

YERALTI MADENCİLİĞİNDE AYDINLATMA VE T.K.İ O.A.L ÇAYIRHAN
MÜESSESESİ AYDINLATMA ŞARTLARI ETÜDÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mad.Müh. M. Semih YÜKSEK

Tezin Enstitüyü Verildiği Tarih : 21 HAZİRAN 1993

Tezin Savunulduğu Tarih : 8 TEMMUZ 1993

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Gündüz ÖKTEN

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Senai SALTOĞLU

: Prof.Dr. Erdil AYVAZOĞLU

TEMMUZ 1993

Önsöz

Günümüze kadar, diğer endüstri dallarına göre maden ocaklarının bilimsel temellere dayanılarak aydınlatılması konusuna ya hiç ya da çok az önem verilmiştir. Maden Mühendisliğinin bir an önce bu konu üzerine gitmesi gerektiği inancındayım.

Öncelikle bu konuyu seçip bana veren ve çalışmalarımın her aşamasında, bana her türlü desteği sağlayan Doç.Dr. Gündüz ÜKTEN'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca gerek lisans gerekse yüksek lisans eğitimim sırasında, yetişmemde değerli katkıları olan Maden İşletme Ana Bilim Dalı Öğretim Görevlilerine, T.K.İ. O.A.L. Çayırhan müessesesindeki ölçümler sırasında bana yardımcı olan ve her türlü kolaylığı sağlayan yöneticilere, çalışmam esnasında bilgi ve görüşlerinden yararlandığım Elek.Yük. Müh. Hayri YILDIRIM'a ve ağabeyim Elek.Müh. Rafet YÜKSEK'e teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca, bugünlere gelmem de bana en büyük desteği sağlayan aileme sonsuz şükranlarımı sunarım.

HAZİRAN, 1993

M.Semih YÜKSEK

İ Ç İ N D E K İ L E R

ŞEKİL LİSTESİ.....	VIII
TABLO LİSTESİ.....	X
ÖZET.....	XI
ZUSAMMENFASSUNG.....	XII
BÖLÜM 1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
BÖLÜM 2. IŞIK VE GÖRME OLAYI.....	4
2.1. Işığın Tanımı.....	4
2.2. Gözün Yapısı ve İşleyişi.....	5
2.2.1. Yapısı (Anatomisi).....	5
2.2.1.1. Göz Yuvarlağı (Glob).....	6
2.2.1.2. Göz Merceği (Lens).....	8
2.2.1.3. Vitre.....	8
2.2.1.4. Görme Siniri ve Görme Yolları.....	8
2.2.1.5. Gözün Dış Kasları.....	9
2.2.1.6. Gözyaşı Bezi, Gözyaşı Kesesi ve Gözyaşı Yolları.....	9
2.2.1.7. Göz Kapakları.....	9
2.3. Görmenin Fizyolojisi.....	10
2.4. Işığın Görme Fonksiyonları Üzerindeki Etkileri.....	11
2.5. Işığın Madde Değişimi ve Sağlık Üzerindeki Etkileri.....	13
2.6. Işığın İş İşleyişi Üzerindeki Etkileri.....	14
2.7. Işığın İş Güvenliği Üzerindeki Etkileri.....	16
2.8. Işık İhtiyacı ve Yaş.....	16
BÖLÜM 3. FOTOMETRİK BÜYÜKLÜKLER VE FİZYOLOJİK OPTİK ESASLAR.....	18
3.1. Fotometrik Büyüklükler.....	18

3.1.1. Işık Akısı.....	18
3.1.2. Işık Şiddeti.....	18
3.1.3. Işık Miktarı.....	19
3.1.4. Aydınlık Şiddeti.....	20
3.1.5. Fotoğrafik Uyarma.....	20
3.1.6. Parıltı (Lüminans).....	21
3.1.7. Fotometrik Radyans Veya Fotometrik Işıntı.....	23
3.2. Fizyolojik-Optik Esaslar.....	23
3.2.1. Gözün eşik Değerleri.....	24
3.2.2. Adaptasyon.....	24
3.2.2.1. Karanlık Adaptasyonu.....	25
3.2.2.2. Aydınlık Adaptasyonu.....	26
3.2.3. Kontrast Duyarlılığı.....	26
3.2.4. Şekil Duyarlılığı(Keskinlik veya Seçicilik).....	28
3.2.5. Görme Hızı ve Kritik Titreme (Kayna- ma Frekansı).....	29
3.2.6. Işık Rengi.....	31
3.2.7. Renk Duyarlılığı.....	31
3.2.8. Kamaşma.....	32
3.2.9. Gölgeler.....	33
BÖLÜM 4. MADEN AYDINLATMASININ KAZALAR, ÜRETİM VE SAĞLIK ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ.....	34
4.1. Aydınlatma ve Kazalar.....	34
4.2. Aydınlatma ve Üretim.....	38
4.3. Aydınlatma ve Sağlık.....	40
BÖLÜM 5. MADENLER İÇİN IŞIK KAYNAKLARI.....	42
5.1. Işık Üretimi.....	42
5.2. Tungsten Filamanlı Lambalar.....	43
5.2.1. Lambanın Yapısı.....	43
5.2.2. Filamanın Yapısı.....	44
5.2.3. Çalışma Karakteristikleri.....	45
5.2.4. Özel Hizmet Lambaları.....	46
5.2.5. Avantajları.....	48
5.2.6. Dezavantajları.....	48

5.3. Tungsten Halojen Lambalar.....	49
5.3.1. Özellikleri.....	50
5.3.2. Avantajları.....	50
5.3.3. Dezavantajları.....	50
5.4. Floresans Lambalar.....	51
5.4.1. Avantajları.....	51
5.4.2. Dezavantajları.....	53
5.5. Düşük Basıncılı Sodyum Lambaları.....	53
5.5.1. Avantajları.....	55
5.5.2. Dezavantajları.....	55
5.6. Yüksek Duyarlıklı Deşarj Lambaları.... (HID).....	56
5.6.1. Civa Buharlı Lambalar.....	56
5.6.2. Metal Halide Lambalar.....	58
5.6.3. Yüksek Basıncılı Sodyum Lambaları....	60
5.7. Madencilikteki Işık Kaynaklarının Karşılaştırılması.....	61
5.8. Balast.....	63
5.9. Yansıtılandırılmış Lambalar.....	64
5.9.1. PAR Lambaları (Parabolik Alümine Edilmiş).....	64
5.9.2. EAR Lambaları(Eliptik Alümine Edil- miş).....	65
5.9.3. R Lambaları.....	65
5.10. Deneysel Maden Aydınlatması.....	65
BÖLÜM 6. MADEN AYDINLATMA ÖRNEKLERİ.....	67
6.1. Baret Lambaları.....	67
6.1.1. Tungsten Filamanlı Baret Lambaları..	68
6.1.2. Floresans Baret Lambaları.....	69
6.1.3. Tungsten Halojen Baret Lambaları....	70
6.2. Baret Lambaları Dışındaki Taşınabilir Lambalar.....	71
6.2.1. Basıncılı Hava Lambaları.....	71
6.2.2. Batarya Lambalar.....	72
6.3. Makineye Monte Edilen Lambalar.....	72
6.4. Sabit (Monte Edilmiş) Lambalar.....	74
6.4.1. Dar Alanda Sabit Lambalar.....	74

6.4.2. Yüksek Tavanda Monte Edilen Lambalar	75
6.5. Arının (Alının)Aydınlatılması.....	76
BÖLÜM 7. MADEN AYDINLATMA STANDARTLARI.....	78
7.1. Aydınlatma (Luminance).....	79
7.2. Değişik Ülkelerin Maden Aydınlatma Standartları.....	79
7.2.1. Avustralya.....	79
7.2.2. Belçika.....	80
7.2.3. Kanada.....	80
7.2.4. Çekoslovakya.....	81
7.2.5. Federal Almanya.....	81
7.2.6. Macaristan.....	82
7.2.7. Polonya.....	82
7.2.8. İngiltere.....	83
7.2.9. A.B.D.....	84
BÖLÜM 8. T.K.İ. O.A.L. ÇAYIRHAN MÜESSESESİ AYDINLATMA ŞARTLARI ETÜDÜ.....	85
8.1. O.A.L. Müessesesinin Tanıtılması.....	85
8.2. İşletmede Kullanılan Aydınlatma Armatürleri ve Kablolar.....	86
8.2.1. Sabit (Monte Edilmiş) Aydınlatma Armatürleri.....	86
8.2.2. Taşınabilir Aydınlatma Armatürleri..	88
8.2.3. Kablolar.....	90
8.3. Ölçmeler.....	91
8.3.1. Ölçmelerde Kullanılan Aletin Tanıtılması.....	91
8.3.2. Ölçmelerde İzlenen Yol.....	91
8.3.3. 4007 Ana Nakliyat Yolu Aydınlatması.	92
8.3.4. A710 Hazırlık Galerisi(Bant Nakliyatı) Aydınlatması.....	93
8.3.5. A710 Hazırlık Galerisi Galeri Aynası Aydınlatması.....	95
8.3.6. 0510 Taban Yolu Tumba Sahası Aydınlatması.....	96
8.3.7. A05 Tavan Ayak Başı Aydınlatması....	97
8.3.8. Monoray İstasyonu Aydınlatması.....	97

8.3.9. Devre Kesiciler Odası Aydınlatması....	98
8.3.10. F01 Taban ayak Aydınlatması.....	98
8.3.11. Kirliliğin Aydınlatma Üzerindeki Etkisi.....	100
8.3.12. Lokomotif Farı Ölçümleri.....	101
8.3.12.1. Uzun Farlar.....	102
8.3.12.2. Kısa Farlar.....	103
8.3.13. Baret Lambaları Ölçümleri.....	103
8.3.13.1. Uzunlar Yanarken.....	103
8.3.13.2. Kısalar Yanarken.....	105
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	107
KAYNAKLAR.....	109
ÖZGEÇMİŞ.....	110



ŞEKİL LİSTESİ

- ŞEKİL: 2.1. Elektromagnetik Spektrum
- ŞEKİL: 2.2. İnsan Gözünün Kesit Görünümü
- ŞEKİL: 2.3. Bir Objenin Farklı Aydınlatma Şiddetlerinde Görülebilir ve Görülemez Sınır Eğrileri Arasındaki Kontrastı.
- ŞEKİL: 2.4. Aydınlatma Şiddetine (E) Bağlı Olarak Kandaki Alyuvarların Konsantrasyonu (C)
- ŞEKİL: 2.5. Işığın Çalışan Üzerindeki Etkisinin Şematik Olarak Görünüşü.,
- ŞEKİL: 2.6. Farklı Aydınlatma Şiddetinde (E) Genç (20) ve Yaşlı (60) İşçiler Arasındaki Işık Gerek-sinimi (IG) Değişimi.
- ŞEKİL: 3.1. Bir Yüzeyin Bir M Noktasının Doğrultusundaki Parıltısının Tanımı
- ŞEKİL: 3.2. Parıltının Fiziksel Anlamı
- ŞEKİL: 3.3. Karanlık Adaptasyonunda Duyarlılığın Zamana Göre Değişimi
- ŞEKİL: 3.4. Bir Cismin Fon ve Detay Parıltıları
- ŞEKİL: 3.6. Kritik Titreme Frekansının Parıltıya Göre Değişimi
- ŞEKİL: 4.1. İngiltere Kömür Madenlerinde Yaşlara Göre Ölüm Oranları
- ŞEKİL: 4.2. Işık Şiddetinin Performans ve Yorgunluk Üze-rindeki Etkileri
- ŞEKİL: 4.3. Işık Şiddetinin Görüş Keskinliği, Stres, Kontrast Duyarlılığı ve Göz Kamaşması Üzerindeki Etkileri
- ŞEKİL: 4.4. Görüş Performansının İki Ayrı Yaş Grubu Arasındaki Karşılaştırılması
- ŞEKİL: 5.1. Tungsten Filamanlı Lamba
- ŞEKİL: 5.2. Tungsten Filamanlı Lambalar İçin Spektral Enerji Dağılımı
- ŞEKİL: 5.3. Tungsten Filamanlı Standart ve Özel Hizmet Lambaları

- ŞEKİL: 5.4. Lamba Kararması
- ŞEKİL: 5.5. Sıcak Katotlu Fluoresans Lambası
- ŞEKİL: 5.6. Düşük Basıncılı Sodyum Lambası
- ŞEKİL: 5.7. Civa Buharlı Lamba
- ŞEKİL: 5.8. Metal Halide Lambası
- ŞEKİL: 5.9. Yüksek Basıncılı Sodyum Lambası
- ŞEKİL: 5.10. Madencilikteki Işık Kaynaklarının Verim Sıralaması
- ŞEKİL: 8.1. O.A.L. Ana Hazırlık Planı
- ŞEKİL: 8.2. İşletmede Genel Amaç İçin Kullanılan Fluoresans Lamba
- ŞEKİL: 8.3. Ayak Aydınlatmasında Kullanılan Armatür
- ŞEKİL: 8.4. MLC 5.1. Baret Lambası
- ŞEKİL: 8.5. MLC 9 Baret Lambası
- ŞEKİL: 8.6. LUX-Meter Aleti
- ŞEKİL: 8.7. 4007 Ana Nakliyat Yolu Kesit Görünümü
- ŞEKİL: 8.8. 4007 Ana Nakliyat Yolu Plan Görünümü
- ŞEKİL: 8.9. A710 Hazırlık Galerisi Kesit Görünümü
- ŞEKİL: 8.10. A710 Hazırlık Galerisi Plan Görünümü
- ŞEKİL: 8.11. A710 Hazırlık Galerisi Galeri Aynası Plan Görünümü
- ŞEKİL: 8.12. 0510 Taban Yolu Tumba Sahası Kesit ve Plan Görünümü
- ŞEKİL: 8.13. A05 Tavan Ayak Bağı Plan ve Kesit Görünümü
- ŞEKİL: 8.14. Monoray İstasyonu Kesit ve Plan Görünümü
- ŞEKİL: 5.15. Devre Kesiciler Odası Plan Görünümü
- ŞEKİL: 8.16. Kalkan Tahkimat Kesit Görünümü
- ŞEKİL: 8.17. Kalkan Tahkimatın Plan Görünümü
- ŞEKİL: 8.18. 3206 Desandırısı Aydınlatma Planı (Lambalar Temizlenmeden önce)
- ŞEKİL: 8.19. 3206 Desandırısı Aydınlatma Planı (Lambalar Temizlendikten sonra)
- ŞEKİL: 8.20. Lokomotif Farları(Uzunlar) İçin Aydınlatma-Uzaklık ilişkisi
- ŞEKİL: 8.21. Lokomotif Farları (Kısalar) İçin Aydınlatma-Uzaklık ilişkisi
- ŞEKİL: 8.22. Baret Lambaları(Uzunlar yanarken)İçin Aydınlatma-Uzaklık ilişkisi
- ŞEKİL: 8.23. Baret Lambaları(Kısalar yanarken)İçin Aydınlatma-Uzaklık ilişkisi

TABLO LİSTESİ

- TABLO: 4.1. Aydınlatma(1x) ve Kaza Sayıları İlişkisi
- TABLO: 4.2. Batı Virginia'da Bir Kömür Ocağının Altı Üretim Bölgesi İçin 24 Aylık Kaza Kayıtları
- TABLO: 5.1. Madencilikteki Işık Kaynaklarının Karşılaştırılması
- TABLO: 7.1. Belçika Aydınlatma Standartlarından Örnekler
- TABLO: 7.2. Kadana'nın British Columbia Eyaleti Aydınlatma Seviyelerinden Bazıları
- TABLO: 7.3. Çekoslovakya Aydınlatma Standartlarından Örnekler
- TABLO: 7.4. F.Almanya Aydınlatma Standartlarından Örnekler
- TABLO: 7.5. Maceristan Madenlerindeki Bazı Aydınlatma Seviyeleri
- TABLO: 7.6. Polonya Aydınlatma Standartlarından Örnekler
- TABLO: 7.7. İngiltere Aydınlatma Standartlarından Örnekler
- TABLO: 8.1. Baret Lambalarının Teknik Özellikleri
- TABLO: 8.3. Lokomotif Farları (Uzunlar İçin) Ölçüm Verileri
- TABLO: 8.4. Lokomotif Farları (Kısalar İçin) Ölçüm Verileri
- TABLO: 8.5. Baret Lambaları (Uzunlar yanarken) Ölçüm Verileri
- TABLO: 8.6. Baret Lambaları(Kısalar yanarken) Ölçüm Verileri

ÖZET

Bu çalışmada, ilk önce ışık-insan ilişkileri, insanın görme organı göz ve özellikleri, görmenin fizyolojisi ile ışığın insan üstündeki direkt ve endirekt etkileri verilmeye çalışılmıştır.

Sonra, yeraltı madenciliğinde kullanılan ışık kaynakları geniş bir şekilde verildikten sonra, maden aydınlatma örnekleri ve değişik ülkelerin maden aydınlatma standartları verilmiştir.

Son bölümde ise, T.K.İ. D.A.L. Çayırhan müessesesinde LUX-Meter ile aydınlatma şiddetleri ölçülerek müessese-nin aydınlatma sistemi incelenmiştir.

DIE BELEUCHTUNG IN UNTERTAGEBERGBAU UND DIE UNTERSUCHUNG DER BELEUCHTUNGSBEDINGUNGEN DER BRAUNKOHLENGROBE ÇAYIRHAN VON O.A.L DER T.K.I

ZUSAMMENFASSUNG

Bei dieser Arbeit wurde die Beziehung zwischen Menschen und Licht, der Lichteinfluß auf Menschen und dessen Gesundheit sowie die Beleuchtung in Untertage untersucht. Zu dem wurden die Beleuchtungsstärken in Çayırhan-Betrieb von O.A.L. der T.K.I im Februar 1993 gemessen und das Beleuchtungssystem in diesem Betrieb wurde mit europaschen Normen verglichen.

Mit "Licht" werden Strahlungen bezeichnet, die im Auge eine Hellempfindung hervorrufen und daher sichtbar sind.

Strahlungen bedeuten im Bereich der Lichttechnik: Aussendung und Übertragung von Energie in Form von elektromagnetischen Wellen oder in Form Photonen, also auf zwei verschiedene Erscheinungsarten. Bei den meisten physikalischen Erscheinungen, die nur mit der Ausbreitung von Strahlungen zusammenhängen, zeigt sich die Wellennatur. Werden jedoch die Wechselwirkungen zwischen Materie und Strahlung untersucht, muß angenommen werden, daß jede Strahlung aus kleinsten Teilchen, den Photonen, besteht.

Das Auge ist das wichtigste Informationsorgan des Menschen. Es kann etwa eine zehnerpotenz mehr Informationen pro Zeiteinheit übermitteln als das Ohr. Diese überragende Leistung ist aber möglich, wenn die Umweltbedingungen optimal an die physiologisch-optischen Gesetzmäßigkeiten des Sehens angepaßt sind. Beleuchtung und Sehen bilden daher eine untrennbare Einheit. Bei der Beleuchtungsplanung müssen deshalb die Gesetzmäßigkeiten des Sehens und die Grenzen der visuellen Leistungsfähigkeit bekannt sein und berücksichtigt werden.

Das Licht, das auf die Netzhaut fällt, löst in den Zapfen und anschließenden Nervenzellen veranlaßt, die visuellen Informationen zu verarbeiten und sie über den Sehnerv zur Hirnrinde weiterzuleiten, wo die eigentliche Wahrnehmung erfolgt. Diese Vorgänge sind kompliziert und erst zu einem kleinen Teil erforscht. Sie haben jedoch für die menschliche Verhaltensweise große Bedeutung.

Es genügt nicht, die Beleuchtung nur im Zusammenhang mit dem eigentlichen Sehprozeß zu betrachten. Licht hat zudem eine viel weitergehende Bedeutung für das menschliche Leben. Vom Auge aus bestehen Nervenverbindungen nicht nur zum Sehzentrum im Gehirn, sondern auch zur Zirbeldrüse, die ihrerseits über die Hypophyse den Hormonhaushalt des Körpers reguliert.

Auf diesem Weg kann Licht unmittelbar auf Stoffwechsel, Kreislauf und Enzyymbildung einwirken. Licht und die oft damit verbundene Ultraviolett- und Infrarotstrahlung wirken auch über die Haut auf den Menschen ein. Dabei verursachen rotes Licht und IR-Strahlung vor allem eine Wärmeempfindung. Das energiereichere, kurzwellige Licht und die U.V.-Strahlung lösen auch photochemische Reaktionen aus. Sie wirken z.B. über die Atmungsenzyme auf den Gewebestoffwechsel und fördern die Produktion des sehr wichtigen Vitamins D. Eine sinnvolle Anwendung von Licht und Strahlung ist daher oft eine wertvolle Therapie bei einer Vielzahl von Krankheiten.

Die bei einigen Lichtquellen austretende kurzwellige U.V.-Strahlung kann aber auch die Haut schädigen und zum Erythem (Sonnenbrand) führen. Besonders empfindlich ist in dieser Beziehung das Auge. Schon ein Zehntel der Bestrahlungszeit, die zu einer Hautreizung führt, kann eine oft recht schmerzhafte Bindehautentzündung auslösen. Bei Lichtquellen, die kurzwellige UV-Strahlung unter 315 nm Wellenlänge emittieren, müssen die Augen daher vor direkter Bestrahlung geschützt werden.

Das Licht beeinflusst nicht nur den Sehvorgang, sondern auch die Aktivierung und das Wohlbefinden des Menschen. Beim arbeitenden Menschen ergeben sich dabei die folgenden Zusammenhänge (Abb.1).

