha da tehlikeli durum arz ederler.

Darbeli katı hal lazerlerin çıkış darbeleri deri yüzeyini yakabilecek enerji seviyesine sahiptirler. Eğer ışın demeti çok küçük bir alana odaklanacak olursa vücutta derin yanmalara sebep olur. Derinin odaklanmış ışın demetlerine maruz kalmasından kaçınmak gerekir [19]. Günümüze kadar lazer ışın demetinin sebep olduğu ciddi bir yaralanma olayına rastlanılmamıştır.

Darbeli katı hal lazerlerindeki en büyük tehlike, güç kaynaklarının bulunduğu yerdedir. Burada bulunan kondansatörler kiloajul mertebesinde enerji ile depolanmışlardır ve kondansatör uçlarındaki gerilim değerleri kilovoltlar mertebesinde. Deşarj durumunda kiloamper mertebesinde akımlar üretebilirler. Güç kaynağında bulunan bir başka kondansatör grubu da ateşleme devresinde kullanılmaktadır. Cihaz üzerinde çalışma yapan kişilerin kondansatörler ve güç kaynağının bulunduğu bölgeye temas etmeleri önlenecek şekilde, güç kaynağının bulunduğu bölüm cihaz içinde dâhili bir iç mekanizma ile kilitlenir.

Metal ve plastik malzeme işlemede kullanılan darbeli katı hal ve gaz lazerlerinin malzemedan çıkardığı buhar ve onun yaratabileceği tehlikeli durumlardan da kaçınmak gerekir [20,21]. Malzeme buharı ortamda mikron mertebesinde küçük parçacıklar

şeklinde bulunur. Bu parçacıklar ortamda bulunan insanların nefes alıp vermesi esnasında ciğerlerine giderek burada bulunan kanalları tıkayabilirler [22]. Metal malzemeleri lazer ışın demeti ile işlerken malzemedan çıkabilecek parçacıkların uygun filtreler kullanarak ortamdan uzaklaştırılması gerekir [10,23].

Darbeli yüksek enerjili lazer cihazlarının çalıştırılması esnasında dikkat edilecek hususlar ve alınacak ön tedbirler aşağıda belirtilmiştir.

- Lazer ışın demetine ve yansımalarına direk bakılmamalıdır,
- Lazer ışın demetinin ve yansımalarının insan vücuduna girmemesine dikkat edilmelidir,
- Lazerin bulunduğu ortamdaki tehlikeler görsel olarak belirtilmelidir. Yetkili olmayan kişiler bu ortama girdiklerinde sesli bir alarm sistemi ile durumdan haberdar olunması gerekir,
- Lazer ışın demetinin yansımaları en aza indirilecek şekilde lazer cihazının çalışacağı ortamda tedbirler alınmalıdır. Ortam oluşabilecek ışın yansımalarını önleyecek özel malzemeler ile kaplanmalıdır,
- Yüksek güçlü lazerlerde çalışırken koruyucu gözlük kullanılmalıdır. Kullanılacak gözlük lazer dalga boyuna uygun seçilmelidir,
- Materyallerin lazer ile bombardımanı olayında atmosferik şartlarda değişme olabilir. Ortam materyallerden çıkan zehirli buharlar kurşun, ozon, karbon oksit, cıva ve kalsiyum vs. içerebilir [24],
- Darbeli lazerlerde bakım yapmadan önce güç kesildiğinde sistemde bulunan kondansatörlerin deşarj edilerek kazara oluşabilecek elektrik şokları ve çarpılmaların önlenmesi gerekir [25],
- Optik pompalı lazerlerde (Flaş lambası uyarmalı) flaş lambasından yayılan beyaz ışıkta radyasyon yaymaktadır. Eğer flaş lambasına çıplak gözle bakılacak olursa tehlikeye sebep olur. Bu yüzden lazer sistemlerinde bu kısmın tamamen kapatılması önerilir.

3.1. Işın Yansımasından Ortaya Çıkabilecek Tehlikelerin Önlenmesi

Lazer ışın demetinin fazla miktarda yansıması sonucu ortaya çıkan atık enerji, etrafta bulunan cihazlara zarar verebilir. Eğer gerekli önlemler alınmazsa söz konusu enerji insanların yaralanmasına bile sebep olabilir. Yüksek güçlü lazerlerin kullanımında güçlü yansımalar yüzünden etrafa verilebilecek zararları bertaraf etmek için ek harcamalar yapılarak söz konusu tehlikelerin önlenmesi gerekir. Bu tür ortamlarda çalışacak insanların daha dikkatli olmaları sağlanarak da kısmen lazer ışın demeti yansımalarının verebileceği zararlar önlenabilir [25].

Lazer üretici firmalar, ürettikleri cihazları kullanma kitapçığında, malzemelerin işlenmesine yönelik bazı pratik değerler verirler. Eğer üzerinde çalışılacak malzemeye ait bir uygulama mevcut değilse farklı tip lazer cihazlar test edilerek işlenecek malzemeye uygun lazer seçimi yapılabilir.

Lazer ışın demetinin malzeme yüzeyini bozduğu bölgedeki gerilmeler yüksek yoğunluklu elektromanyetik dalgaların yayılmasına neden olur. Bu sebepten bazı durumlarda, malzeme yüzeyinde küçük patlamalar meydana gelebilir. Bu patlamalar, malzemenin odak bölgesinde ki sıcaklığının çok yüksek değerlere ulaşmasına sebep olur [24].

4. Sonuç ve Öneriler

Lazer cihazları ile çalışırken mevcut potansiyel tehlikelerden haberdar olmak ve bu ortamda çalışan kişilerin karşılaşılabileceği olumsuz durumlara karşılık önceden bir takım tedbirler alması çok büyük bir önem arz etmektedir. Bazen karşılaşılan tehlikelerden geri dönüşü mümkün olmayabilir. Örneğin, direkt olarak gözün lazer ışığına maruz kalması sayılabilir. Bu çalışma da lazerle çalışacak kişilerin karşılaşılabilecekleri tehlikeli durumlar ve lazer ortamında çalışmak için önceden alınması gereken tedbirlerden bahsedilmektedir. Ülkemiz için yeni sayılabilecek olan bu teknolojik durumların bilinmesi ve bu ortamda çalışacak kişilerin gerekli tedbirleri alması büyük önem arz etmektedir.

Kaynaklar

- [1] ANSI, Z 136.1, American National Standards Institute, American National Standard for the Safe Use of Lasers,(NY,10036), New York, 2000
- [2] Denison, University, <http://www.denison.edu/sec-safe/safety/lasers/class.shtml>, 2000
- [3] IEC, International Electrotechnical Commission, Radiation Safety of Laser Products, Equipment Classification, Requirements and User's Guide, Publ. 60825-1.1, Geneva, Switzerland, 1998
- [4] ANSI, Z 49.1, American National Standards Institute, American National Standard for Safety in Welding and Cutting (NY,NY),1988
- [5] Weiner R., Status of Laser Safety Requirements Laser and Applications in 1987, Buyers Guide, 1987 , p.277
- [6] CFR 1040, Title 21 CFR(Code Federal Regulations)1040, Performance Standards for Light Emitting Products, Center for Devices and Radiological Health of the FDA, Rockville, MD, 1995
- [7] Kissel, T.E., "Industrial Electronics", Prentice Hall, 1997
- [8] Decher, C.D., Comment: Accident Victim's View, Laser Focus 13 No:8. August, 1977
- [9] Mallow, A., Chabot, L., Laser Safety Handbook New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1978
- [10] ANSI, B11.21, American National Standards Institute, Machine Tools Using Lasers for Processing Materials- Safety Requirements for Construction, Care and Use, (NY,NY), 1995
- [11] Stanford University Laser Safety Manual, [http://www.stanford.edu /dept/ehs /prod /re...ab /radlaser /procedures/table1.html](http://www.stanford.edu/dept/ehs /prod/re...ab /radlaser /procedures/table1.html)
- [12] Sliney, D.H., Radiation Safety, The Maximum Permissible Exposure Levels, Our Knowledge of the Hazards, Optics and Laser Tec., 1989, 21(4): 235-240
- [13] Varanelli, A., Electrical Hazards Associated with Lasers, Journal of Laser Applications, 1995, 7: 62-64
- [14] ACGIH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, A Guide for Control of Lazer Hazards(Cincinnati, OH,), 1990
- [15] Duchene, A., Lakey J., Repacholi M., (Eds.), IRPA Guidelines on protection against non-ionizing radiation, New York, Pregamon Press, 1991

- [16] Winburn D.C., Gomez G., Recent Developments in Laser Eyewear, Laser Focus, July, 1982
- [17] Lyon, T.L., Laser measurement techniques guide for hazard evaluation, J. Laser Appl.(part 2), 1993, 5(1):53-58, 5(2):37-42
- [18] ANSI, Z 136.3, American National Standards Institute, American National Standard for the Safe Use of Lasers in Health Care Facilities, 1996
- [19] Sliney, D.H., Wolbarsht M.L., Safety with Lasers and Other Optical Sources, Plenum Press, New York, 12424 Research Parkway, Orlando, FL32826, 1980
- [20] Haferkamp, H., Alvensleben F.von, Seebaum D., Goede M., Püster T., Air Contaminants Generated during Laser Processing of Organic Materials and Protective Measures, Proceedings of the 1997 International Laser Safety Conference, Laser Institute of America, Orlando, 1997 , FL: 209-218
- [21] Schulmeister, K., Schmitzer Ch., Duftschmid K., Liedl G., Schröder H.B., Winker N., Hazardous Ultraviolet and Blue Light Emission of CO₂ Laser Beam Welding, Proceedings of the 1997 International Laser Safety Conference, Laser Institute of America, Orlando, 1997 , FL.:229-232
- [22] Kokosa, J., Hazardous Chemicals Produced By Laser Materials Processing, Journal of Laser Applications, 1994, 6: 195-201
- [23] Hietanen, M., Honkasalo A., Laitinen H., Lindross L., Welling L., Nandelstadh P.von, Evaluation of Hazards in CO₂ Laser Welding Related Processes, Ann Occupational Hygiene, 1992 ,36(2): 183-188,
- [24] Tarakçioğlu N., Özcan M., Lazerler ve Materyal İşleme Uygulamaları, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, 2004
- [25] Özcan M., Kahramanlı Ş., Değişik Malzemelerin İşlenmesinde Kullanılan Nd:YAG Lazerleri İçin Etkin Bir Güç Kaynağının Tasarımı ve Uygulaması, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Konya, 2003.