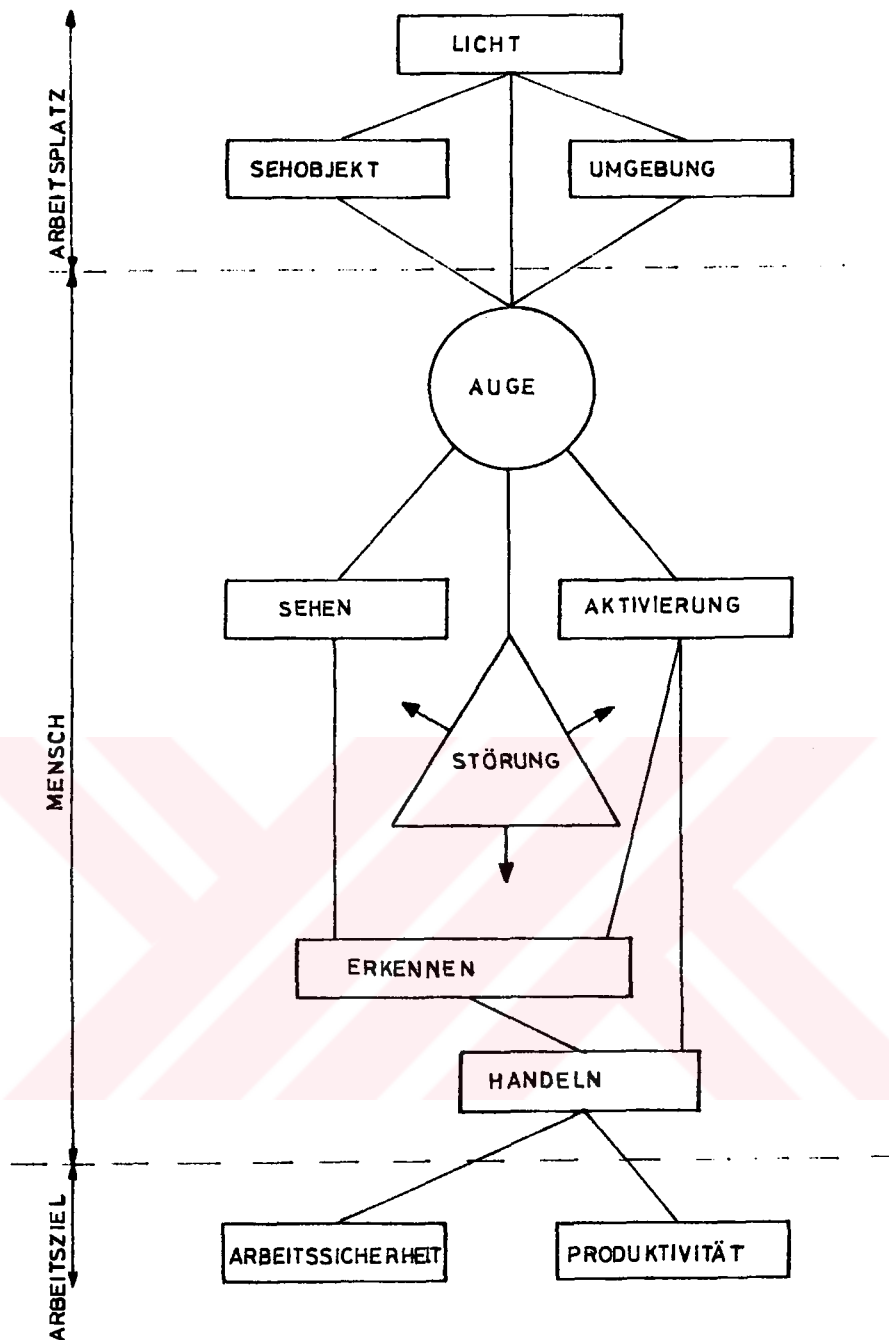


ABBILDUNG 1. Schematische Übersicht über den Einfluß des Lichtes auf den Arbeitenden.

Licht gelangt auf drei Arten ins Auge:

- von der Lichtquelle direkt (Fenster, Leuchte),
- durch Reflexion am Sehobjekt(Arbeitsplatz),
- durch Reflexion an der Umgebung(Wände, Decke, Mobilier).

Maßgebend für das Sehen ist vor allem der Teil des Lichtes, der von eigentlichen Sehobjekt reflektiert wird. Aus dieser "optischen" Informationen werden im Bewußtsein Schlüsse gezogen und Qualität dieser wahrnehmungspsychologischen Vorgänge und die nachfolgenden Handlungen werden von der Aktivierung des Menschen beeinflusst. Wegen der Nervenverbindung zwischen Auge und Zwischenhirn wird dieser Effekt ebenfalls vom Licht gesteuert. Die hier für bestimmten lichtempfindlichen Zellen liegen vor allem in den Randpartien der Netzhaut, Sie werden demnach vom seitlich ins Auge ein fallendes Licht angeregt. Im Interesse einer optimalen Anregung des arbeitenden Menschen soll deshalb nicht nur der eigentliche Arbeitsplatz, sondern die gesamte Umgebung gut beleuchtet sein.

Das Zusammenwirken von Sehen und Aktivierung beeinflusst nicht nur Leistung und Arbeitsqualität (Produktivität) sondern auch die Arbeitssicherheit. Beleuchtungsverbesserungen, die die Produktivität steigern, erhöhen in der Regel auch die Arbeitssicherheit.

Gute Beleuchtung erhöht die Arbeitssicherheit,

- in dem sie Gefahrensituationen besser sichtbar macht
- in dem sie Aufmerksamkeit des Menschen dank gesteigerter Aktivierung erhöht.

Der zuletzt genannte Einfluß ist besonders wichtig, weil eine große Anzahl von Unfällen durch menschliches Fehlverhalten verursacht wird, z.B. bei Konzentrationschwäche, Ermüdung, mangelndem Reaktionsvermögen und schlechter Gedächtnisleistung. Viele dieser nachteiligen Faktoren können durch Licht in ihrer Auswirkung eingedämmt werden, und zwar sowohl an der Gefahrenstelle selbst als auch im gesamten Aufenthaltsbereich der Arbeitenden.

Die Beleuchtungsmessungen wurden im Bereich der Sehachse in einer Höhe von 85 cm vom Boden entfernt durchgeführt. an der Meßstelle wurden alle anderen Armaturen (Helmlampen, u.s.w.), die das Meßergebnis der zu messenden Armatur beeinflussen könnten, ausgelöscht. Die Messungen wurden genau unter den betreffenden Armaturen ($E_{\max}$) und seitlich in maximal möglicher Entfernung von der Armatur ($E_{\min}$) verwirklicht.

An Meßstellen mit geringerer Entfernung zwischen den zusammenmontierten Armaturen wurden die Beleuchtungsmessungen in der Mitte zwischen zwei Armaturen ($E_{\min}$) realisiert.

Für jede Armatur wurden 4 bis 5 Messungen durchgeführt und der sich dem Mittelwert annähernde Meßwert als der Endmeßwert der Beleuchtungsstärke der Armatur angenommen. Dabei lag die Abweichung der Messungen ca. ± 2 lx. Die Streuung der Meßwerte entsteht von der Empfindlichkeit der Meßgeret.

BÖLÜM 1. GİRİŞ VE AMAÇ

İnsan bütün çalışmalarında ışığa çok bağılıdır. Doğal ışığın (güneş, ay ve yıldızların ışığı) yetmediği durumlarda, yapay ışıkla aydınlanmak zorunluluğu duyulur.

Aydınlatmacılığın temel konusunu bu yapay ışığın üretimi, dağıtımı, ekonomisi ve ölçülmesi oluşturur. Ayrıca aydınlatma, ışığın insan bünyesindeki etkilerini de inceler.

Günümüzde aydınlatılacak yerin özel bir problem olarak incelenmesi ve sonuçlara göre bir aydınlatma sisteminin oluşturulması gerekir. Bu incelemede, fizyolojik ve ekonomik koşullardan başka, mimari ve teknik düşünceler de önemli bir yer tutar.

Bugün artık bireylerin özel isteklerine cevap vermek ve toplumların çeşitli sorunlarını çözmek amacı ile iyi aydınlanmak bir zorunluluk halini almıştır.

İyi bir aydınlatma ile özet olarak aşağıdaki yararlar sağlanır.

- a- Gözün görme yeteneği artar.
- b- Gözün sağlığı korunur.
- c- Kazalar azalır.
- d- Yapılan işin verimi yükselir.
- e- Ticaretle iş hacmi büyür.
- f- Ekonomik potansiyel artar.
- g- Güvenlik sağlanır.
- h- Estetik hislere ve konfor gereksinmelerine yanıt verilir.

Madenlerde iyi bir aydınlatma ne kadar önemliyse onu oluşturmakta o derece zordur. Madencilik aydınlatmasında en büyük problemlerden biri aydınlatmanın bütün çalışma noktalarına götürülmesi, yani kablo çekmektir. Bunun nedenlerini şöyle sıralayabiliriz;

- 1- Ocak (çalışma) faaliyetlerinin geniş alana yayılması
- 2- Çalışma alanlarının sürekli değişimi(ilerleyişi)
- 3- Maden sahasına elektrik enerjisi getirilmesi

Madenlerde aydınlatmanın bir diğer zorluğu da öteki endüstrilere göre madenlerde yansıtıcı duvarlar oluşturmak pratik değildir. Maden yataklarının büyük bir bölümü sedimanter kayalar içinde oluşurlar. Bu sedimanter kayalar gaz içerirler ve madencilik çalışmaları esnasında madenin içine yayılırlar. En iyi örnek kömür madenlerindeki metan gazıdır. Metan-hava karışımının ateşlenme tehlikesinden dolayı özel önlemlerin alınması gerekir. Bu tehlike diğer endüstrilerde hemen hemen hiç yoktur.

Madenlerde aydınlatmanın amacı, özellikle yeraltı maden ocaklarında ve açık ocaktaki gece çalışmalarında yeterli bir görme alanı yaratarak emniyeti arttırmak ve özellikle bu görme alanında çalışanın tehlikeleri önceden farkedip önlem almasını sağlamaktır.

Kötü aydınlatılmış bir çalışma ortamında işçi gerekli görüş alanına sahip olamadığından her türlü tehlikeye karşı karşıya kalacak, ciddi yaralanma ve ölümlerle sonuçlanabilir kazalar meydana gelebilecektir.

İyi bir aydınlatma sistemin üretkenlik ve verimlilikte bir artış sağlayacağı ispatlanmıştır.

Bu çalışmada yeraltı maden aydınlatmasında karar verme sorumluluğunu yüklenmiş kişi ya da kurullara yeraltı madenlerindeki ışık kaynakları, ışığın içi sağlığı üretim ve kazalar ile ilişkisi ve iyi bir aydınlatmanın sağladığı faydalar konusunda ayrıntılı bilgiler üzerinde durulacaktır.

Ayrıca, şubat 1993'te T.K.İ. D.A.L. Çayırhan müessesesinde Lüxmeter ile aydınlatma şiddetleri ölçölmüş olup, ölçüm ve sonuçlarıda 8. bölümde verilmiştir.



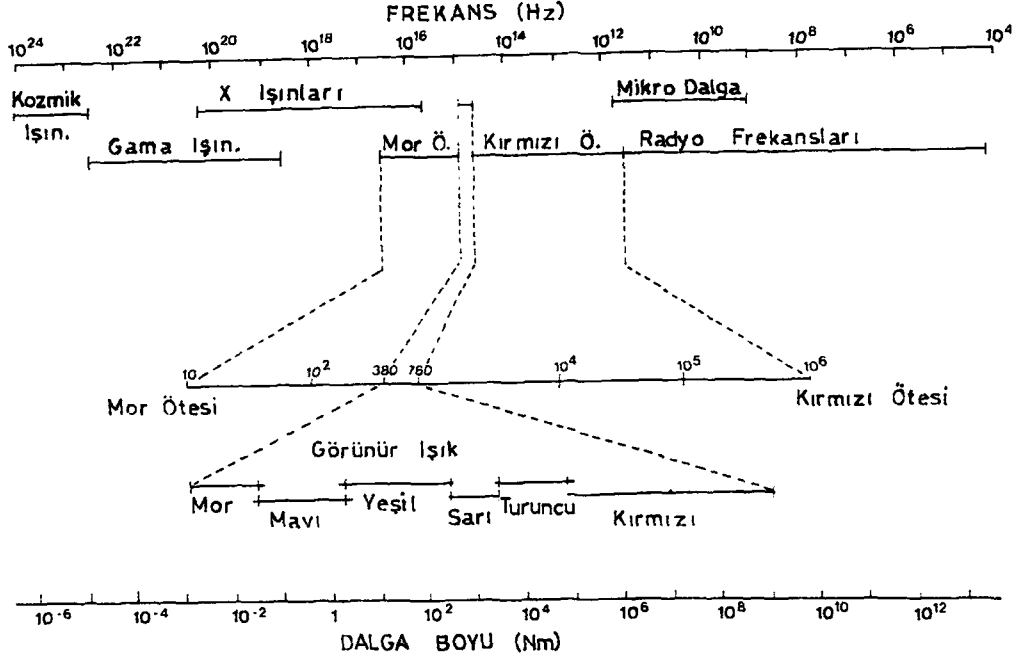
BÖLÜM 2. IŞIK VE GÖRME OLAYI

İnsan çevresiyle duyu organları yardımı ile ilişki kurar. Fiziksel veya kimyasal etkiler, ancak duyu organlarında uyarımlar meydana getirirse duyum olarak algılanırlar. Duyu organlarının en önemlilerinden biri görme organıdır. Görme organı iki göz, görme sinirleri ve beyindeki görme merkezinden oluşur. Görme olayı ışığın göze gelmesiyle başlar. Gözün ağ tabakasında yutulan ışık impulslar meydana getirir ve görme merkezine iletilir. Görme merkezinde bir araya getirilen impulslar yorumlanıp bir karara varıldıktan sonra, psikolojik bir olay olan algı oluşur ve görme olayı tamamlanır [1].

2.1. Işığın Tanımı

Işık, göz retinasına düştüğünde duyuma yol açan elektromanyetik ışınım olup dalga ve kopüstül (foton) şeklinde yayıldığı kabul edilir.

Işık yayılma teorisi, ses yayılım teorisi ile büyük benzerlikler gösterir. Işık dalgaları, ses dalgaları gibi farklı cisimlerce ya absorbe edilirler ya da yansıtılırlar. Işık ışınları, şeffaf bir ortamda yayılırlar. Bunun nedeni, ışık ışınlarının elektromanyetik dalgalar içermesidir. Bu elektromanyetik dalgaların, parçacık titreşimi veya parçacık hareketi ile bir ilişkisi yoktur. Işık dalga boyları kısa olup ses dalgalarına oranla çok daha hızlı hareket ederler. İnsan gözünün farkedebildiği ışığın dalga boyu 0.4-0.7 mikrometre (400-700 nanometre) arasındadır (Şekil 2.1) [1].



ŞEKİL: 2.1. Elektromagnetik Spektrum [2].

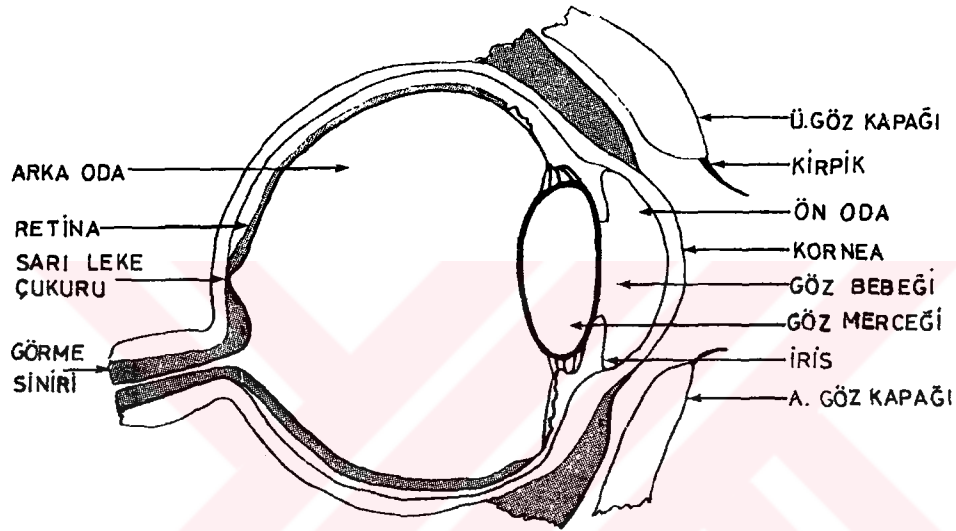
2.2. Gözün Yapısı ve İşleyişi

Göz insanın en önemli bilgilendirme organıdır, birim zaman içinde kulağın onlarca katından fazla bilgi iletebilir. Ancak bu üstün verim çevre koşullarının, görmenin psikolojik ve optik kurallarına uygun uyumu sağlamasıyla mümkündür. Bu nedenle görme ve aydınlatma ayrılmaz bir bütünlülük oluştururlar. Ayrıca aydınlatma planlarında görme kuralları ve görsel verimlilik sınırlarının iyi bilinmesi ve dikkat edilmesi gerekir [3].

2.2.1. Yapısı (Anatomisi)

Göz, önemi, hassasiyeti, çeşitli darbelerden ve etkilerden kolayca etkilenebilmesi nedeniyle insan vücudunda sağlam bir miğfer içine yerleştirilmiştir. Gözün içinde bulunduğu ve kemiklerle çevrili bu boşluğa göz çukuru (orbita) ismi verilir. Göz çukurunun hacmi 29 cm^3 kadardır. İçinde göz yuvarlağı, gözü hareket ettiren kaslar, damar ve sinirleri ile bunlara yastık görevi gören

yağ dukusu bulunur. Üstte kaş ve kaş kemiği, dışta ve altta şakak kemiği içte burun kemiği ile çevrelenmiştir. Göz kapağı, gözü yabancı maddelerden korur. Göz çukuru-
nun dibinde, kemikte yarık ve delikler bulunur. Bunlar-
dan göre siniri (N.opticus), 6. kafa çift siniri (gözü
dışa hareket ettirir), 4. kafa çifti siniri (gözü aşağı
ve dışa yukarı hareket ettirir) ve gözün atar ve toplar
damarları kafa içine girer ve çıkarlar (Şekil 2.2) [1].



ŞEKİL: 2.2. İnsan Gözünün Kesit Görünümü [2].

2.2.1.1. Göz Yuvarlağı (Glob)

Göz, içiçe soğan zarı gibi üç tabakadan yapılmıştır.

a)- Sert Tabaka: En dışta olup, bağ dokusundan yapılmıştır. Önde şeffaf saat camı gibi saydam tabaka(kornea), arkada beyaz renkli sert tabaka (sklera) dan meydana gelmiştir. Saydam tabaka 43 diyoptrilik kırma gücüne sahiptir. Göz, gözyaşı, göz içi suyu ve etrafındaki damarlardan sızıntı yoluyla beslenir. Saydamlığını kaybederse, göz cisimleri göremez olur. Sadece ışığı ve hareketleri fark edebilir. Sert tabaka(sklera) beyaz olup, önde

üzerini soğan zarına benzeyen kaygan ve damarlı bir mukosa (Konjonktiva) örter.

b)- Damar Tabaka: Sert tabakanın içindedir. Gözü besleyen kan damarları bu tabakada bulunur. Damarların arasında bu tabakayı siyahlaştıran hücreler vardır. Dolayısıyla bu tabaka gözün karanlık odasını oluşturur. Damar tabaka, göz akının saydam kısmının arkasına rastlayan kısımda düzleşir, renkli bir perde halini alır. Bu perdeye iris denir. İrisin tam ortasında göz bebeği adı verilen bir delik vardır. Bu delik kaslarla küçülüp büyüyebilir. Göze çok ışık geldiği zaman göz bebeği küçülür, az ışık geldiği zaman büyür. İrisle göz akının tümseklediği yerde bir boşluk bulunur. Bu boşluk cam gibi parlak ve duru bir su ile doludur. Buna ön oda denir ve bir mercek görevi yapar.

Göz bebeğinin arkasında ve ona dayalı durumda mercimek biçiminde, fakat sert bir cisim vardır. Buna göz billuru veya göz merceği denir. Göz merceği, bir cismin görüntüsünü tam ağ tabaka üzerine düşürebilmek için incelenip kalınlaşabilir yani dış bükümlük derecesini azaltıp çoğaltabilir. Bu olaya göz uyumu veya akomodasyon denir. İrisle göz merceği arasındaki küçük oda ise arka oda adını alır.

c)- Ağ Tabaka (Retina): Gözün en iç tabakası olup, saydam bir zardır. Görmeyi sağlayan kısım burasıdır. Retina şeffaf pigmentlerden meydana gelmiştir. İki cins hassas hücresi vardır. Koniler ve çomaklar (basiller). Bir gözde 5 milyon koni, 120 milyon çomak vardır. Koniler gündüz görmeyi, renk ve şekil görmeyi sağlarken, çomaklar alacakaranlıkta ve etrafı görmeyi sağlarlar. Yarım küre şeklindeki gözün iç kısmını örten retina sinirleri, arkaya doğru ilerleyerek birleşir ve görme

sinirini meydana getirirler. Görme sinirinin gözün içinde toplanmış haline göz bebeği(papilla) denir. Burada retinanın görme hücreleri olmadığından buraya denk gelen ışık ışınları görülemez. Bu yüzden burası "kör nokta" adını alır. Retinada papilla dışındaki konilerin çok bulunduğu bir bölgeye "sarı leke" ismi verilir ve görmenin onda dokuzunu bu bölge sağlar. Koniler merkezden etrafa doğru gittikçe azalır, çomaklar artar.

2.2.1.2. Göz Merceği (Lens)

Göz merceği iris ve papillanın gerisinde, saydam, ince kenarlı bir mercektir. Yeni doğanlarda ve çocuklarda yumuşak olan bu mercek, yaş ilerledikçe sertleşir. Ortalama çapı 9 mm, kalınlığı ise 4-5 mm kadardır.

2.2.1.3. Vitre

Gözün içini doldurur. Şeffaf olan bu sıvı yumurta akı kıvamındadır. % 99'u su, % 1.'i proteindir. Hacmi 3.9 cm³ kadardır.

2.2.1.4. Görme Siniri ve Görme Yolları

Görme siniri, göz içindeki hassas bölgelerden başlar. Toplanıp gözün hareketlerini engellemeyecek şekilde ve "S" harfi şeklinde bir kıvrım yapar. Göz çukuru dibindeki delikten geçerek kafa içine girer. 1.5 cm sonra sağ ve soldan gelen sinir birleşir ve liflerin yarısı çapraz yaparak yine iki ayrı sinir halinde sağ ve sol arka beyindeki görme merkezine ulaşırlar.

2.2.1.5. Gözün Dış Kasları

Altı tanedir. Dördü düz, ikisi eğri (oblik) kastir. Gözün içe, dışa, aşağı, yukarı, aşağı içe ve dönme hareketlerini sağlarlar. Göz kasları arasındaki dengesizlikten şaşılık meydana gelir.

2.2.1.6. Gözyaşı Bezi, Gözyaşı Kesesi ve Gözyaşı Yolları

Gözyaşları bezleri iki tanedir. Esas gözyaşı bezi göz çukurunun üst-dış kısmına yerleşmiştir. Bir gram ağırlığındadır ve oniki kanal vasıtasıyla konjoktiva'ya açılır. Yardımcı gözyaşı bezleri ise konjoktiva içerisine yerleşmiş olup, Krause, Goblet ve Wolfrik bezleri adını almışlardır.

Gözyaşı bezlerinden salgılanan yaş, konjoktiva ve kornea yüzeyini nemlendirdikten sonra, göz kapalarının iç kısımlarındaki deliklerden, küçük kanallar vasıtasıyla burun kökündeki gözyaşı kesesine dökülür. Buradan da küçük bir kanalla burun boşluğuna akar. Gözyaşı, saydam tabaka (kornea)'yı düzgün hale getirir, hücreleri besler, mekanik olarak yıkama ve içindeki mikrop öldürücü maddeler yardımıyla biyolojik temizlik yapar.

2.2.1.7. Göz Kapakları

Göz kapaklarının dış yüzünü ince deri, iç yüzünü konjonktiva örter. Kapakları açan ve kapatan adaleler vardır. Kapak kenarlarında kirpikler bulunur. Diplerinde de yağ ve ter bezleri yer alır.

2.3. Görmenin Fizyolojisi

Gözün esas görevi olan görme, sinir tabaka(retina) dan başlar. Işık, sinir tabakada fotokimyasal reaksiyonlara neden olur. Bu reaksiyonlar sonucu ortaya çıkan elektriksel uyarı, görme siniri yoluyla arka beyindeki görme merkezine geldiğinde, görme olayı gerçekleşir.

Gözün yapısı fotoğraf makinasına benzer. Bakılan cismin görüntüsü retinada ters ve küçük olarak oluşur. Bu ters hayalin görme merkezi tarafından düzeltilmesi ile cisimler düz görünür.

Sinir tabaka (retina)'da, ışığın hassas çomak hücrelerinin üzerinde bulunan radopsin maddesi sarı renktedir. Işık etkisi ile rengini kaybederek beyazlaşır. Karanlıkta tekrar eski rengine döner. Radopsin, retinal ve opsin diye adlandırılan iki maddeden oluşur. Işıktaki kendini meydana getiren bu iki maddeye ayrışılır. Karanlıkta tekrar birleşir. Bu birleşimde A vitamini önemli rol oynar.



Konik ve çomak alıcı hücrelerinin ışıktaki reaksiyon vermeleri için kesinlikle sinir tabaka (retina) pigment epitel (benekli hücreleri) ile temas halinde olmaları gerekir. Radopsinin parçalanması esnasında ortaya çıkan elektriksel uyarı, sinirler vasıtasıyla arka beyin kabuğuna taşınır ve görme olayı meydana gelir.

Renkli görme, sarı leke(maküla) sağlasa da mekanizması iyi bilinmemektedir. Sarı lekedeki koni hücrelerinin kırmızı, mavi ve yeşile duyarlı madde içerdikleri,

diğer renklerin de bunların karışımıyla elde edildiği i-
leri sürülmektedir. Renklerin ayrı ayrı fark edilmesine
neden, beynin her rengi ayırma özelliğinden değil, sınır
tabakadan gelen farklı dalga boylarına göre beyne farklı
bilgi gönderilmesindendir.

Karanlıkta görme, çomak hücreleri tarafından sağlan-
dığı için, renkli görme olamaz. Alacakaranlıkta, bütün
renkler grinin tonları şeklinde görülür [4].

2.4. Işığın Görme Fonksiyonları Üzerindeki Etkileri

Herhangi bir objenin görülebilmesi ve tanınabilmesi
için gerekli şartların oluşması gerekir. Bu şartlar şöy-
le sıralanabilir.

- Görme uyarımının oluşması için, önemli olan detay-
lar ve detayların çevreleri minimum bir kontrastla göste-
rilmelidir. Bu ya aydınlık kontrastı, ya renk kontrastı
yada her ikisi ile oluşturulmalıdır.

- Objenin detayları belirli bir minimum büyüklükte
olmalıdır.

- Objenin kendisi yeterli bir büyüklükte olması gere-
kir.

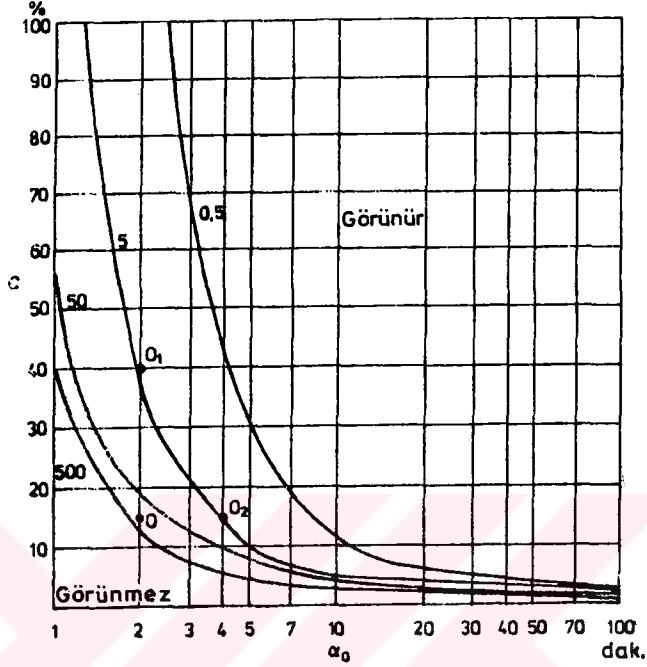
- Detay ve çevre için tek tek veya her ikisi için be-
lirli bir minimum aydınlatma şiddetine ihtiyaç vardır.

- Göz, hakim olduğu görüş alanındaki aydınlık şidde-
tine adapte olmalıdır (Şekil 2.3).

Görme verimi;

- Görme araçlarının verim açısından yetenekleri ve
göz hatalarından,

- Gözlemcinin yorgunluk derecesinden,
- Gözlemcinin başka fiziksel ve psikolojik hallerinden (stres, aktivite v.b) etkilenir [3].



ŞEKİL: 2.3. Bir Objenin Farklı Aydınlatma Şiddetlerinde Görülebilir ve Görülemez Sınır Eğrileri Arasındaki Kontrastı. (Dört Eğri 500.....0.5 cd/m²).

Şekil 2.3'de gösterilen sınır eğrileri değişik aydınlık şiddetleri E için her defasında görülebilirlik ve görülemezlik sınırları verilmiştir. Bütün eğrilerin üst tarafında kalan bölge görülebilirliği altta kalan ise görülemezliği gösterir.

0 objesi 2'görüş açısı altında ve % 15 kontrast'ta görünmez alanda kalır. 0 objesi için ışık şiddeti 5 cd/m² de tutulursa, bu objenin görülebilmesi için üç yol izlenir.

1)- Objenin kontrast'ı çevresine göre öyle büyütülür ki objenin koordinatları sınır eğrisini aşarak, görülebilirlik alanına girebilir. Şekil 2.3'teki, 2' görüş açısındaki 0 objesinin kontrast'ı % 15'ten % 40'a yükseltilerek, 5 cd/m²'lik ışık şiddetinde görünür hale getirilebilir (O₁).

2)- Eğer Şekil 2.3'teki 0 objesinin görünebilirlik açısı 2'den 4' üzerine büyütülürse görünebilir hale getirilebilir (O₂).

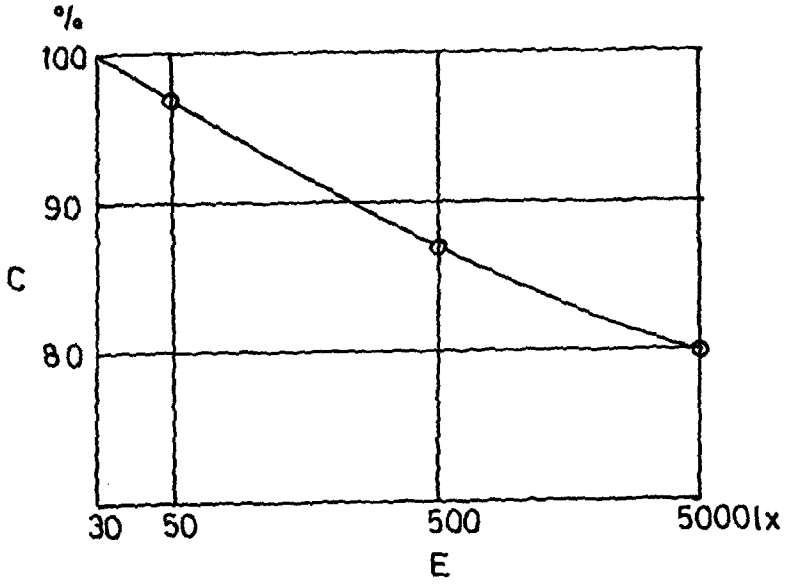
3)- Işık şiddeti artırılır. Bu da aydınlatma seviyesinin yükseltilmesi ile mümkündür. Şekil 2.3'teki 0 objesinin görülebilmesi için 400 cd/m²'lik bir ışık şiddetine ihtiyaç vardır [3].

2.5. Işığın Madde Değişimi ve Sağlık Üzerindeki Etkileri

Aydınlatmayı sadece bir görme prosesi olarak incelemek ve değerlendirmek yeterli değildir. Işık, insan hayatı için sürekli bir anlam taşır. Çünkü gözden itibaren sadece beyindeki görme merkezine değil, aynı zamanda hipofiz vasıtasıyla vücudun hormon dengesini düzenleyen ko-zalak-sı bez'e sinirsel bağlantılar vardır. Işığın direkt olarak madde değişim, kan dolaşımı ve enzim oluşumu üzerinde etkileri bulunur (Şekil 2.4) [5].

Işık ve buna bağlı olarakta mor ötesi ve kızılötesi ışınları, insan derisi üzerinde olumsuz etki yapar. Bunun yanında ayrıca kızılötesi ışınları ve kırmızı ışık ısı duyumuna neden olurlar.

Enerji yüklü ve kısa dalgalı ışık ve morötesi ışınları da fotokimyasal reaksiyonlara neden olurlar [5].



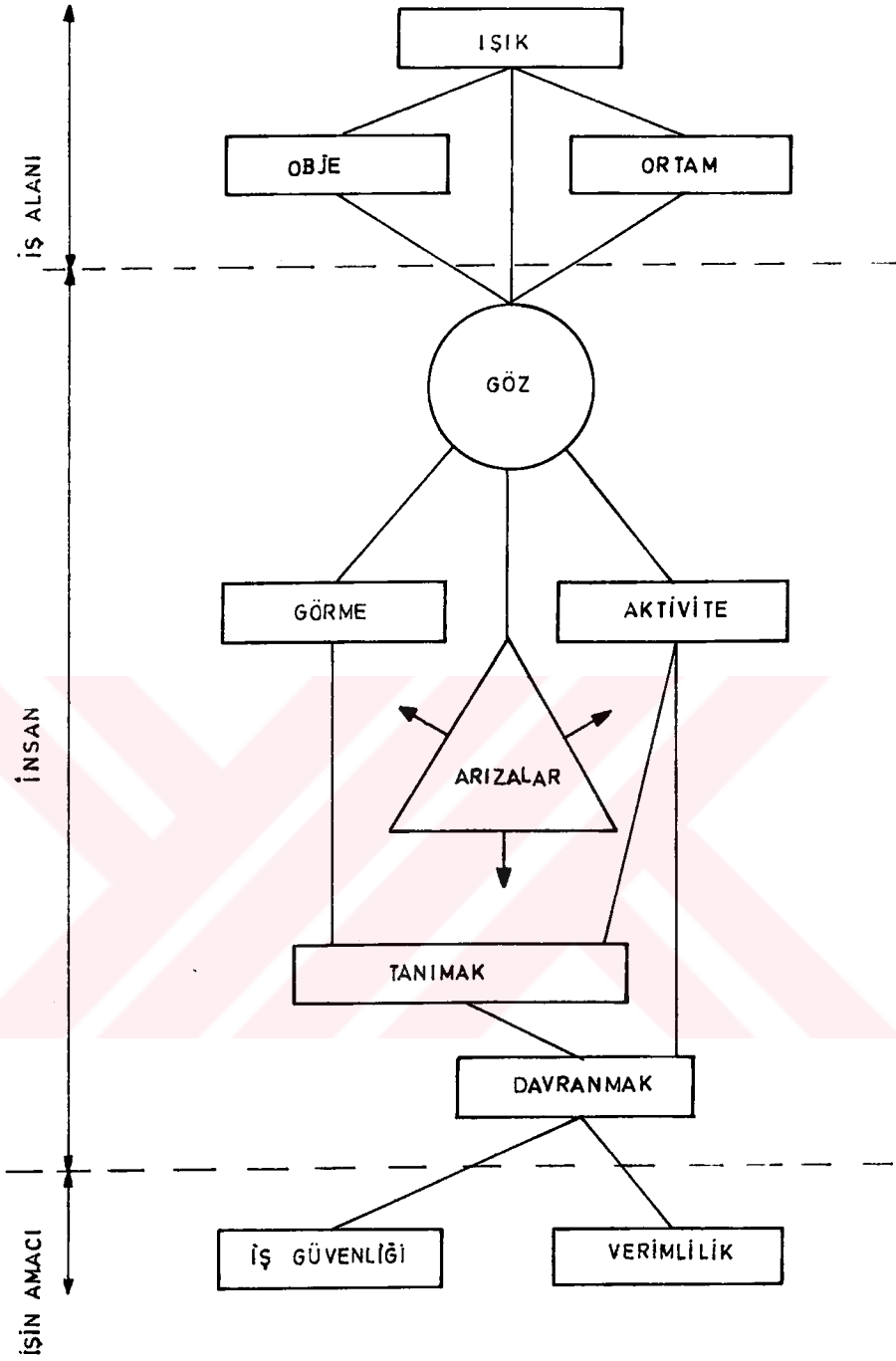
ŞEKİL: 2.4. Aydınlatma Şiddetine (E) Bağlı Olarak kandaki Alyuvarların Konsantrasyonu (C) (Karanlıkta Konsantrasyon % 100).

2.6. Işığın İş İşleyişi Üzerindeki Etkileri

Işık sadece görme işlevlerini etkilemez ayrıca insanın aktivitesi ve sağlığı üzerinde de küçümsenmeyecek derecede etkisi vardır (Şekil 2.5) [6].

Işık göze üç şekilde ulaşır.

- Direkt ışık kaynağından (Pencere, Lamba v.s)
- Objeden yansıyarak (İş alanı, Çalışma alanı)
- Çevreden yansıyarak (Duvar, Küşe, Mobilya)



ŞEKİL: 2.5. Işığın Çalışan Üzerindeki Etkisinin Şematik Olarak Görünüşü [6].

Görme için esas olan objenin kendisinden yansıyan ışıktır. Psikolojik duyumun oluşum hızı ve kalitesi ile ardından gelen işlevler, insanın aktivitesinden (Psikolojik canlılığından) etkilenir. Çalışan insanların optimum çalışma dirençlerini oluşturmak için sadece onların çalıştığı yerin değil aynı zamanda çalışma alanlarının çevresinin de iyi aydınlatılması gerekir. Görme ve aktivitenin beraber işlemeleri (tesir etmeleri) sadece iş ve iş kalitesini değil, aynı zamanda iş güvenliğini etkiler. Aydınlatmanın iyileştirilmesi ile üretimin arttırılması sağlandığı gibi aynı zamanda iş güvenliği de yükseltilmiş olur [6].

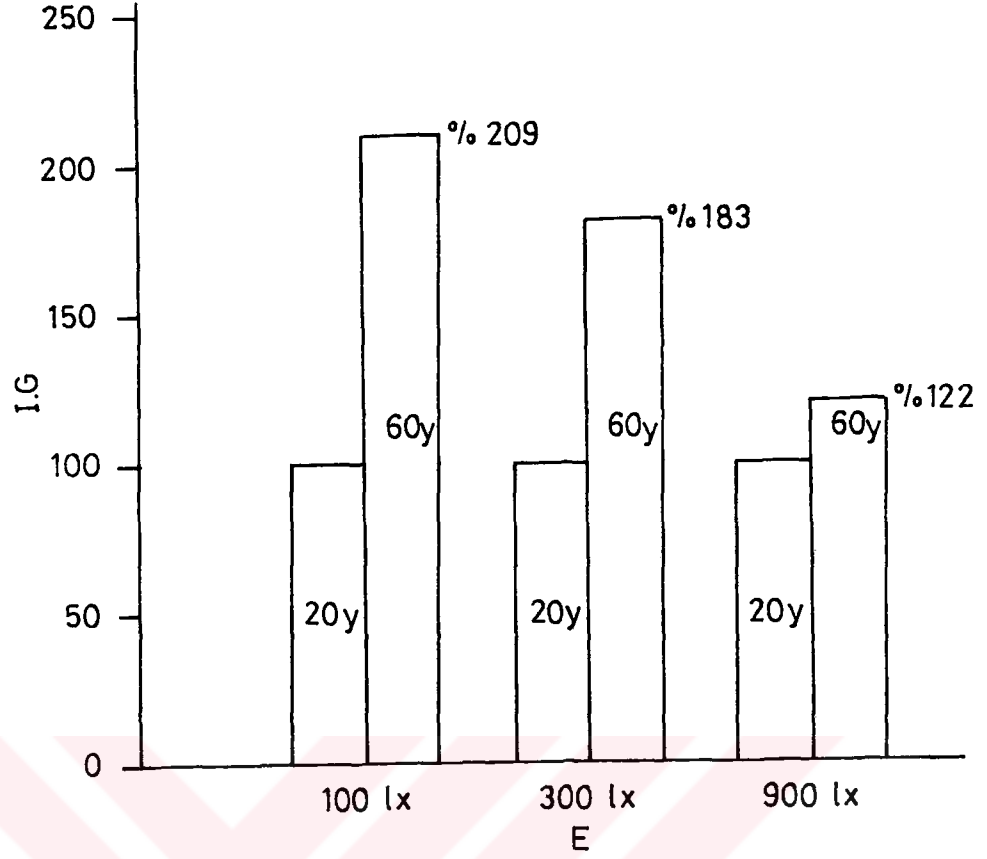
2.7. Işığın İş Güvenliği Üzerindeki Etkileri

İyi bir aydınlatma, iş güvenliğini arttırır, tehlikeli durumlarda daha iyi görüş sağlar. Ayrıca iyi bir aydınlatmadan dolayı yükselmiş aktivite sayesinde insanın dikkat etme yeteneği artar.

Kazaların büyük bir bölümü insansal hatalardan kaynaklanır. Örneğin, konsantrasyon azlığından, yorgunluktan, reaksiyon zayıflığından ve kötü veya bozuk şeylerle dolu bir hafızadan. Bu etkilerin çoğu işçilerin genel oturma veya çalışma alanlarında ve tehlikeli yerlerde iyi bir aydınlatma ile sınırlandırılabilir [7].

2.8. Işık ihtiyacı ve Yaş

Yaşlıların görme işini ve hızını gençler gibi gerçekleştirebilmeleri için daha çok ışığa ihtiyaçları vardır. Işık ihtiyacında yaşlara göre oluşan bu fark artan ışık şiddeti ile küçülür. Yüksek bir aydınlatma seviyesi her yaştaki işçiler için eşit değerlerde çalışma şartları oluşturur (Şekil 2.6).



ŞEKİL: 2.6. Farklı Aydınlatma Şiddetinde (E) Genç (20) ve Yaşlı (60) İşçiler Arasındaki Işık Gereksinimi (IG) Değişimi
20 Yaşındaki İşçilerin Işık İhtiyacı (% 100) Olarak Kabul Edilmiştir [7].

BÖLÜM 3. FOTOMETRİK BÜYÜKLÜKLER VE FİZYOLOJİK OPTİK ESASLAR

3.1. Fotometrik Büyüklükler

3.1.1. Işık Akışı

Bir ışık kaynağının ışık akışı, bu ışık kaynağından çıkan ve normal gözün gündüz görmesine ait spektral duyarlılık eğrisine göre değerlendirilen enerji akışına denir. Işık akışı Φ harfi ile gösterilir. Birimi lümen'dir.

$$\Phi : K.F.V \quad (3.1)$$

F: Enerji akışı (lm)

K: Birimlere bağlı sabit katsayı

V: Standart göze ait söz konusu F enerjetik akışının görülebilme faktörü olup, ışınlama bileşimine göre değeri kesin olarak bellidir.

Işık akışı, temel fotometrik büyüklük olarak seçilecek olursa, diğer fotometrik büyüklükler ışık akışından türetilir ve bu suretle, bütün fotometrik büyüklüklerin nesnel tanımını yapmak mümkün olur [4].

3.1.2. Işık Şiddeti

Noktasal bir ışık kaynağının herhangi bir α doğrultusundaki ışık şiddeti, bu doğrultuyu içine alan bir $\Delta\Omega$ uzay açısından çıkan $\Delta\Phi$ ışık akışının $\Delta\Omega$ uzay açısına bölümü ile ilgilidir. Eğer ortamın yutması yoksa $\Delta\Phi:\Delta\Omega$ ya ortalama ışık şiddeti denir. $\Delta\Omega$ sıfıra yaklaşırken

bu oranın limiti de I_{α} ışık şiddetini tanımlar. Işık şiddeti I harfi ile gösterilir. Birimi candela'dır. 1 candela = 1 cd. Noktasal ışık kaynakları için tanımlanır ve doğrultuya bağlı bir büyüklüktür.

$$I_{\alpha} = \lim_{\Delta\Omega \rightarrow 0} \frac{\Delta\phi}{\Delta\Omega} = \frac{d\phi}{d\Omega} \quad (3.2)$$

I_{α} : α doğrultusundaki ışık şiddeti (candela)

$\Delta\phi$: Işık akısı (lümen)

$\Delta\Omega$: Uzay açısı (steradyan)

Bu denklemde ışık akısı lümen ve uzay açısı steradyan cinsinden yerlerine konursa, ışık şiddeti candela cinsinden bulunur. Buna göre bir steradyanlık uzay açılarından çıkan ışık akısı 1 lümen ise ışık şiddeti 1 candela olur [4].

3.1.3. Işık Miktarı

Bir ışık kaynağının ışık miktarı, ışık akısı ve bunun etki süresi ile orantılıdır.

$$Q = \int \phi \, dt \quad (3.3)$$

şeklinde formüle edilir. Eğer ϕ ışık akısı zamana bağlı değilse formül,

$$Q = \phi \cdot t \quad (3.4)$$

olur.

Q : Işık miktarı (lümen saniye veya lümen saat)

ϕ : Işık akısı (lümen)

t : Zaman (saniye veya saat)

Işık miktarı Q harfi ile gösterilir. Birimi lümen-saniye veya lümen saat'tir [4].

3.1.4. Aydınlık Şiddeti

Bir yüzeyin bir M noktasındaki ortalama aydınlık şiddeti bu noktayı içine alan bir ΔS yüzeyine düşen $\Delta\phi$ ışık akısının ΔS yüzeyine bölümüne eşittir. ΔS yüzeyi sıfıra yaklaşırsa $\Delta\phi / \Delta S$ oranının limiti, bu noktadaki aydınlık düzeyini verir.

$$E = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta\phi}{\Delta S} = \frac{d\phi}{dS} \quad (3.5)$$

Eğer aydınlık şiddeti S yüzeyinin her noktasında aynı ise

$$E = \frac{\phi}{S} \quad \text{olur [4]}. \quad (3.6)$$

E: Aydınlik şiddeti (düzeyi) (lx)

ϕ : Işık akısı (lumen)

S: Yüzey alanı (m^2)

3.1.5. Fotoğrafik Uyarma

Fotoğrafçılıkta çok kullanılan bu kavram lüks cinsinden aydınlık şiddetiyle, saniye cinsinden zamanın çarpımına eşittir.

$$U = E \cdot t \quad (3.7)$$

U: Fotoğrafik uyarma (Lüksaniye)

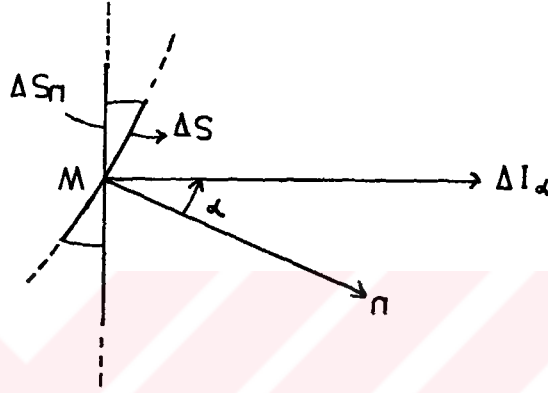
E: Aydınlik şiddeti (lx)

t: Zaman (saniye)

Fotoğrafik uyarma U harfi ile gösterilir. Birimi Lüksaniye'dir [4].

3.1.6. Parıltı (Lüminans)

Parıltı, doğrultuya bağlı bir büyüklüktür. Işın yayan yüzeyin bir M noktasının bu yüzeyin normali ile α açısı yapan doğrultudaki parıltısı, M noktası içine alan ΔS yüzey elemanının bu doğrultuda doğurduğu ΔI_α ışık şiddetinin ΔS 'in bu doğrultuya dik düzlemdeki ΔS_n görünen alanına oranının limitidir (Şekil 3.1) [4].



ŞEKİL: 3.1. Bir Yüzeyin Bir M Noktasının Doğrultusundaki Parıltısının Tanımı.

$$L_\alpha = \lim_{\Delta S_n \rightarrow 0} \frac{\Delta I_\alpha}{\Delta S_n} = \frac{dI_\alpha}{dS_n} \quad (3.8)$$

Parıltı kavramı, yüzey, yüzeyin bir noktası ve gözlem doğrultusunu kapsamaktadır. Buna göre parıltıdan söz ederken bunun hangi yüzeyin, hangi noktasına ve doğrultuya ait olduğunu belirtmek gerekir.

Aynı şekilde S'in her noktasında parıltı aynı değerde ise S'in bir M noktasının α doğrultudaki ışık şiddeti I_α ve S'in bu doğrultuya dik düzlemdeki görünen alanında S_n ile gösterilirse, M noktasının doğrultusundaki parıltısı

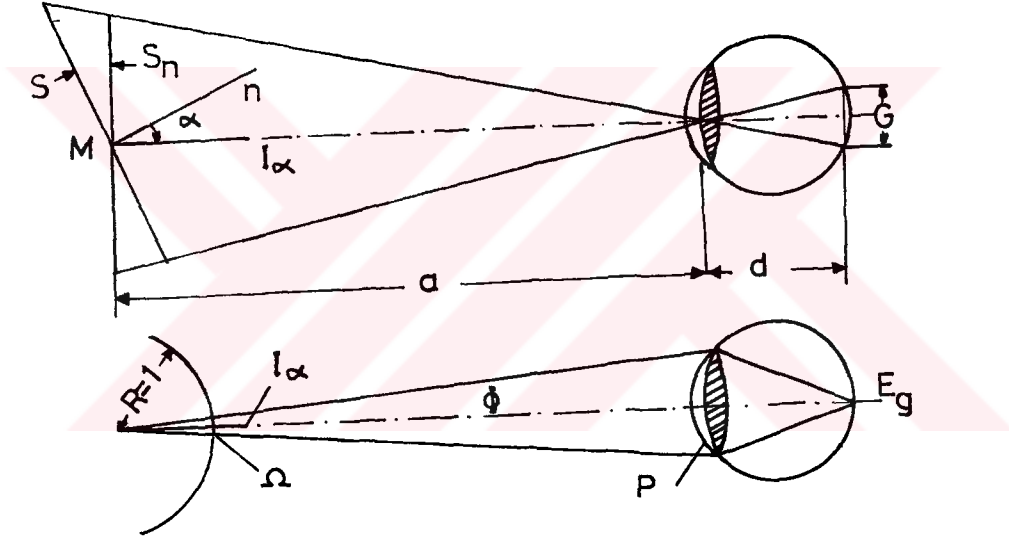
$$L_\alpha = \frac{I_\alpha}{S_n} \quad \text{olur.} \quad (3.9)$$

L : Parıltı (nit)

I_α : α Doğrultusundaki ışık şiddeti (candela)

S_n : Görünen alan (m^2)

Etrafımızdaki cisimler ancak parıltıları ile gözde görme hissini uyandırdıklarından, bu kavramın açıklanması gerekliliği doğar. Bir cismin görülmesi için o cismin gözün ağ tabakasındaki görüntüsünün haiz olduğu aydınlık şiddeti, birinci derecede rol oynar. Örneğin ışık yayan bir S yüzeyi gözde G görüntüsünü meydana getirir. Parıltı L harfi ile gösterilir, birimi nit'tir. Şekil 3.2'de parıltının fiziksel anlamı şematik olarak gösterilmiştir.



ŞEKİL: 3.2. Parıltının Fiziksel Anlamı

Görünen S_n : $S \cdot \cos \alpha$ yüzeyi ile G görüntüsü arasında

$$\frac{S_n}{a^2} : \frac{G}{d^2} \text{ bağıntısı vardır.} \quad (3.10)$$

Burada a cismin göze olan uzaklığı, d ise gözün çapıdır.

3.1.7. Fotometrik Radyans veya Fotometrik Işıntı

Işık yayan bir S yüzeyinin bir M noktasındaki ortalama fotometrik radyansı, bu noktayı içine alan ΔS yüzeyinden çıkan $\Delta\phi$ akısının ΔS yüzeyine oranıdır. ΔS yüzeyi sifıra yaklaşırken $\Delta\phi : \Delta S$ oranının limiti bu noktanın fotometrik radyansını verir. Fotometrik radyans R harfi ile gösterilir. Birimi lm/m^2 veya Phot'tur.

$$R = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta\phi}{\Delta S} = \frac{d\phi}{dS} \quad (3.11)$$

Eğer fotometrik radyans S yüzeyinin her noktasında aynı ise,

$$R = \frac{\phi}{S} \quad (3.12)$$

olur |4|.

R: Fotometrik radyans (lm/m^2)

ϕ : Işık akısı (lm)

S: Yüzey alanı (m^2)

3.2. Fizyolojik-Optik Esaslar

Etrafımızdaki cisimleri ancak göz yardımı ile ve gözün görme yeteneği sayesinde görmekteyiz. Gözün görme yeteneği deyince gözün aydınlık-karanlık farkı duyarlığı (kontrast duyarlığı), şekil duyarlığı (keskinlik) ve görme hızı anlaşılır. Bir cismin görülmesi her şeyden önce o cismin gözün ağ tabakasında meydana getirdiği görüntünün aydınlık şiddetine, dolayısıyla cismin çeşitli noktalarının parıltılarına bağlıdır. Ayrıca cismin büyüklüğü, şekli ve devamlılığı da önemli rol oynar [4].

3.2.1. Gözün Eşik Değerleri

Gözün eşik değerinden genel olarak apostilb(asb) cinsinden görülebilen en küçük ışık uyarımı anlaşılır. Ağ tabakadaki koni ve çomaklar ışık uyarımlarına aynı derecede duyarlı değildir.

Eğer bir ışık uyarımı sıfırdan itibaren arttırılırsa, uyarımın belirli bir değerinde uyarım görülmeye başlar. Tamamen hareketsiz ve karanlıkta bulunan bir göz için bu en küçük uyarım değeri, yani eşik değeri aşağı yukarı 10^{-5} asb'den 10^{-2} asb'le kadar yükseltilirse, 10^{-2} asb'de renk duyarlılığı uyanmaya başlar ve böylece konilerin çalışmaya başladığı alt eşik değerine erişilir. 10^{-2} asb ile 10 asb arasında koni ve çomaklar beraber çalışırlar. Karma görme 10 asb, çomakların çalışmasının sona erdiği üst eşik değeridir. 10 asb'in üstündeki parıltılarda, yalnız koniler çalışırlar. Koni çalışmasının sona erdiği bir üst sınır eşiği yoktur. Bununla beraber kamaşmanın başladığı parıltı değeri, bu üst sınır değeri kabul edilir. Bu da aşağı yukarı 10^{-5} asb'dir. Üç çeşit görme vardır;

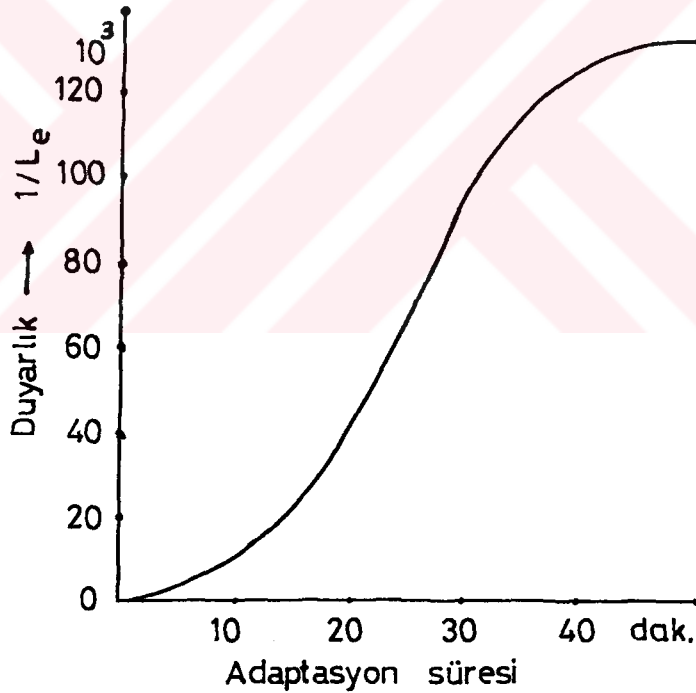
- * 10^{-5} asb ile 10^{-2} asb arasında gece görmesi veya stokopik görme,
- * 10^{-2} asb ile 10 asb arasında karma görme
- *10 asb'in üstündeki gündüz görmesi ve fotopik görme [4].

3.2.2. Adaptasyon

Gözün değişik aydınlık şiddetlerine dolayısıyla parıltılara uyma kabiliyetine adaptasyon denir. İki türlü adaptasyon vardır [4].

3.2.2.1. Karanlık Adaptasyonu

Aydınlık bir yerden karanlık bir yere geçişteki adaptasyondur. Karanlık adaptasyonu oldukça yavaş olur. Adaptasyon derecesini parıltı eşik değeri veya bunun tersi olan duyarlık ile göstermek mümkündür. Örneğin, güneşli aydınlık bir yerden karanlık bir odaya girilte, ilk andaki parıltı eşik değeri küçülmeye, dolayısıyla duyarlık büyümeye başlar. 10 ile 30 dk arasında duyarlık aşağı yukarı lineer olarak yükselir ve nihayet 30. dakikadan itibaren yükselme tekrar yavaşlar. 30. dakikada parıltı eşik değeri, 10^{-5} asb, dolayısıyla duyarlık 10^5 tir. Karanlık adaptasyonunun en büyük değerine yaklaşık olarak 1 saat sonra erişilir (Şekil 3.3) [4].



ŞEKİL: 3.3. Karanlık Adaptasyonunda Duyarlığın Zama-na Göre Değişimi.

Aydınlatma tekniği bakımından karanlık adaptasyonu-
nun etkisi çok önemlidir. Aydınlik bir alandan, kötü
aydınlatılmış veya aydınlık şiddeti düşük tutulmuş bir
alana geçişte karanlık adaptasyonu göz önüne alınmalıdır.
Bunun için ya adaptasyon süresini arttırmak amacı ile bir
aydınlık düzeyinden diğerine geçiş hızı azaltılır veya
daha iyisi adaptasyon karakteristiğine uygun olarak iki
aydınlık düzeyi arasındaki fark küçük tutulur.

3.2.2.2. Aydınlik Adaptasyonu

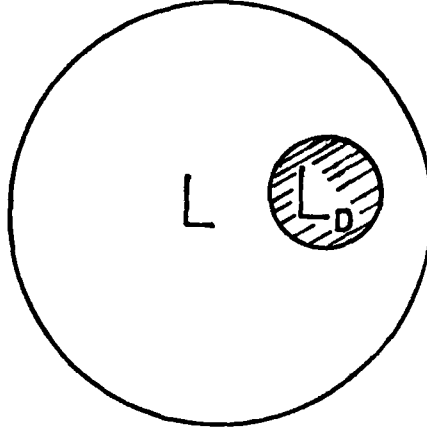
Karanlık bir yerden aydınlık bir yere geçişteki adap-
tasyondur. Aydınlik adaptasyonu o kadar çabuk olur ki,
pratik bakımdan özel bir önlem almaya gerek kalmaz.

3.2.3. Kontrast Duyarlılığı

Göz cisimleri aydınlık-karanlık farkları, şekilleri,
hareketleri ve renkleri ile ayırt etme yeteneğine sahip-
tir. Çünkü bir cismin görülebilmesi her şeyden önce bu
cismin aydınlık ve karanlık izlenimlerinin alınabilmesine
bağlıdır.

Eğer bir cismin fon parıltısı (gözün uyum sağladığı
parıltı) L ile ve bu cisme ait herhangi bir detayın pa-
rıltısı da L_d ile gösterilirse $L-L_d: \Delta L'$ 'ye bu detaya ait
mutlak parıltı farkı veya kontrastı denir. $\Delta L/L'$ 'ye de ba-
ğlı parıltı farkı veya kontrastı adı verilir (Şekil 3.4).

Bağlı parıltı kontrastı gerçekte cismin aydınlık
şiddetine bağlı değildir. Çünkü parıltılar cismin aydın-
lık şiddetiyle doğru orantılı değiştiğinden, bağlı parıl-
tı kontrastının değeri, belirli bir fon ve detay için sa-
bit kalır. Fakat aydınlık şiddetinin artması ile gözün
bağlı parıltı kontrast duyumu eşiği olan $\Delta L_c/L$ değeri
küçülür. L_c , mutlak kontrast duyumu eşiğidir.



ŞEKİL: 3.4. Bir Cismin Fon ve Detay Parıltıları
L:Fon Parıltısı
Ld: Detay Parıltısı

Buna karşılık bağıl parıltı kontrast duyumu eşiğinin tersi olan kontrast duyarlılığının değeri de büyür. O zaman kontrast duyarlılığı $K:L/\Delta L_c$ denklemiyle tanımlanır ve cismin aydınlık şiddetine dolayısıyla fon parıltısına bağlı olarak değişir.

Kontrast duyarlılığı, ayrıca cismin görme açısı cinsinden büyüklüğüne, çevre aydınlık düzeyine ve daha bir çok faktörlere bağlıdır. Görme açısı 2° 'den küçük olan cisimleri görmede, kontrast duyarlılığı azalmaktadır. Aynı şekilde çevre aydınlık düzeyinin kontrast duyarlılığına etkisi de önemlidir. En büyük kontrast duyarlılığına obje ile aynı mertebeden bir çevre parıltısı halinde erişilir. Eğer çevre parıltısı cismin parıltısından çok büyük ise, o zaman endirekt kamaşma olur ve kontrast duyarlılığı azalır. Eğer bir cismin aydınlık-karanlık farkları çok büyükse o zaman da bağıl kamaşma meydana gelebilir [4].

3.2.4. Şekil Duyarlılığı (Keskinlik veya Seçicilik)

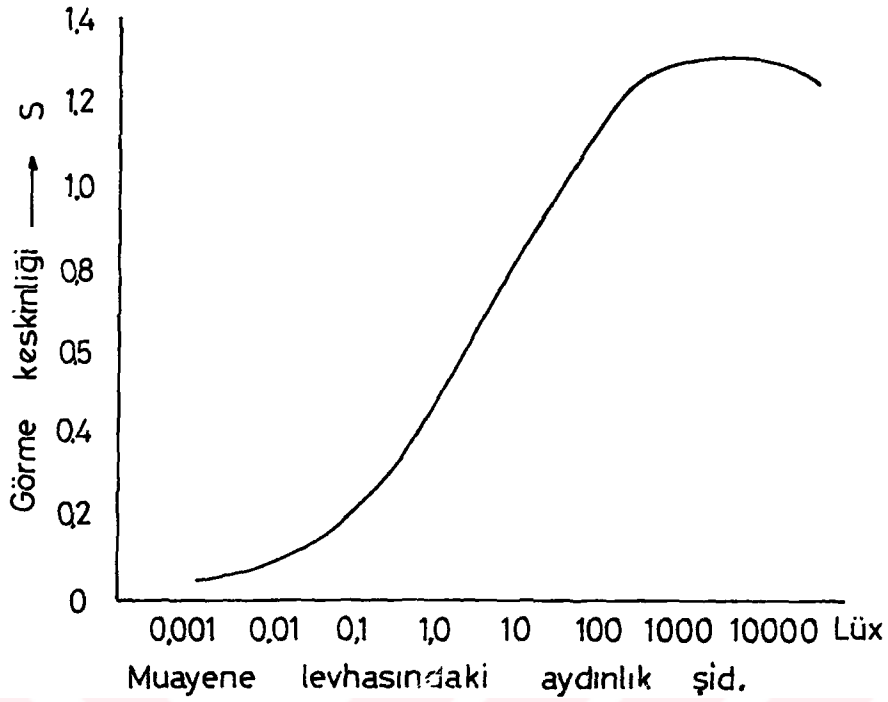
Bir cismin çeşitli noktalarının ayırt edilebilmesi, gözün şekil duyarlılığına veya keskinliğine bağlıdır.

Eğer bir cismin iki noktasının görüntüleri birbirine çok yakın ise bu durum da göz bu iki noktayı ayırt edemez; bu iki noktayı iki ayrı nokta olarak görebilmek için bunların göründükleri açısının belirli bir değerinden daha büyük olması gerekir. δ değerinin tersine şekil duyarlılığı, keskinlik veya seçicilik derecesi denir ve s ile gösterilir.

$$s : \frac{1}{\delta} \text{ ' dir.} \quad (3.13)$$

Normal bir göz için $\delta = 3/4' = 0.75' = 2.210^{-4}$ rad, yani $s = 4.5 \cdot 10^3$ 1/rad. Gözün keskinliği ağ tabakaya ait bir yetenektir. Keskinlik sarı leke çukurunda (fovea'da) en büyüktür, buradan uzaklaştıkça (peripheri'den) küçülür. En büyük keskinlik halinde proximum uzaklıkta gözün seçebileceği birbirine en yakın iki nokta arasındaki açıklık $a = 25 \text{ cm} \cdot 2,2 \cdot 10^{-4} = 55 \cdot 10^{-4} \text{ cm}$ 'dir. Gözün hareketsiz halde görebildiği en uzak noktaya uzak(veya remotum) noktası, en yakın noktaya yakın(veya priximum) noktası denir. Bu iki nokta arasındaki mesafede görme alanının derinliğini oluşturur. Normal gözün remotum noktası sonsuzda ve proximum noktasıda yaklaşık olarak 25 cm'de bulunur.

Keskinlik görülecek cisimlerin parıltılarına, dolaısıyla aydınlık şiddetlerine bağlı olarak değişir. (Şekil 3.5) [4].



ŞEKİL: 3.5. Keskinliğin Aydınlık Şiddetine Göre Değişimi.

Buna göre keskinlik 500 (lx) civarında en büyük değerine ulaşır ve yaklaşık olarak 10000 (lx) 'e kadar sabit kalır. Bundan sonra kamaşma nedeniyle keskinlik tekrar azalmaya başlar [4].

3.2.5. Görme Hızı ve Kritik Titreme(Kaynama Frekansı)

Belirli bir detay ancak bu detaya bağlı olarak belirli bir değerden daha büyük bir süre içinde görülebilir. Bu sürenin tersine görme hızı denir ve v ile gösterilir. Görme hızı cismin parlıltısı, kontrastı ve büyüklüğü arttıkça büyür.

Göz gerçekte zamana göre değişen ışık uyarımlarını iki durumda ayırtedemez. Bunların doğal aydınlatmada olduğu gibi ışık uyarımlarının çok yavaş değişmesi ve alternatif akımla çalışan desarj lambalarında olduğu gibi

ışık uyarımlarının çok çabuk değişmesi durumlarıdır.

Eğer bir ışık kaynağının parıltısı periyodik olarak değişir ve bu değişme göze sabit parıltılı bir ışık kaynağı gibi gözükürse bu takdirde kaynağın bu titreme frekansına kritik titreme veya kaynama frekansı denir.

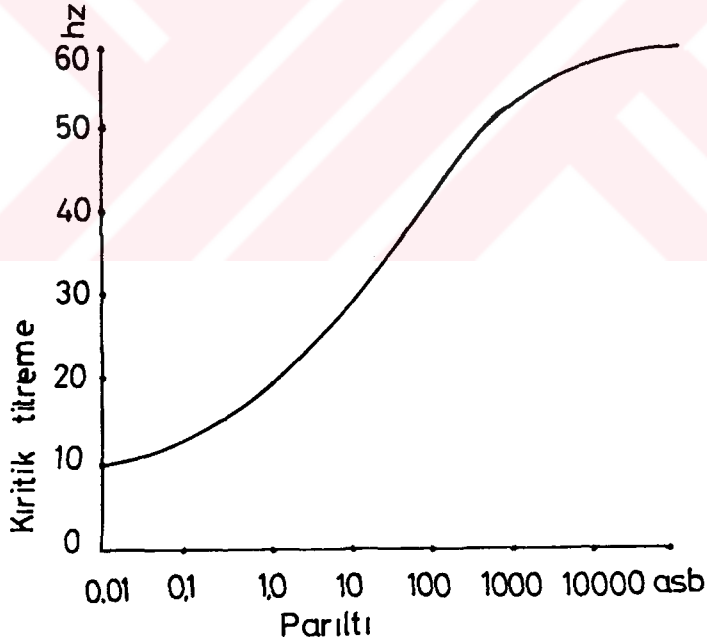
$$L_{ort} = \frac{1}{T} \int_0^T L(t).dt \quad (3.14)$$

L: Periyodik olarak değişen parıltının ani değeri (Nit)

T: Periyodu

L_0 : Ortalama değer ise

Genel olarak kritik titreme veya kaynama frekansı parıltı ile değişir (Şekil 3.6).



ŞEKİL: 3.6. Kritik Titreme Frekansının Parıltıya Göre Değişimi.

Bu eğriye göre, gündüz görmesinde, yani 10 ila 1000 asb'lik parıltılarda kritik titreme frekansı aşağı yukarı lineer olarak yükselir ve 1000 asb'de 60 Hz ile en büyük değerine ulaşır. Bu eğri, periyodik olarak değişen aydınlık ve karanlığın birbirine tesir etmediği sınır hal için geçerlidir. Daha küçük aydınlık ve karanlık farklarında ve daha yumuşak değişmeler halinde, kritik titreme frekansı daha da küçüktür. Sonuç olarak;

- Büyük parıltılarda dolayısıyla yüksek aydınlık şiddetlerinde kritik titreme frekansı büyük olduğu için, aydınlatmanın mümkün olduğu kadar titreşimsiz olması gerekir.

- Hareketli olaylar, düşük aydınlık düzeyinde gerçektekinden daha hızlı seyrediyormuş gibi görünürler.

- Kesikli ışıpta gözlenen periyodik hareketler, hareket yanılmalarına neden olurlar. (Stroboskopik olay). Örneğin bir dönme hareketi duruyormuş gibi, sağa doğru bir dönme sola doğru bir dönme hareketiymiş gibi görünebilir [4].

3.2.6. Işık Rengi

Işık kaynaklarının ışık rengi tayflarındaki ışınım yoğunluklarının farklı şekilde olmalarına bağlıdır. Cisimlerin renkleri ise cisimlerin spektral yansıtma faktörlerine veya geçirme faktörlerine ve cismi aydınlatan ışık kaynaklarının ışınım yoğunluklarına bağlıdır [3].

3.2.7. Renk Duyarlılığı

Renk duyarlılığı sadece göz saplarının yardımı ile mümkündür. Görüş alanındaki ışık şiddetinin $0,003 \text{cd/m}^2$ (:10 asb) altında olduğu zaman bütün renkler oluşmaz ve

hepsi beyaz, gri ve siyah olarak görülürler. Renkleri tanıyabilmemiz için ışık şiddetinin minimum 3cd/m^2 olması gerekir. En yüksek renk ayırım duyarlılığına ve en iyi renk tanıma gücüne ancak 50cd/m^2 'den sonra ulaşılabilir.

Renk duyarlılığı, renk tonundan, renk doygunluğundan ve renk parlaklığından etkilenir. Göz, kulağın tersine daha entegredir. Örneğin, kulak bir orkestranın bütün enstrümanlarını tek tek duyabilir ve ayırt edebilir. Fakat göz bir ışık yayınının ayrı ayrı spektral parçalarını tanıyamaz. Ama yinede eşit aydınlıkta ve doyumlulukta göz yaklaşık olarak 120 çeşit renk tonunu ayırd edebilir. Bunun yanında renk alanlarının çok küçük olmaması gerekir [3].

3.2.8. Kamaşma

Kamaşma, sağlam bir gözün dış etkililerle geçişi olarak etraftaki cisimleri göremez hale gelmesine denir. Eğer gözün görme alanındaki parıltı çok değerler alırsa, göz kamaşır. Buna direkt kamaşma denir.

Kamaşma parıltısı, çevre parıltısına bağlıdır. Çevrenin parıltısı yüksek ise, kamaşma parıltısıda yüksek olur.

Kamaşma ayrıca kaynağın büyüklüğüne ve görme alanındaki durumunada bağlıdır. Aynı kamaşma parıltısında, görüntüsü odak bölgesinde olan kaynağın kamaşması en büyüktür. Kaynağın görüntüsü odak bölgesinden uzaklaştıkça kamaşmada azalır.

Kuvvetli kamaşma gözü yorar. Bir yerde kamaşmanın varlığı basit olarak şöyle anlaşılır: Kamaşma kaynağı el ile gölgelenir ve cisme bakılır. Bu durumda cisim daha iyi görünüyorsa, kamaşma vardır. Kamaşma ekonomik

değildir, gözün görme yeteneğini düşürür, dolayısıyla aydınlık düzeyi düşükmüş gibi etkir [4].

3.2.9. Gölgeler

Işık kaynağı ile aydınlatılan yüzey arasında bir veya birkaç engel bulunursa o zaman aydınlatılan yüzeyde gölgeler meydana gelir. Gölge sözcüğü engelleme suretiyle kararmaya işaret eder. Bu şekilde kararmış bölgelere gölgeli bölgeler denir. Tam karanlık gölgelere koyu gölge veya çekirdek gölge, tam karanlık olmayan gölgelerde yarı gölge veya açık gölge denir.

Genel olarak gölge faktörü, direkt aydınlık şiddetinin toplam aydınlık şiddetine oranı olarak tarif edilir.

$$g: \frac{E_{dir}}{E_{dir} + E_{end}} \quad (3.15)$$

Normal gölge faktörü % 20'den büyük ve % 80'den küçük olmamalıdır. Eğer gölge faktörü % 20'den küçükse aydınlatmanın gölgesi az, % 80'den büyükse fazladır.

Cisimlerin çeşitli yüzey elemanlarının gelme açıları farklı olduğundan, aydınlık şiddetleri, dolayısıyla parıltıları farklıdır. Buna öz gölge veya cismin kendi gölgesi denir.

$$E_{\alpha} = \frac{I_{\alpha}}{r^2} \cdot \cos \alpha \quad (3.16)$$

Bir yüzeydeki aydınlık şiddeti, gelme açısının kosinüsü ile orantılıdır. Işık kaynaklarının istenilen şekilde yerleştirilmesi ile ışık doğrultusuna, dolayısıyla tavan ve duvarların boyutlarını büyüterek gölgenin yumuşaklığı sağlanır [4].

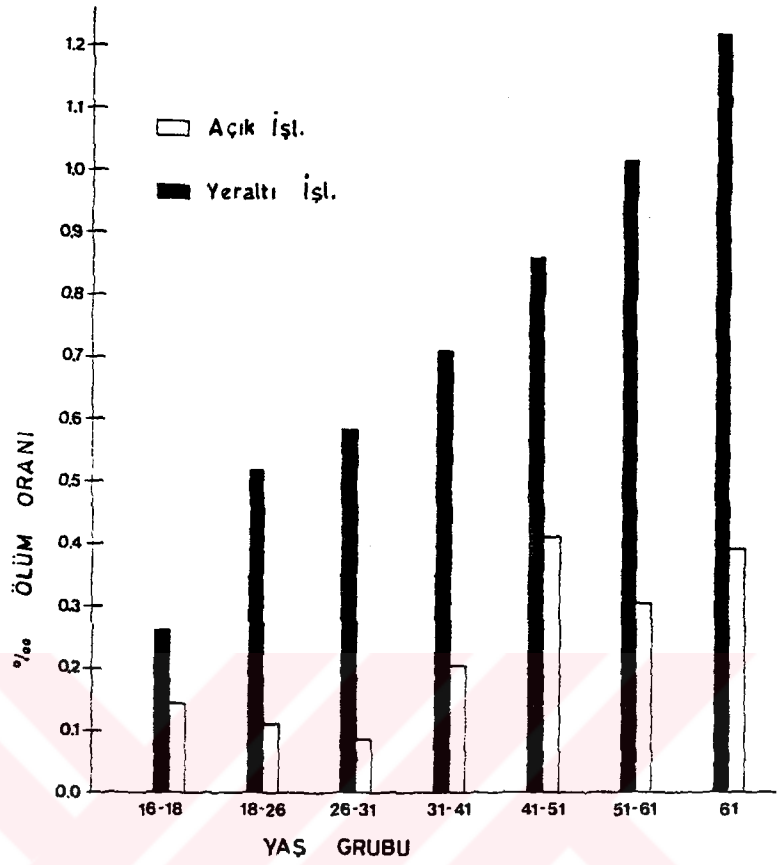
BÖLÜM 4. MADEN AYDINLATMASININ KAZALAR, ÜRETİM Ve SAĞLIK ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Maden aydınlatmasındaki gelişmeler, endüstri aydınlatmasındaki gelişmelere oranla daha yavaştır. Yapılan araştırmalarda, madenlerdeki aydınlatma koşulları iyileştirildiğinde kazaların ciddiyeti ve frekansının azaldığı gözlenmiştir. Fakat aydınlatma, üretim ve güvenlik üzerinde etkili olan bir çok değişkenden sadece bir tanesi olduğu için, doğrudan etki oranını ölçmek oldukça zordur. Çalışmanın sürdüğü bir ocakta, sadece aydınlatmanın etkisini belirlemek için, diğer tüm değişkenlerin sabit tutulması mümkün değildir [2].

4.1. Aydınlatma Ve Kazalar

Robert, görüş mesafesinin kazalar üstündeki dolaylı etkisini, yaptığı araştırmalarla ortaya koymuştur (Şekil 4.1) [2].

Bu çalışma sırasında, yeraltı ve açık ocaklarda çalışan değişik yaş gruplarına ait ölüm oranları kullanılmıştır. İlerleyen yaşla birlikte işçilerde görme de bir azalma olmaktadır; bu durum ancak iyi bir çevre aydınlatılması ile düzeltililebilir. Kazaların çoğu, işçinin yavaş reaksiyonu, çevik olamaması ve olaylara uyum süresinin uzun olmasından kaynaklanır. İşçinin tehlikeli bir durumu farkedebilmesi ve hemen önlem alabilmesi, iyi bir aydınlatma sistemiyle orantılıdır.



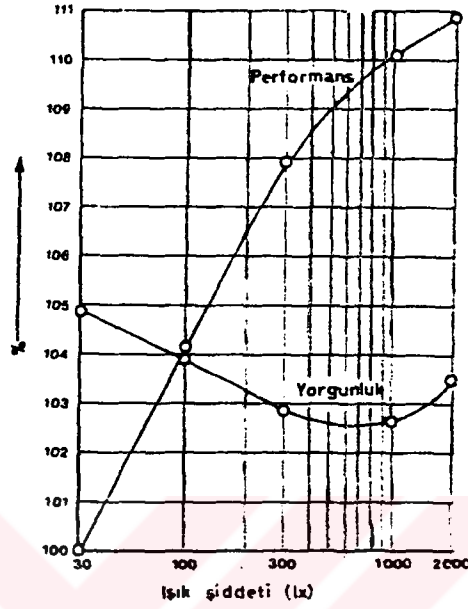
ŞEKİL: 4.1. İngiltere Kömür Madenlerinde Aydınlatmadan (Direkt ve Endirekt) Dolayı Yaşlara Göre Ölüm Oranları.

Aydınlatmanın kazalar üzerindeki dolaylı etkilerinden biri de, ışık şiddetinin yorgunluk ve performans üzerindeki etkisidir. Bu konuda Schaffer tarafından yapılan çalışmaların sonuçları Şekil 4.2'de verilmiştir [2].

Aydınlatmanın artması ile işçinin performansı da artmakta ve 1000 (lx) 'te yorgunluk minimum olmaktadır. Bu aydınlatma değerinde yapılan hatalarda minimuma inmektedir.

Herhangi bir meslekte, olumsuz görüş koşullarından kaynaklanan yorgunluk üretim düşüşüne, hata sıklıklarının ve kaza oranlarının artmasına neden olur. Birleşmiş Milletler Ulusal Güvenlik Konseyi'nin bir raporuna göre,

yetersiz aydınlatma tüm endüstriyel kazaların % 5'inin tek sorumlusu, % 20'sinde de belirli rol oynamaktadır. Madencilik yüzdelerinin biraz daha yüksek olması beklenmelidir.



ŞEKİL: 4.2. Işık Şiddetinin Performans ve Yorgunluk Üzerindeki Etkileri.

Macaristan'da bir linyit ocağında yapılan bir araştırmada, ocağın bir kısmının aydınlatılması yapılırken, diğer bir kısmı sadece madencilerin baret lambalarıyla aydınlatılmıştır. Kaza oranları, aydınlatmanın yapıldığı bölgede % 60 oranında azaldığı görülmüştür. Aynı çalışmada 20 (lx) istatistik baz alındığında, aydınlatma düzeyi ve kaza sayısı arasındaki ilişki aşağıdaki gibidir: (Tablo 4.1).

TABLO: 4.1. Aydınlatma (lx) ve Kaza Sayıları İlişkisi

AYDINLATMA (Lüks)	KAZA SAYISI(%)
20	100
200	68
250	58

Hindistan'da Mıshrat ve Dixit tarafından yapılan araştırmada kazaların % 35'inin yetersiz aydınlatmadan oluştuğu bildirilmiştir [2].

Buna benzer bir çalışmada ABD'de Batı Virginia'daki bir kömür ocağında yapılmıştır. Bu işletmede klasik odatopuk yöntemi ile üretim yapılmaktaydı ve ocağın 6 bölgesi 24 ay boyunca izlendi. Araştırma gereği sadece D bölgesine bir aydınlatma sistemi kuruldu. Bu altı bölge için kaydedilen veriler Tablo 4.2'de görülmektedir [2].

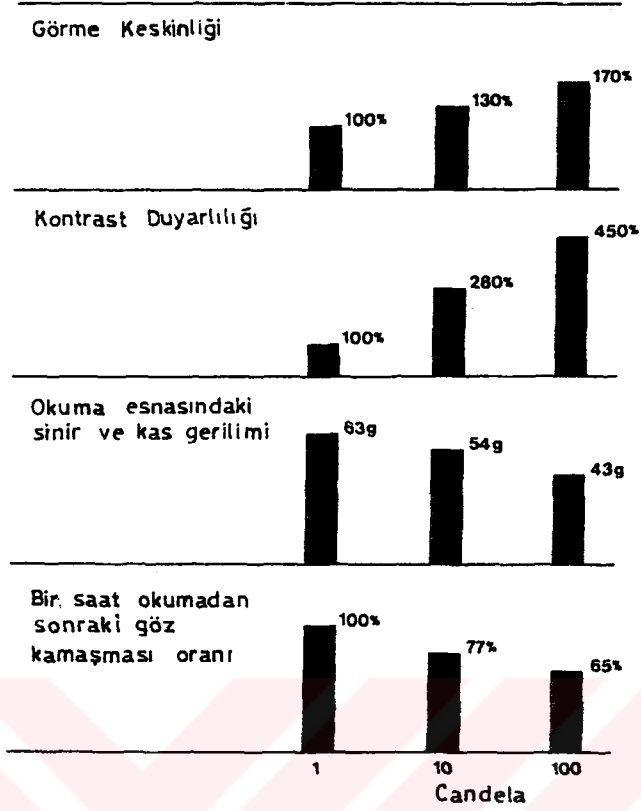
TABLO: 4.2. Batı Virginia'da Bir Kömür Ocağının Altı Üretim Bölgesi İçin 24 Aylık Kaza Kayıtları

BÖLGE	KAZA SAYISI
A	1
B	1
C	2
D	0
E	1
F	5

Kazalar aydınlatmanın iyileştirilmesiyle azaltılabilir. Kazalardan korunma büyük ölçüde görüş keskinliği, hassasiyeti, algılama hızı, cisim ve çevre arasındaki aydınlatma farklarına bağlıdır. Şekil 4.3. Luckiesh ve Moss tarafından yapılan laboratuvar deneylerinin sonuçlarını göstermektedir [2].

Buna göre ışık şiddetinde 10 katlık bir artış, görüş keskinliğini % 100'den % 170'e, kontrastıda % 100'den % 450'ye çıkarır.

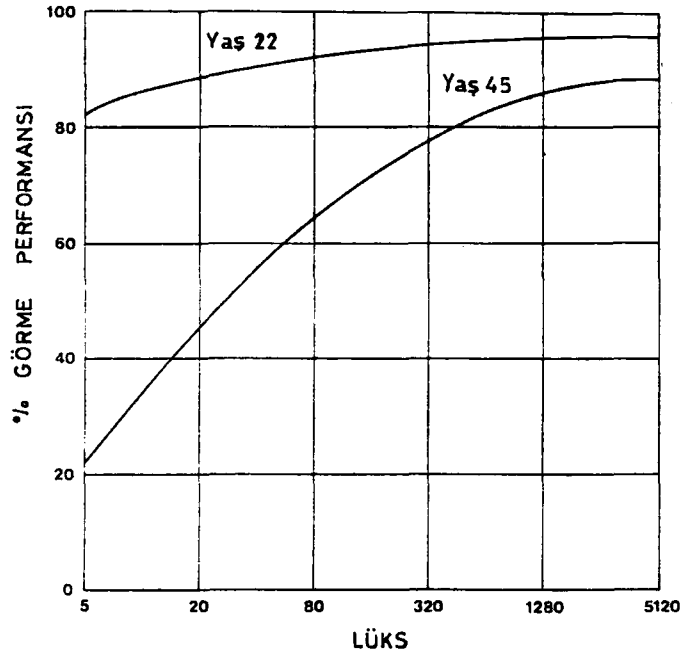
Düşük ışık seviyeleri, görsel yorgunluğa, göz kapaklarının kızarmasına ve tahriş olmasına, çift görmeye, baş ağrısına, uyum ve adaptasyon zorluğuna, kontrast algılamasında zorluklara ve adaptasyon süresinin artmasına neden olur [2].



ŞEKİL: 4.3. Işık Şiddetinin, Görüş Keskinliği, Stres, Kontrast Duyarlılığı ve Göz Kamaşması Üzerindeki Etkileri.

4.2. Aydınlatma ve Üretim

Yapılacak işlerin zorluğu, inceliği ve dikkat gereksinimi arttıkça buna paralel olarak aydınlatma ihtiyacı da o oranda artar. Çünkü düşük aydınlatma seviyelerinde işçinin performansının düştüğü yapılan araştırmalarda kanıtlanmıştır. Şekil 4.4'te bir grup yaşlı ve genç çalışanlar arasında, laboratuvarında yapılan deneyler sonucu, aydınlatmanın performans üzerindeki etkileri incelenmiştir [2].



ŞEKİL: 4.4. Görüş Performansının, İki Ayrı Yaş Grubu Arasında Karşılaştırılması.

Fabrika ve bürolarda da araştırmalar yapılmıştır. Bir fabrikada aydınlatma 170 (lx) 'ten 340 (lx) 'e çıkartıldığı zaman üretimin % 4.6 oranında arttığı gözlenmiştir [2].

Holmos'ta bu tip araştırmaları değişik maden ocaklarında yapmıştır. Aydınlatmanın baret lambalarıyla sağlandığı bir ocakta, yaygın aydınlatma kullanıldığında üretimin kişi başına iki ay içinde % 5 arttığı tespit edilmiştir. Aynı araştırma değişik ocaklarda daha uzun süreli olarak yapıldığında kişi başı üretimin % 26'ya yakın oranlarda arttığı gözlenmiştir.

Maden Güvenlik Araçları Enstitüsü tarafından Kuzey Amerika Madenleri 'de yaptığı benzer bir çalışmada aydınlatmanın iyileştirilmesiyle vardiyada işçi başına düşen üretim miktarının (ton) % 17 arttığı görülmüştür [2].

4.3. Aydınlatma Ve Sağlık

Maden işçileri arasında, homojen olmayan düşük aydınlatma seviyesinden dolayı en çok Nystagmus hastalığı görülür. Nystagmus'un, göz bebeğinin dengesini kaybetmesi, baş ağrısı, baş dönmesi ve gece görmelerinin kaybolması gibi belirtileri vardır.

Madenlerde radyometrik enerji işçileri iki yönde etkiler.

- a)- Hücreleri doğrudan etkiler
- b)- Derinin üst yüzeylerinde deri tahrişlerine neden olabilir. Aynı zamanda işçinin biyolojik ritimlerini, fiziksel ve ruh sağlığını'da bozabilir.

Genelde yeraltında çalışan madencilerde güneş ışığı eksikliği meydana gelebilir. Bu da işçinin sinir sisteminin fonksiyonlarının zayıflamasına, D vitamini eksikliğine, vucudun direncinin zayıflamasına ve kronik bozuklukların oluşmasına neden olur. Bu etkilerin olmaması için madenlerde vardiya sistemi ile çalışma yapılır. Böylece işçinin güneş ışığından faydalanması sağlanır.

Aydınlatma ve insan vucudu arasında sürekli bir ilişki vardır. Bazı araştırmalara göre ışığın azalması insanda psikolojik depresyonlara ya da moral azalmasına neden olabilmektedir. Madenlerde kullanılan aydınlatma armatörleri değişik renkte ışık yayarlar. Örneğin civa buhar lambaları mavimsi beyaz ışık, yüksek basınçlı sodyum lambaları sarımsı ışık üretirler. Maden çalışma koşullarında soğuk yada sıcak ışıklar insanların psikolojik yapısını ve endoktrin sistemini etkilediği ispatlanmıştır. Kırmızı renk insanda heyecanı, kalp atışlarını ve kalp basıncını arttırır. Mavi ve yeşil ışık soğukkanlılık etkilerine

neden olur. Pempe de heyecan, adale gerilmileri ve saldırganlık azalır. Bunları madencilik açısından gözönüne alacak olursak; Portakal renkli yüksek basınçlı sodyum lambaları işçilerin üretimlerinin artmasına yardımcı olur. Civa buharlı lambaların mavimsi rengi depresyon etkisi yapabilir. Yeşil floresans tüpler, gözün yeşili dahaiyi ve zahmetsiz görmesi nedeniyle dünyada pek çok madende kullanılmaktadır. Sarı renk veren düşük basınçlı sodyum lambaları madenler için son derece etkili kaynaklardır [2].



BÖLÜM 5. MADENLER İÇİN IŞIK KAYNAKLARI

Alev sırdırmaz lambanın keşfedilmesiyle, yeraltı madenciliğinde patlama tehlikesi olmadan, ışık elde edilmesi problemi çözülmüştür. Bugün yeraltı maden aydınlatmasındaki problem maliyeti düşük, güvenli, çalışma ve moral açısından madenciye maksimum faydayı sağlayacak, en uygun kalite ve miktarda ışığı sağlamaktır.

5.1. Işık Üretimi

Bugün kullanılmakta olan elektrikli ışık kaynakları akkor aydınlatma veya foto aydınlatma ile ışık üretirler. Her iki ışık üretim sistemide yaygın olarak kullanılmakta fakat çalışma şekilleri, üretilen ışığın miktar ve kalitesi ile çalışma ve maliyetleri arasında büyük farklar bulunmaktadır.

Akkor lambalar tungsten flamanlı ve kuvars halojen kaynakları, ince ızgara veya fitil içerisinde gaz yakan lambaları içerir. Akkor hale gelen flaman veya fitilin sıcaklığına bağlı olarak spektrumun görünür bölgesinde sürekli bir spekturum üretilir.

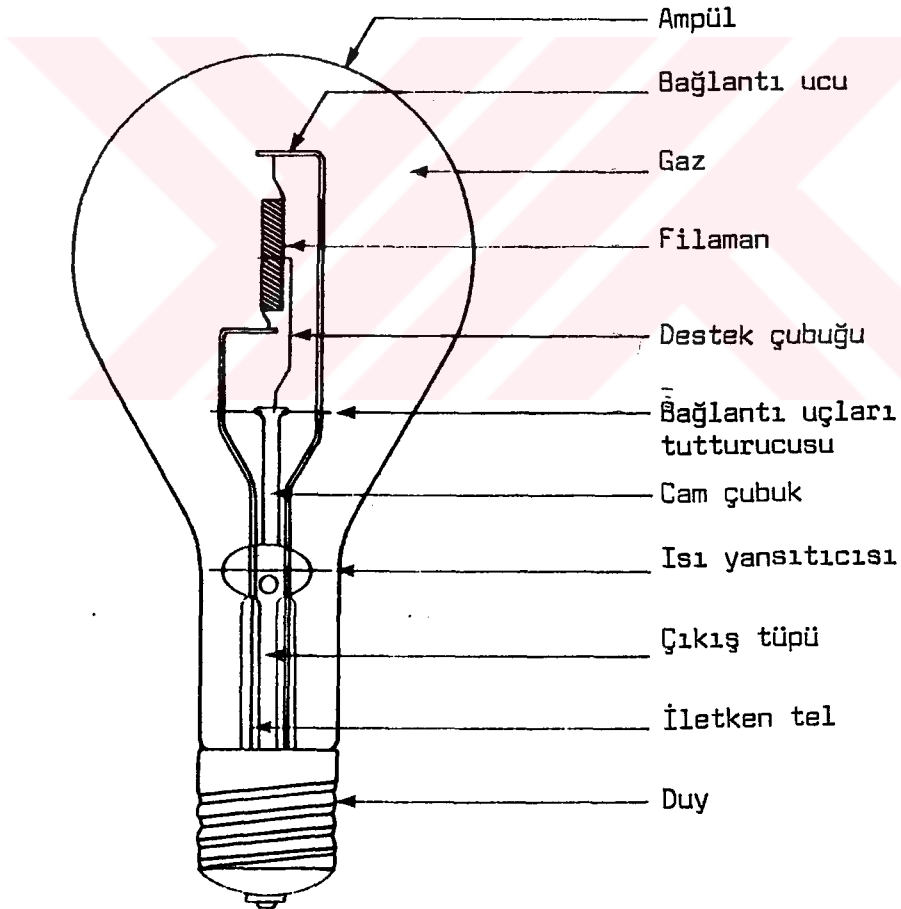
Foto aydınlatma, bir ark boşalma tüpünde elektron bombardımanı ile uyarılan nötr gaz atomlarının sonucudur. Bir elektrottan çıkan bir elektronun, nötr gaz atomunun bir elektronu ile çarpışması atomun bu elektronunu yörüngesinden koparır. Bu elektron yerinden koparken spektrumun görünür bölgesinde ya da mor ötesi bölgesinde bir ışımaya olur [2].

5.2. Tungsten Filamanlı Lambalar

Filamanın akkor hale gelinceye kadar ısıtılmasından dolayı akkor lamba olarakta bilinen tungsten filamanlı lamba bugün yeraltı madenlerinde en yoğun kullanılan lamba tipidir. Akkor lamba madencilerin başlık lambalarında hemen hemen daima, hareketli aygıtlarda büyük ölçüde ve aydınlatma tesislerinde de nadiren kullanılır [2].

5.2.1. Lambanın Yapısı

Şekil 5.1 tipik bir lambayı göstermektedir [2].



ŞEKİL: 5.1. Tungsten Filamanlı Lamba

Bu lamba bir gaz veya vakum içeren bir cam ampul içerisine yerleştirilmiş ve destek çubuğu ile tutturulmuş bir tungsten telden meydana gelir. 40W ve daha yukarı lambalar için dolgu gazı olarak genellikle lambanın gücüne bağlı olarak değişik oranlarda azot ve argon karışımı kullanılır. 40 W'tan küçük lambalar genellikle vakum tipindedir. Bütün ülkelerde baret lambalarında tungsten filamanlı ampüller kullanılır. Bu ampuller için en yaygın dolgu gazı kripton'dur. Dolgu gazı genellikle ampüle atmosfer basıncının % 80'inde pompalanır ve ampul normal gerilimde çalıştırıldığında bu basınç yaklaşık atmosfer basıncına yükselir [2].

5.2.2. Filamanın Yapısı

Tungstenin ergime noktası yüksek, buharlaşma oranı düşük, yayım karakteristikleri ve dayanıklılığı iyidir. Bu özellikleri nedeniyle akkor lambalarda filaman malzemesi olarak büyük bir oranda tungsten kullanılır. Tungsten ince bir tel halinde çekilir ve düz sarmal veya çift sarmal gibi bir çok şekle dönüştürülür. Bu şekiller elde edilecek ışık ve istenen kullanım amacına uygun en ekonomik ışık üretme ömrü arasındaki dengeyi sağlayacak şekilde tasarılır.

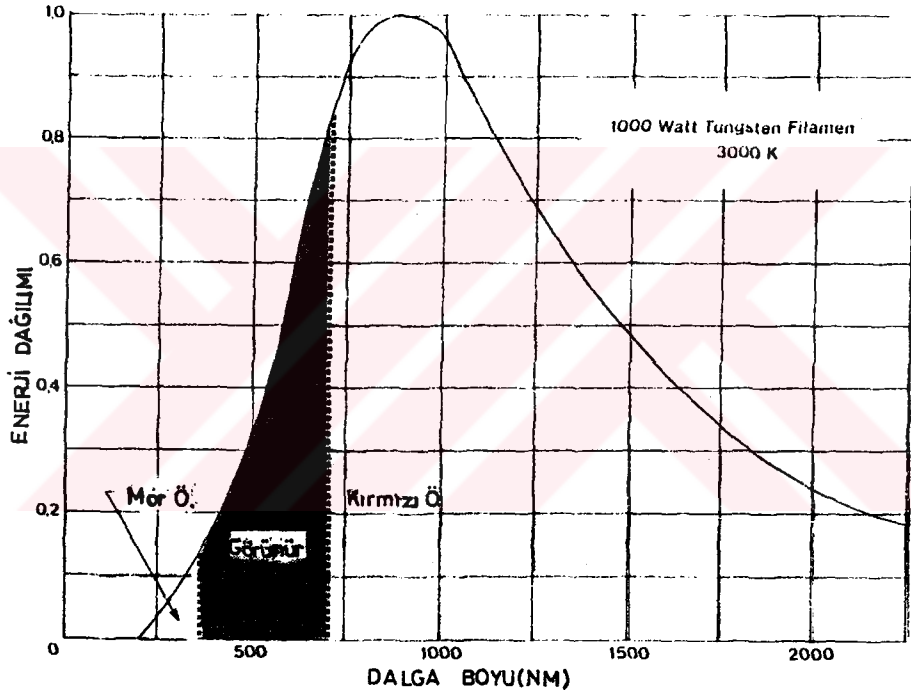
Lambanın etkinlik faktörü doğrudan filamanın sıcaklığı ile değişir. Sarmal filamanın ısı kaybı düşük, etkinlik faktörü yüksektir. Teorik olarak bir tungsten çubuk ergime noktasında iken 52 lm/w ışık üretir. Fakat lamba kataloglarındaki bir lambanın en yüksek etkinlik faktörü lamba kayıplarından dolayı 36 lm/w'tır. En düşük etkinlik 4 lm/w'tır.

Genellikle 750 saat ile 1000 saat arası lamba ömrü en ekonomik olanıdır. Ömür değerleri 5 saat'ten 1500

saat'e kadar değişir. Fakat 1500 saat ömürlü bir lamba bu uzun ömrünü düşük etkinlik faktörü ile sağlar [2].

5.2.3. Çalışma Karekteristikleri

Tungsten filamanlar; 2500 K-2300 K arasında çalışır-
lar ve gün ışığı ile aynı kısımda olmasa da sürekli spekt-
rumda ışın yarırlar. Beyaz bir ışık üretilir. Fakat Şe-
kil 5.2'de gösterildiği gibi spektral enerjinin sadece kü-
çük bir kısmı görünür bölgededir.



ŞEKİL: 5.2. Tungsten Filamanlı Lambalar İçin Spekt-
ral Enerji Dağılımı.

Enerjinin en büyük kısmı kızıl ötesi bölgede olduğun-
dan tungsten filamanlı lambalar çok ışık üretirler. Eğer
tungsten filamanın direnci arttırılmak suretiyle sıcaklığı
yükseltirirse görünür bölgedeki ışıma kızıl ötesi bölge-
sindekine göre daha hızlı artar ve etkinlik faktörü büyür,
buna karşılık lambanın ömrü azalır [2].

5.2.4. Özel Hizmet Lambaları

Madenlerde karşılaşılan çevre koşulları belirli olduğundan bu koşullara en uygun lambanın seçiminde dikkatli olunmalıdır.

Titreşimli ortam lambaları standart tungsten filamanlı lambalardan daha esnek filamanlı tasarlanır ve filaman destek çubuğu sayısı fazladır. Destek çubuğu sayısının fazla olması ısı kaybını arttırır. Bu da etkinlik faktörünü düşürür. Dirençli sarmal şekilli tungsten filamanlar düşük genlikli bile olsa sürekli titreşimle karşı karşıya kalırlarsa kırılırlar. Baskı istasyonları, pompa odaları ve taşıma bandı tesisleri düşük genlikli titreşimlerin görülebileceği ve titreşimli ortam ampüllerinin etkili bir şekilde kullanılabileceği yerlerdir. 25W'tan 150W'a kadar lambalar mevcuttur. Filaman sarkması ihtimalinden dolayı, istenen performansın elde edilebilmesi için dikey olarak monte edilmelidir. Şiddetli darbelere dayanmayabilirler.

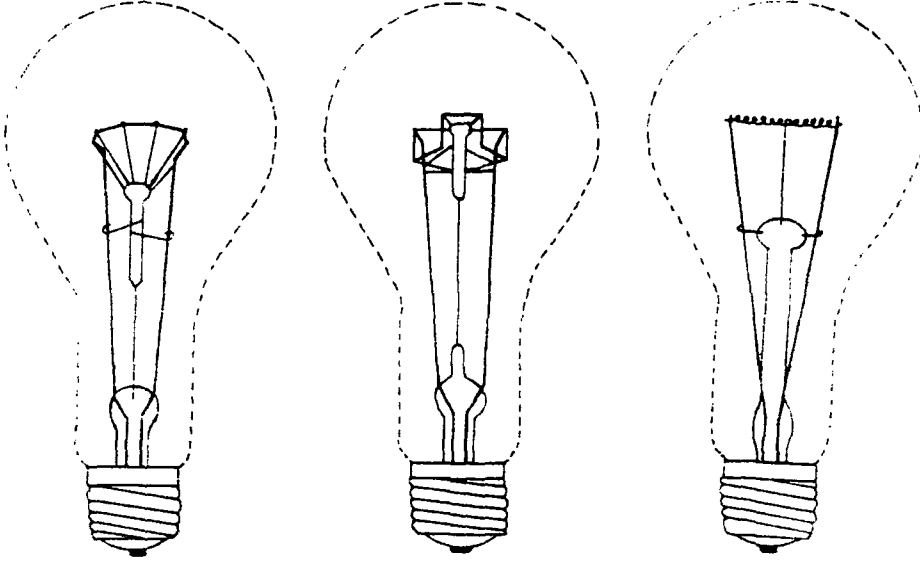
Ağır hizmet lambaları darbeye karşı dirençli özel filaman ve fazladan destek çubuklu olarak yapılmaktadır. 25 W'tan 500 W'a kadar güçte olanları mevcuttur ve her pozisyonda yanabilir. Bu lambalar madenlerde patlamalardan ortaya çıkan darbe titreşimlerine maruz kalan yerlerde kullanılır.

Kapsamlı hizmet lambaları; lamba yerleştirmenin zor olduğu yerlerde kullanmak için uzun ömürlü ampüle sahip olacak şekilde tasarlanırlar. Aışılmış lamba ömrü 1000 civarında iken kapsamlı hizmet lambalarının ömrü 2500 ile 3000 saat arasındadır. Yeraltı tamir atölyeleri, baskı istasyonları ve maden kuyuları gibi yerlerde ampül değiştirmek zararlı olabileceğinden kapsamlı hizmet lambaları en iyi seçimdir.

Isı lambaları spektral enerji dağılım eğrisi (Şekil 5.2) sağa doğru daha fazla kayacak şekilde tasarlanırlar. Bunlar standart lambalara göre ışık kaynağı olarak verimsizdirler. Fakat ısı enerjisi yayan kaynak olarak oldukça verimlidirler. Enerji ısı yayımı olduğundan bu lambalar yöneldikleri yüzeyi ısıtırlar, aradaki havayı ısıtmazlar. Bu lambalar hava akışı istenen ve normal yöntemlerle aydınlatmanın zor olduğu yerlerde değerlendirilirler. Yeraltında depo olarak kullanılan odalarda nem ile mücadeleye yardımcı olurlar.

Westinghouse "Tuff-Skin" veya Sylvania "Safe Line" gibi güvenlik lambaları darbeden etkilenmeyecek şekilde tasarlanırlar. Ampulün dışına geçirilen saydam bir lastik darbeyi yutar ve ampül kırılması oranını oldukça küçültür. Bu lastik saydam olduğundan ışık kaybı benzer standart lambalara göre % 5'ten daha azdır. Eğer cam kırılırsa dağılmaz. Ampülün üzerine su damlama ihtimali olan ıslak ocaklarda emniyetli lambalar kırılmaz, ancak bir standart lamba ani soğumanın etkisi ile çatlayabilir. Eğer insanların lambalara çok yakın çalışmaları gerekiyorsa bu ampüller ilave emniyet özelliği sebebiyle üstündürler.

Kripton lambaları madencilerin başlık lambalarında kullanılır. Kripton nispeten nadir asal bir gazdır ve etkinliği % 10 arttırır. Kriptonun pahalı bir gaz olmasından dolayı bu lambaların ortalama maliyeti normal lambalardan % 50'daha fazladır. Kripton, ani soğuma sonucu ortaya çıkan büzülmelerin ampul cidarında minimum olmasını sağladığı için lamba ömrü artar. Bu lambalar, özellikle lambaya ulaşmanın kolay olmadığı yerlerde ve ıslak ocaklarda kullanışlıdır. Şekil 5.3'te standart ve özel hizmet lambaları gösterilmiştir [2].



ŞEKİL: 5.3. Tungsten Filamanlı Standart ve Özel Hizmet Lambaları.

5.2.5. Avantajları

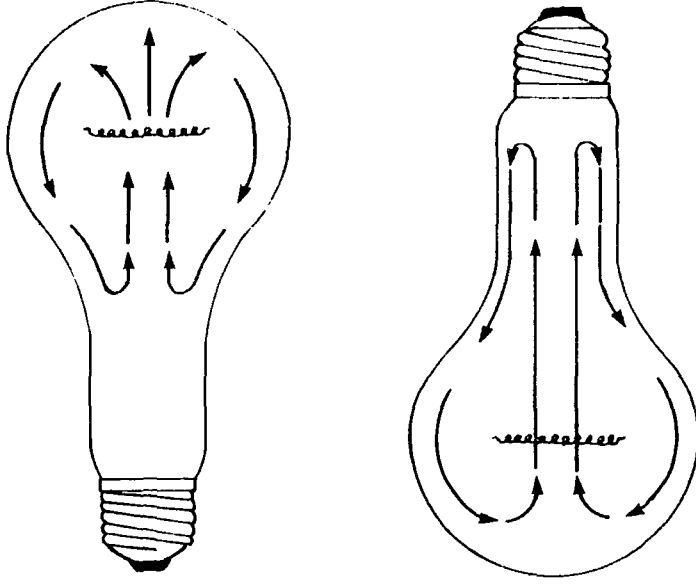
Tungsten filamanlı sistem başlangıç yatırımı bakımından en ucuz sistemdir. Ayrıca sistem esnektir. Bu lambalar Ac(alternatif akım) ya da Dc (doğru akım) ile çalıştırılabilirler.

60 Hz'de lamba ışığında titreme olmaz ve güç uygulanır uygulanmaz ışık hemen maksimum değerine ulaşır.

Çok çeşitli lambalar mevcuttur ve içinde çalıştırılacağı ortam ve koşullara uygun bir tungsten filamanlı lamba bulmak daima mümkündür [2].

5.2.6. Dezavantajları

Tungstenin buharlaşmasıyla oluşan ampül kararması vakumlu lambalarda önemli bir sorundur. Lamba içindeki konveksiyon akımlarından dolayı lamba kararması lambanın üst kısımlarında oluşur. (Şekil 5.4) [2].



ŞEKİL: 5.4. Lamba Kararması

Filamanın kolayca kırılabilmesinden dolayı tungsten filamanlı lambalar darbe ve titreşimlerden zedelenirler.

Tungsten filamanlı lamba fluoresans lambaya göre daha küçüktür ve kamaşma özelliği daha fazladır. Kızarmış filaman patlayıcı ortamlarda emniyetli değildir. Kömür madeninde bu lambalar kullanıldığı zaman özel önlemlerin alınması gerekir [2].

Bu lambaların etkinlik faktörü düşüktür. Giren elektrik enerjisinin sadece % 10 ile % 12'si elektromagnetik spektrumun görünür bölgesindeki ışıma enerjisine dönüştürülür [2].

5.3. Tungsten Halojen Lambalar

1960'larda tungsten halojen lambaların tanıtılması, filamanlı lamba teknolojisindeki ilerlemeyi gösteren bir ölçüttür.

Tungsten halojen lambalar genel amaçlı ışıqlandırma için hiç bir üstünlüğe sahip değildir. Fakat motorlu araç farları ve madenci başlık lambası gibi doğru ışık kontrolü gereken özel amaçlı lambalarda büyük değişikliğe yol açmıştır [2].

5.3.1. Özellikleri

Tungsten halojen lambalar $1.6.10^7$ cd/m² gibi yüksek bir parıltıya sahiptirler. 20 ile 27 lm/w olan etkinlik faktörü tungsten filamanlı lambalarınkinden yüksektir. Renk sıcaklık bölgesi daha beyaz bir ışık veren 3000 K ile 3400 K arasındır. 45 W'tan 5000 W'a kadar değişik güçte ve 200 saat'ten 5 saat'e kadar değişik ömürlü lambalar vardır [2].

5.3.2. Avantajları

Tungsten halojen lambanın büyük bir üstünlüğü ampül kararmasını ortadan kaldırmasıdır. Diğer üstünlükleri şunlardır;

- Lamba boyutunun küçük olması
- Diğer akkor telli lambalara göre uzun ömür ve yüksek etkinlik faktörü
- Lamba ömrü boyunca nispeten kararlı renk sıcaklığı ve lümen
- Küçük ampül ve filamanın ampul duvarına yakınlığı sebebiyle, optik sistemle birleştirildiğinde daha kolay ışık kontrolü [2].

5.3.3. Dezavantajları

Eğer tungsten halojen lamba kendi gücünden daha az bir güçte çalıştırılırsa filamanın ürettiği ısı halojenin yenilenmesini devam ettirmeye yetmeyebilir. . Bu da lambanın ömrünü oldukça azaltır.

Tungsten halojen lambalar yüksek parıltı kaynaklarıdır. Bu nedenle özellikle çevre aydınlatmasının az olduğu durumlarda gözün kamaşmasına sebep olurlar.

Üretici firma bakımından tungsten halojen lambanın sakıncası, ampülün; yüksek işletme sıcaklığına dayanabilecek sert camdan veya kuvarsdan yapılması zorunluluğudur. Buda ek bir maliyete neden olmaktadır [2].

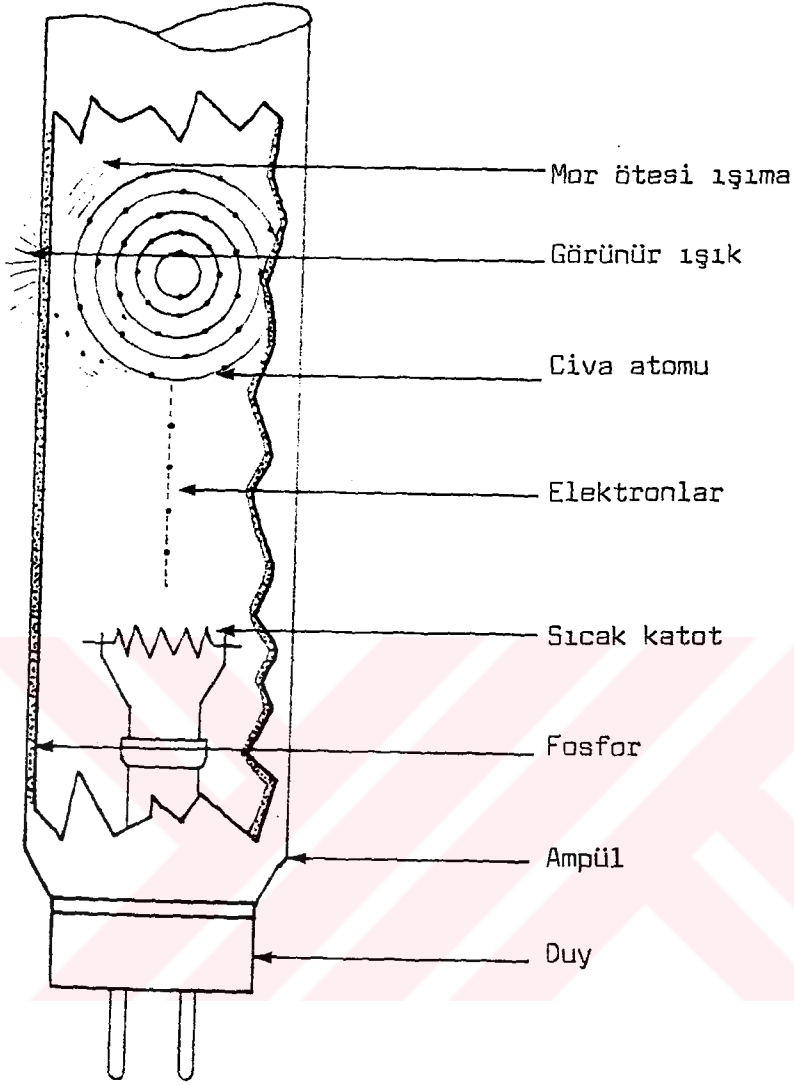
5.4. Floresans Lambalar

Floresans lamba; içinde civa buharı ve elektrotlar içeren, iki ucundan kapalı uzun bir tüpten oluşan elektriksel deşarj lambasıdır. Elektrotlar arasına uygun bir bir potansiyel farkı uygulandığında göz uyarılır ve bir akım akar. Gaz deşarjından çıkan ışımaya bir kırık spektrumdur ve yayılan enerjinin sadece küçük bir kısmı spektrumun görünür mavi kısmındadır. Yayılan enerjinin büyük bir kısmı 200 ve 300 nm arasındaki mor ötesi bölgededir.

Belirli silikat, tungsten, borat ve fosfat molekülleri mor ötesi ışımaya faydalı bir şekilde tepki gösterebilirler. Bu maddeler cam tüpün iç yüzeyine toz halinde kaplanır. Bu toz, alçak basınçlı civa buharlı ark deşarjının ürettiği mor ötesi ışımaya ile uyarılır ve bu yutulan enerjiyi görünür ışık halinde tekrar yayar (Şekil 5.5) [2].

5.4.1. Avantajları

Floresans lambalar maden aydınlatmasında tungsten lambalara göre bir çok farklı üstünlüklere sahiptir. Uzun ömür, yüksek etkinlik faktörü, iyi renk sağlama ve düşük yüzeysele parıltı bu lambayı gittikçe popüler hale getirmektedir.



ŞEKİL: 5.5. Sıcak Katotlu Floresans Lamba.

Sıcak katotlu floresans lambalar her bir katotta düşük filaman ısılarına sahip olması nedeniyle titreşim ve şoklardan daha az etkilenir. Elektrodları daha dayanıklı ve lamba ampülü daha güçlüdür. Lamba ömrü lambanın boyutuna bağlı olarak 500 ile 30000 saat arasında değişir.

Uzun floresans tüpler gölge üretmeksizin en iyi ışık dağılımı gösterir ve göz kamaşmasına neden olmaz. Tüpler 2.5 m. uzunluktan, 50 mm çapına kadar değişik boyutlarda üretilirler.

Fluoresans lambaların aydınlatma gücü 5000 cd/m^2 'den 20000 cd/m^2 'ye etkinliği 35 lm/w ile 85 lm/w arasında değişmektedir [2].

5.4.2. Dezavantajları

En büyük dezavantaj tüpün şeklinden kaynaklanmaktadır. Tüplerin genellikle uzun ve dar olması nedeniyle kolayca kırılabilirler.

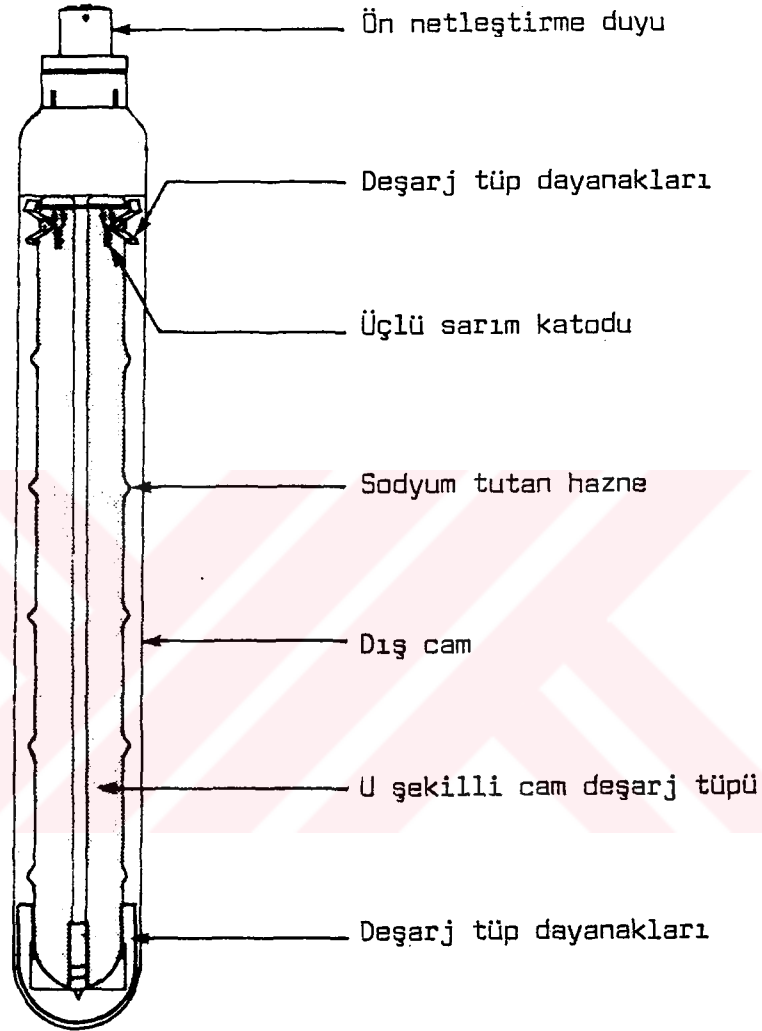
Fluoresans lambalar (DC) doğru akıma adapte edilebilir. Bu tür uygulamalar yeraltı madenciliğinde daha çok yaygındır [2]. Fakat güç ihtiyacı böylesi durumlarda daha fazladır. Lamba (startı) ilk çalıştırılması genellikle güçtür ve lamba ömrü (AC) alternatif akımı uygulamalarında elde edilenin % 80'idir. Işık akısı (lumen)düşüşü doğru akımlarda (DC) daha çoktur. Elektronların akışı sadece bir yönde olduğu için tüpün bir tarafında siyahlık oluşabilir.

Düşük sıcaklık çalışmaya başlamayı zorlaştırır ve ışık şiddetini düşürür. Yüksek nem ampül yüzeyinde ince, bir su tabakası şeklinde oluşabilir ve yüksek başlama gerilimine ihtiyaç gösterebilir. Ampül yüzeyinin silikonla kaplanması veya ön ısıtma devreleri neme bağlı ilk çalışma güçlülüğünü azaltır [2].

5.5. Düşük Basıncılı Sodyum Lambaları

Lamba içerisinde silindirik cam bir zarfın taşıdığı U şekilli sodyum rezistansla kaplanmış bir borat'tan oluşur. Dış cam zarfının iç tarafında kaplanan indiyumoksit ısı kayıplarını azaltır, verimi yükseltir. U tüpün içinde 235°C 'de çok az bir miktarda sodyum bulunur. Neon, Argon, Xenon ve Helyum gibi gazlar ilk çalıştırmayı kolaylaştırmak için bulunur. Dış cam zarfın etrafında arkten

kaynaklanan ısı kaybını önlemek için yüksek basınç uygulanmıştır. Şekil 5.6'da bir düşük basınçlı sodyum lambasına ait şematik şekil görülmektedir [2].



ŞEKİL: 5.6. Düşük Basınçlı Sodyum Lambası

Normal yerleştirme çoğunlukla yatay ve yataya yakındır. Fakat düşük voltajlı lambalarda genelde dikey konumlandırılırlar. Lamba ömrü, lamba konumuna göre 10000 ile 18000 saat arasında değişir. Aydınlatma verimi 183 lm/w'a ulaşacak kadar yüksektir [2].

5.5.1. Avantajları

Düşük basınçlı sodyum lambalarının devamlı veya kesik aydınlatmalarda % 10 daha iyi olduğu araştırmalar sonucu gözlemlenmiştir.

Düşük basınçlı sodyum ışığı tekrenk (monocromatik)'tir. Ve sadece tek renkli görüntüler üretir. Bu kaynak maden aydınlatmasında önemli unsurlardan biri olan odaklamaya kolayca izin verir.

Bu lambalar, diğer endüstri dallarına oranla madencilikte daha fazla yaygındır. Lambalar eskidikçe daha fazla enerji harcadıkları öne sürülmektedir. 18000 saat'ten sonra 35 W'lik lamba 44 W ve 180 W'lik lamba 240 W tüketir.

Sarı ışığın kırılmadan etkilenmesi çok daha az ve düşük yayılma indekslerine sahip olması nedeniyle ışığın aktarma kayıpları azalmıştır. Işık su partikülleri veya toz parçacıkları arasından geçerken kesilmez. Bu nedenle bu tür ışık sisli ve tozlu atmosferlerde güçlü nüfuz özelliğine sahiptir. Diğer bir avantajda 555 nm fotopik görme dalga boyunda oluşan, insan gözüne en yakın bir spektral ışık çıkışı vardır. Sodyum tarafından üretilen dalga boyu 589 nm'dir [2].

5.5.2. Dezavantajları

Işık çıkışının tek renk (monocromatik) ve renk yansımalarının zayıf olması nedeniyle bu ışık altındaki tüm nesneler sarı ve gri gölgeler şeklinde görülür.

Yapılan araştırmalar madencinin düşük basınçlı sodyum lambaları altında fiziksel bazı rahatsızlıklara yakalandığı görülmüştür. Doğru akımda tavsiye edilmeyen bu

lambaların hareketli ekipmanlarda kullanılması güçtür.

Tüp kırıldığı zaman içerisindeki sodyum serbest kalarak çok hızlı bir şekilde su ile reaksiyona girer, bu da metan-hava karışımını tutuşturabilir. Bu nedenle kömür madenlerinde kullanılmasına izin verilmez. Kırılma esnasında cam parçacıkları havada uçuşurlar. Bu nedenle parçacıklardan korunmak için özel önlemler alınmalıdır. Spot aydınlatma için kullanılmazlar. Lambanın iki ucu bulunması nedeniyle arka kısımda oluşan karanlık bölge ışık şiddetini azaltabilir [2].

5.6. Yüksek Duyarlıklı Deşarj Lambaları (HID)

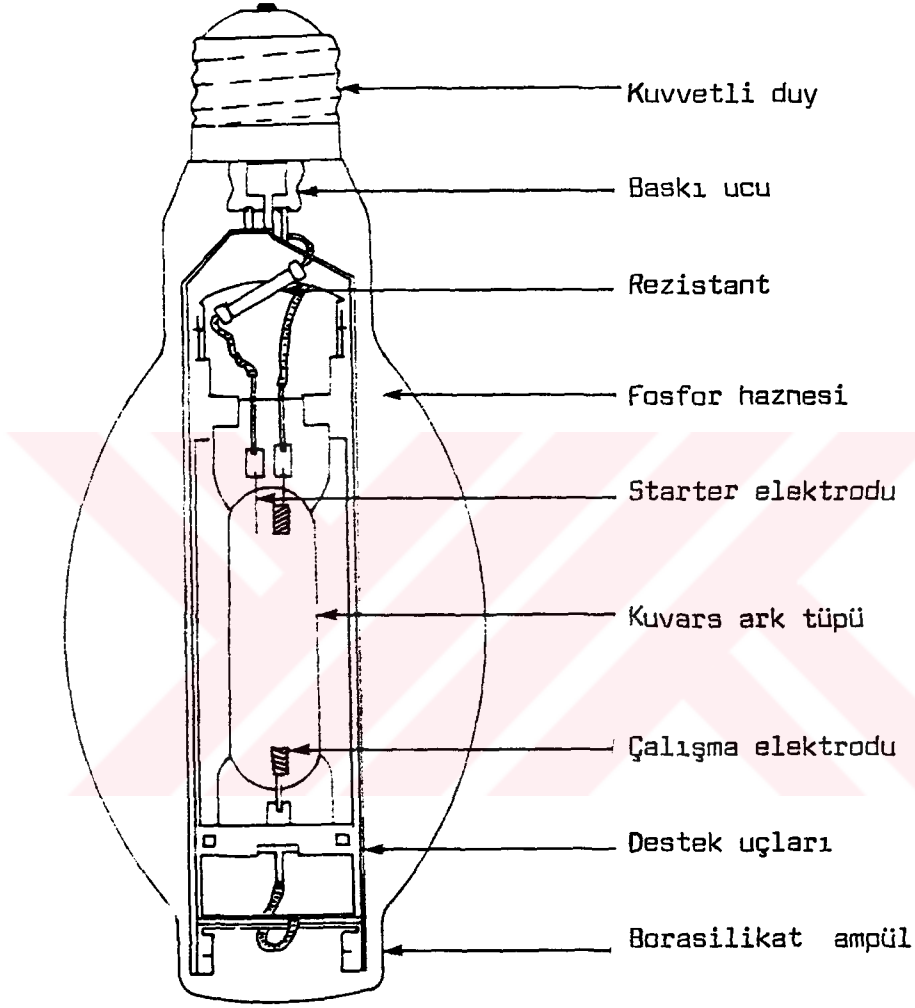
Tüm HID lambaları başlatma gerilimi ve sınır bir akıma gerek duyarlar. Çoğu HID lambalarının tam aydınlatmaya ulaşması bir kaç dakika sürer. Bekleme zamanı lambanın tipine ve verdiği ışık şiddetine göre değişir. Arkin durması için gazlar buhar basıncının olduğu noktaya soğutulmalıdır. HID lambalar ışık kaynağının iç tarafına yerleştirilmiş bir kuvars koruyucu ile satılırlar. Enerji kesildiğinde kuvars koruma lambası otomatik olarak ışık gücünün % 60'ına ulaşınca kadar aydınlatma sağlar. Madenlerde şu anda 3 tip HID lambası kullanılmaktadır.

- 1)- Civa buharlı lambalar
- 2)- Metal halinde lambalar
- 3)- Yüksek basınçlı sodyum lambalar [2].

5.6.1. Civa Buharlı Lambalar

Elektronlar ve civa atomları arasındaki çarpışmalar, ark iyonizasyonunda civa atomları, civanın karakteristik tayfının oluşmasını sağlar. (404.7, 435.8, 546.1 ve 577.9nm)

Bu, civa atomlarının dış elektronları normal durumlarına döndükleri ve yayılım enerjisinin serbest kalışı ile oluşur. Şekil 5.7'de bir civa buharlı lamba görülmektedir [2].



ŞEKİL: 5.7. Civa Buharlı Lamba

Bu lambalarda filaman kopmasının olmaması, ömürlerinin 10000 saat ile 24000 saat arasında olması, 35 ile 65 lm/w arasında değişen güçlerinin olması, akkor telli lambalara göre daha çok tercih edilmelerine neden olur.

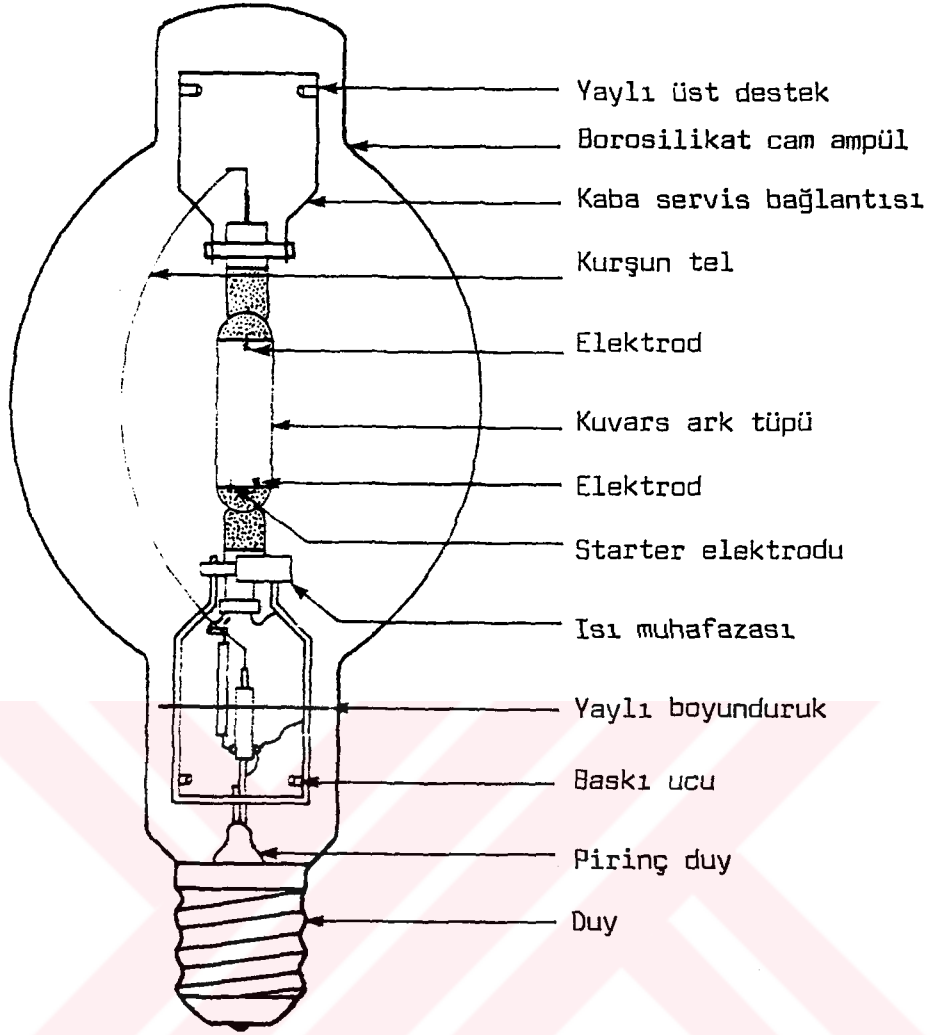
En önemli dezavantajları, tam parlaklığa ulaşmak için, 7 ile 9 dakika arasında bir ısınma süresi gerekliliğidir. Kısa bir kesiklikten sonra lambanın soğuma zorunluluğu nedeniyle, yeniden çalışabilmesi için 10 dakikalık bir süreye ihtiyaç vardır. Bunlara ek olarak ı ışık yoğunluğunun yüksek olması ve göz kamaşmasına neden olması da bu tip lambaların bir dezavantajıdır. Yüksek başlama voltajının gerekli olduğu hallerde soğuk hava koşulları problem teşkil edebilir. Bu durum arkın oluşmadığı hava koşullarında ısıtıcılı ekipmanların ve özel balastların kullanılmasını zorunlu kılabilir.

Diğer bir dezavantajı insan sağlığı üzerindeki etkisidir. 1973 Eylül'ünde İngiltere Radyolojik Sağlık Bürosu'nun bir yayınında metal halinde lambalarda ve civa buharlı lambalarda radyoaktivite tehlikesinin olduğu açıklanmıştır.

Bu lambaların dış zarfı kırılmış veya yırtılmış ise kısa dalga ultraviyole ışınları yayar. Bu da ciddi bir deri yanıklarına ve göz yanılmalarına neden olur [2].

5.6.2. Metal Halide Lambalar

Bu tür lambalar civa buharlı lambalara çok benzer fakat sodyum iodit, thalyum iodit ve indiyum iodit'şeklinde metal halojenler içerir. Bunlar kırmızı ve sarı ışık üretirler. Civa buharlı lambaların yeşil ve mavi renkleri ile karıştıktlarında daha iyi renk kalitesi, yüksek kaynaklı parlaklık verirler. Ayrıca aynı voltajdaki civa buharlı lambalardan % 50 daha fazla bir verim elde edilir. Şekil 5.8'de metal halide lambasının yapısını göstermektedir [2].



ŞEKİL: 5.8. Metal Halide Lambası

Ark tüpleri 10 mm ile 50 mm uzunluğunda ve 10 mm ile 25 mm çapında olabilir. Genellikle güçleri 75 W, 175 W, 300 W, 400 W, 1000 W ve 1500 W'tır. Ayrıca özel kullanımlar için 3500 W'lık olanlarda vardır. Tüm tipler titreşim ve şok dirençlerine karşı özel olarak imal edilmiştir. İlk çalıştırmada yüksek voltaja gereksinim vardır. Doğru akım (DC) sistemlerinde tavsiye edilmezler. Yüksek voltaj gereksinimleri nedeniyle çalışma ömürleri kısadır. Örneğin 1500 W'lık bir metal halide lamba konumuna da bağlı olarak çalışma ömrü sadece 3000 saat'tir. Ayrıca yeniden ateşleme zamanının 10 ile 20 dakika arasında değişmesi bu lambaların bir diğer dezavantajıdır. Bu lambalar madencilikte

sık kullanılmazlar. Düşük voltajlı olması uygun olduğu halde, ışık kaynağı parlaklığının yüksekliği çoğu madencilik uygulamalarında uygun değildir [2].

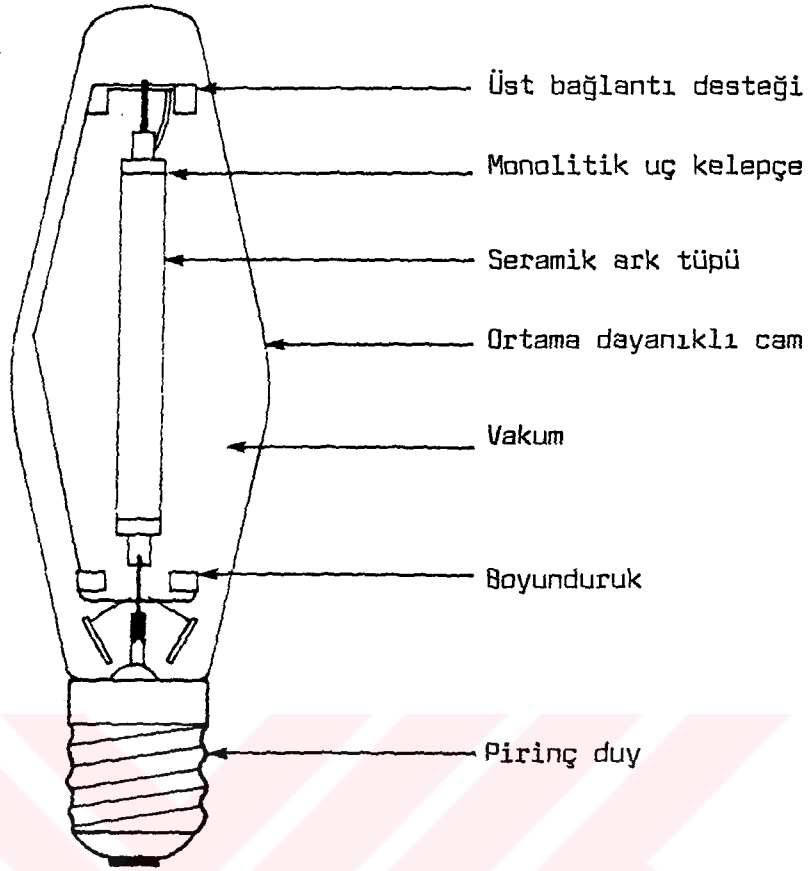
5.6.3. Yüksek Basıncılı Sodyum Lambaları

Yüksek basınçlı sodyum lambaları yeraltı madencilik aydınlatmasında geniş avantajlar sağlar. Onların imal, çalışma ve radyasyon karakteristikleri diğer yüksek yoğunluklu deşarj lambalarının tersinedir.

Ark buharı, seramik kompakt bir ark tüpü içerisinde çok yüksek sıcaklıklarda muhafaza edilmiş Xenon ve sodyum civa buharlarından oluşmaktadır. Yüksek basınçlı olarak adlandırıldıkları halde gerçekte atmosfer basıncından daha düşük bir basınçları vardır. Düşük basınçlı sodyum lambalarının tersine kullanılan sodyum miktarı çok düşüktür ve tüp kırılmalarında sodyumun su ile reaksiyona girip tehlike oluşturma ihtimali düşüktür. Lambalar genelde 110-115 lm/w'lık ışık üretirler. Lambalar tam aydınlatmaya civalı lambalara göre daha az zamanda ulaşır. 400 w'lık lambaların ömürleri 20000 ile 24000 saat arasındadır. Düşük voltajda düşük ömürler tespit edilmiştir. Şekil 5.9'da bir yüksek basınçlı sodyum lambası verilmiştir.

Lambalar, 1 dakikadan az sürede ve herhangi bir normal sıcaklıkta ateşlenebiliyorlar. Lambadaki sodyum buhar basıncının değişimi, renk dönüşümünü etkiler.

Civa buharlı ve metal halojen kaynakların tersine çok az ultraviyole ışık yayarlar, bu nedenle özel koruma tedbirlerine gerek yoktur. Doğru akım (DC) sistemlerinde tavsiye edilmez. Alternatif akım (AC) uygun bir balastla gerekli ateşleme akımını sağlar [2].



ŞEKİL: 5.9. Yüksek Basıncılı Sodyum Lambası

5.7. Madencilikteki Işık Kaynaklarının Karşılaştırılması

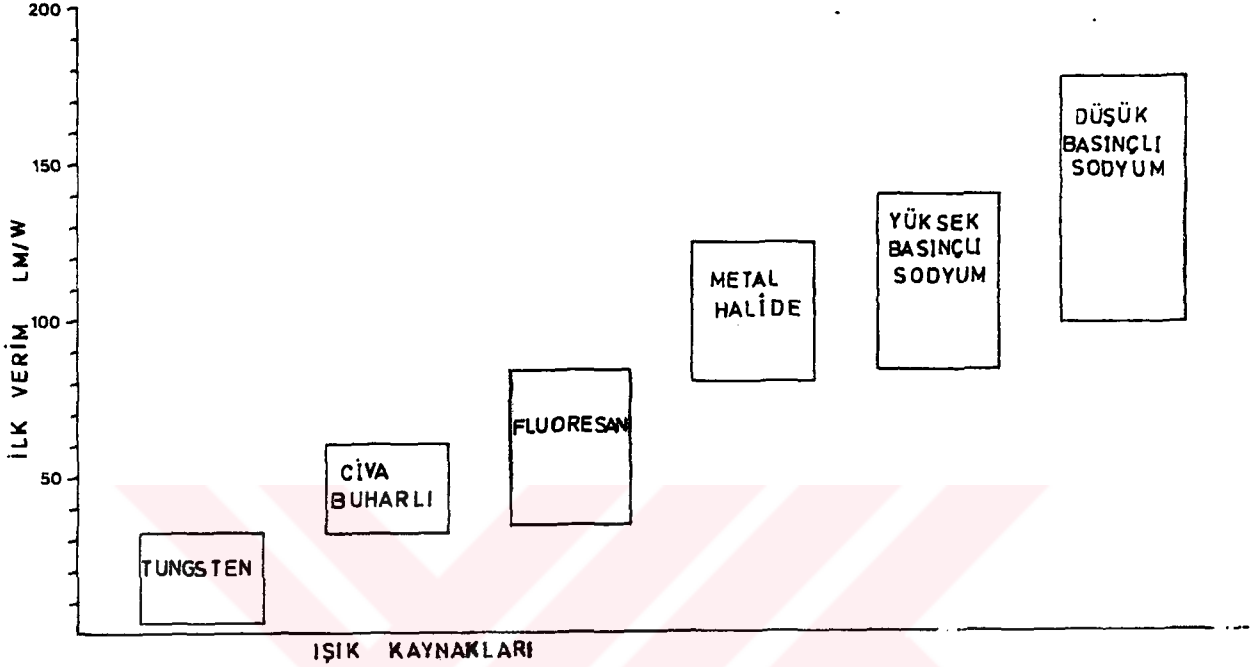
Arkada madencilikte kullanılan ana yedi ışık kaynağının karşılaştırması verilmiştir (Tablo 5.1).

Yüksek basınçlı sodyum en pahalı, tungsten filamanlı ise en ucuzdur. HID, kaynakları için ortalama aktarım ömürleri belki yanlış değerlendirilebilir. Fakat lambaların ifade edilen zaman aralığında ışık vermeye devam edebilecekleri gibi, lümen çıktıları azaltılabilir veya güç tüketimleri ömürlerinden daha kısa bir zamanda oluşacak olası bir genleşme için arttırılabilir.

TABLO: 5.1. Madencilikteki Işık Kaynaklarının Karşılaştırılması [2].

Işık Tipleri	Ortalama aydınlatma Cd.m ⁻² (Açık Ampul)	Ortalama Ömür (saat)	Maliyet (Fiyat ranta)	D.A Işık	Isınması Süresi Dakika	Tekrar Çalışma Süresi (dak.)	Renk Görünüşü ve Renditions
Tungsten Filament	10 ⁵ -10 ⁷	7560-1000	7	evet	-	-	Sıcak,beyaz-dan sarıya çökiyi rendition
Tungsten Halogen	2x10 ⁷	5-2000	4	evet	-	-	Sıcak,beyaz zayıfsarı mükemmel renditions
Fluoresans	5.10 ⁵ -2.10 ⁵	500-30.000	3	evet	-	-	Sıcak,beyaz mükemmel rendition
Cıvalı buhar	10 ⁵ -10 ⁶	1600-24000	6	evet	7-9	3-10	Soğuk(serin) mavi-beyaz iri rendition
Metal Halide	5.10 ⁶	10000-20000	2	evet	2-5	10-20	Soğuk,mavimsi orta rendition
Yüksek basınçlı sodyum	10 ⁷	12000-24000	1	tasviye edilmez	3-4	0.5-1	Sıcak altın sarısı idare edecek mik. rendition
Düşük basınçlı sodyum	10 ⁵	10000-18000	5	tasviye edilmez	7-9	1-2	Sıcak kehribar renkli az rendition

Enerji maliyetleri artarken çeşitli ışık kaynaklarının verimi üzerinde büyük ölçüde araştırmalar yapılmaktadır (Şekil 5.10) [2].



ŞEKİL: 5.10. Madencilikteki Işık Kaynaklarının Verim Sıralaması.

5.8. Balast

Bütün yüklenmemiş lambaların, filamanları ısıtmak, doğru voltajı sağlamak, elektronlar arasındaki arkı başlatmak ve lamba yanarken akımın kontrol edilebilir bir limite kalabilmesi ve direnç gibi davranabilmesi için balasta ihtiyaç vardır. Balastlar, elektrik akımını kontrol ettiği için boğucu, kısııcı olarak da adlandırılırlar. Bu kontrol fonksiyonu çok önemlidir. Çünkü lambanın direnci ark oluşturulduğunda oldukça düşüktür. Balast lamba üreticileri tarafından tavsiye edilen değerlerde akımı sınırlamak için kullanılır. Yanlış balast kullanımı hem lambanın ömrünü, hemde ışık çıktısını azaltır.

Ballastın emniyetli düzenlenmesi gereğinin bir sebebi, üretilen ısıların iletken olmasına yol açmasıdır. Eğer ısı bir madende problemse düşük ısı veren balastların kullanılması gerekir. Fazla ısı balastların ömrünü kısaltır [2].

5.9. Yansıtıcılandırılmış Lambalar

Ampülün bir parçasının yansıtıcı olarak kullanılması için dizayn edilmiş lambalardır. Ampüller özel olarak şekillendirilebilir. PAR veya EAR lambalarında olduğu gibi veya R lambalarındaki gibi standart tipte olabilirler. Bu üç tipte de, metalik kaplama, buğlama, buharlaşmış alüminyum veya ampül yüzeyinde gümüş olarak uygulanır [2].

5.9.1. PAR Lambaları (Parabolik Alümine Edilmiş)

PAR kelimesi, parabolik alümine edilmiş yansıtıcıdan gelir. Cam ampüller parabol şeklindedir. Parabolik olan yansıma ışık dağılımına yardımcı olur. Lamba, ışık kaynağı, yansıtıcı ve lensle birlikte aydınlatma sistemini oluşturur. Yansıtıcının parabolik şekli, yansıtıcının odaklanma noktasında filamentin olması nedeniyle dar bir ışık şüası üretir. Eğer dış kılıf lensi pirizma içine kesilirse ışık istenilen yayılım modelleri üzerine düşürülebilir.

PAR civa-buhar lambası genellikle makina farları için üretilir. Bu lambalar, tungsten filamentli lambanın on katı kadar bir ömürleri vardır. Ayrıca güçleri 30 ile 65 lm/w' a kadar ulaşabilmektedir.

PAR lambaları 25 W ve 1500 W arası güçlerde bulunurlar. Kendi optimal sistemleri olduğundan genel lambalarla karşılaştırıldığında onlardan büyüktürler. Titreşim ve şoka karşı da genellikle çok dayanıklıdırlar.

Bazı uygulamalarda PAR lambasında renklendirilmiş ışığın kullanılmasının da faydalı olduğu görülmüştür [2].

5.9.2. EAR Lambaları (Eliptik Alümine Edilmiş)

EAR kelimesi eliptik alümine edilmiş yansıtıcıdan gelmektedir. Eliptik biçimdeki bir ampülün kullanılması merceğin 500 mm önünde bir noktada ışık yayınının odaklaşmasına neden olur "X" kuralı diye bilinen bu kural havalandırmadaki yayını ve ampül içindeki aydınlanmayı engeller.

Madencilikte EAR lambaları vagonların kenarındaki iletim noktalarının aydınlatılmasında kullanılır. Eğer iletim noktaları kapalı devre sistemi sayesinde seyredilirse, kaynaktan direkt olarak monitöre bir ışık gelmemesine rağmen televizyon ekranında net bir görüntü elde edilebilir. Bu lambalar ayrıca kırma istasyonlarında da kullanılabilir [2].

5.9.3. R Lambaları

R tipi reflektör lambalarında standart tek parça bir cam kullanılırken, PAR lambalarında tek bir ünite üzerinde oturtulmuş iki parça cam kullanılır. Işık dağılımının kontrolü iyi olduğundan bu lambalar kullanışlıdır. Işık dağılım doğrultuları dar bir noktadan geniş bir alana kadar değiştirilebilir.

5.10. DeneySEL Maden Aydınlatması

Son zamanlarda yeraltı madenciliğinde önemli uygulamaları olan çeşitli kaynakları geliştirmek için değişik çalışmalar yapılmaktadır [2].

Bunlardan bir kaç örnek:

- 1)- Acil chemiluminescent lambaları,
- 2)- Minyatürleştirilmiş düşük basınç civa/ fluoresans lambaları,
- 3)- Minyatürleştirilmiş yüksek voltaj metal halide lambaları,
- 4)- Düşük watt'lı metal halide lambalar,
- 5)- Yoğun U tipli tüp fluoresans lambalar,
- 6)- Vortex-stabilize edilmiş discharge lambaları.



BÖLÜM 6. MADEN AYDINLATMA ÖRNEKLERİ

Maden aydınlatma örnekleri 5 ana kısımda incelenir|2|.

- 1)- Taşınabilir ışık kaynakları,
- 2)- Baret lambaları dışındaki taşınabilir lambalar,
- 3)- Makinelere monte edilebilen lambalar,
- 4)- Ana bir kaynaktan beslenen kalıcı bir şekilde tesbit edilen lambalar,
- 5)- Kazı arınının aydınlatılması (Maden aydınlatması-
nın en zor kısmıdır).

6.1. Baret Lambaları

Yeraltı madenciliğinde aydınlatma açısından en önemli ve en çok kullanılan ışık kaynağı, madencinin baretinde taşıdığı baret lambasıdır. Günümüzde el lambaları hemen hemen hiç yoktur. Tüm dünyada madencilerin kullandığı baret lambaları kullananın ellerini serbest bir halde bıraktığı gibi, aynı zamanda da önünü aydınlatma işini de yapmaktadır. Bu lambaların enerji kaynağı akülerdir ve genellikle madencinin kemerine katılır. Toplam ağırlığı 2-2.5 kg civarındadır. Işık kaynağı açısından baret lambaları üç'e ayrılır:

- 1)- Tungsten filamanlı
- 2)- Floresans
- 3)- Tungsten halojen

6.1.1. Tungsten Filamanlı Baret Lambaları

Tungsten filamanlı baret lambaları 70 yıldan beri kullanılmaktadır. Bu lambalar değişik şirketler tarafından ve değişik isimler altında üretilmelerine rağmen şaşırtıcı bir şekilde bütün lambalar tasarım, ağırlık ve çalışma karakteristikleri açısından birbirinin aynıdır. Ağırlıkları 2-2.5 kg'dır. Güç ise nikel kadmiyum alkali piller veya kurşun asit pillerle sağlanır. Barete takılan lambanın kafa kısmı 0.15 kg ve su geçirmezdir. Parabolik bir yansıtıcısı, önde güvenlik için cam lensleri, açma kapama düğmesi, ampül, fokus ayarı ve emniyet için ikinci bir ampülü vardır. Güvenlik önlemi olarak, bütün ampül kafaları iki kaynaktan beslenmektedir. Bu iş için iki yöntem vardır. Bunlar içine kripton doldurulmuş aynı ampülde iki ayrı filaman veya iki farklı ampül'dür. Tipik iki filamanlı tek lambada her filaman için 4 volt ve 1.2 amper akım ihtiyacı vardır. Her filamanın ömrü kripton doldurulmuş ampülle 200 çalışma saatidir. Lambanın ömrü alternatif akım (A.C) testine bağlıdır. Eğer doğru akım (D.C) kullanılırsa ömür 3-4 kat artabilir. Açma-kapama düğmesiyle iki filaman beraber veya ayrı ayrı yakılabilir. İki filamanlı lambaların aynı anda ikisinin de yanmama (Ampülün kırılması) tehlikesi vardır. Kuzey Amerika ve Avrupa kıtasında iki filamanlı lambalar kullanılmaktadır. Çünkü üretici firmalar ampülün kırılma tehlikesinin çok küçük bir ihtimal olduğunu iddia etmektedirler.

Tungsten filamanlı lambalar, genellikle güç olarak kurşun asit bataryalarla kullanılır. Bu lambalar 4 volt gerilimde, 12 A/saat akım çekerek, 10 saat çalışabilmektedirler.

Batarya taşıyıcı kutu genellikle hafif, güçlü ve aşınmaya karşı dayanıklı bir plastik olan Poly Carbon'dan yapılmaktadır. Bataryanın alt kısmı ekstra bir taban veya

metal ile güçlendirilmiştir. Batarya üzerinde ufak pencereler vardır. Bunların sayesinde içerdeki elektrolit seviyesi gözlenebilir. Alkali bataryalar oldukça yaygın olmasına karşın şarjdan sonra yüksek akım vererek ampül ömrünü kısaltırlar, ayrıca maliyetleride oldukça yüksektir. Buna rağmen sızdırmazlıklarının iyi olması, hafif ve uzun ömürlü olmaları devamlı gündemde kalmalarına neden olmuştur. Almanya'da iki veya üç hücreli alkali bataryalar, İngiltere'de ise iki hücreliler kullanılmaktadır. Gazlı madenlerde aşırı voltajda kıvılcımla grizu patlamasını önlemek için bataryanın üstünde bir sigorta vardır. İlave güvenlik sağlamasına da uygundur. Bir manyetik kilitte kapatılan piller sadece görevliler tarafından güvenli bir yerde açılabilirler. Başa takılan lambalarda ise cam plakanın çıkmaması için bir kilit kullanılabilir. Baret lambalarının özel tipleri vardır. Renkli ışık verenler veya flaş ışığı verenler (özellikle tehlikeli yerlerde işaret amacıyla) ve ayrıca sesli uyarı sinyalleri verenleri de vardır. Kullanılan lambalar var-diya sonunda şarj edililer [2].

6.1.2. Floresans Baret Lambaları

Tungsten filamanlı lambaların ciddi bir eksikliği küçük bir dairesel alanda dar bir ışık yayılımı vermesidir. (Çevreyi iyi aydınlatamamalarıdır). 1970'lerde Amerika'da yapılan araştırmalarda kazaların büyük bir bölümünde çevresel aydınlatmanın yetersizliğinin rol oynadığı görülmüştür. Bu nedenle daha iyi çevre aydınlatması ve merkezi fokuslama özelliğine sahip lambalar araştırılmıştır. Bu araştırmalar sonucu Floresans Koplite (Fluorescent caplite) lambaları üretilmiştir. Bu lamba, tungsten filamanlı lambadan 4 kat daha fazla ışık üretmektedir ve bu ışığı yanlara 120° yatay ve 90° dikey olarak yaymaktadır. Bu tip lambaların çevre aydınlatması iyi olmasına karşın ışığı bir noktaya yönlendirmesi yoktur. Madencinin

iş yaparken, iş yaptığı yeri tungsten filamanlı baret lambaları kadar aydınlatamadıkları gibi 125 gr'da daha ağırdırlar. Lamba 10 saat devamlı çalışabilir. Kurşun asit bataryası ile kullanılır.

Eğer iki lamba arasında işçiler için bir seçim yapılacaksa kuyuyu kontrol edenler (kuyu tahkimatını, kafes teşkilatını kontrol edenler), yeraltında jeolojik log alanlar, LHD'lerin dizel motorlarında çalışan teknisyenler, tahkimat yerleştirenler için fluoerans lambaları daha uygundur [2].

6.1.3. Tungsten Halojen Baret Lambaları

1976'da MİROC (Mining Industry Research Organization of Canada) baretle birlikte kullanılabilecek bir kuvars halojen lamba bulmak için değişik araştırmalar yaptı. Araştırmalar sonucu Philips ampul seçildi. Ampül diğer benzerlerinin yarısı kadar olduğu halde iki kat daha fazla ışık veriyordu. Orjinal prototiplerinde birde reflektör kullanıldı. Reflektörün merkez kısmı parabolikti ve kenarlara doğru küre halini alıyordu. Bu şekilde madencinin önünü kuvvetli bir şüa ile aydınlatırken, 150°'lik bir açıyla çevreyi aydınlatmaktaydı. Bundan dolayı ek bir güvenlik sağlıyordu.

Kuvars halojen lambalar 0.45 A çekmekteydi. Ampül, reflektörün odak noktasına göre pozisyonu ayarlanabilen bir duya bağlanıyordu lamba, tungstenin yardımıyla % 50'lik bir artışla 300 saat'lik bir ömre sahipti. Ayrıca ışığın altında bir destek ışığı sağlandığı için bir ampül içinde ikinci bir filamana gerek duyulmamıştır. Ana ampülün yanması halinde diğer lamba otomatik olarak devreye girmektedir. Denemeler bunun çok iyi bir şekilde gerçekleştiğini göstermiştir.

Lamba Ni-Cd alkali bataryalarla kullanılmaktaydı, bu bataryalar 1.7 kg olup diğer bataryalara göre daha hafiftiler. Sadece 10 saat için gerekli enerjiyi sağlayabiliyorlardı [2].

6.2. Baret Lambaları Dışındaki Taşınabilir Lambalar

Bu lambalar yer altında elektrikle aydınlatmanın yapılamadığı veya yasak olduğu, baret lambalarından sağlanan ışığın yetersiz olduğu durumlarda kullanılır. Gerekli güç basınçlı hava veya bataryalardan sağlanır.[2].

6.2.1. Basınçlı Hava Lambaları

Elektrik gücü, taşınabilir kaynaklardan veya basınçlı hava ile çalışan bir ışık kaynağından sağlanabilir. Bu ünite aynı anda bir kaç lambayı çalıştırabilir. Bu üniteler kızaklı tekerlekli veya elde taşınabilir şekilde tasarlanabilirler. Bütün tiplerinde hava basıncı jeneratör motorunu tahrik ederek gerekli elektrik akımını üretir. Jeneratör frekansı 350 Hz ve hava tüketimi ortalama 15 Nm³/saat, ağırlığı yaklaşık 12 kg ve tüm uzunluğu 50 cm'dir. Benzer şekilde sıradan ampülle de çalışan lambalar vardır. Lamba yanarken sabit şekilde türbinin basınçlı havası ile soğutulur. Kaçak hava aydınlatılan alana toz kaldırabilir. Gazlı madenlerde kullanıldığında özel kilitleme aletleri vardır. Ayrıca jeneratördeki basınç, dış basıncın altında olduğu zamanlarda devreyi kesen otomatik anahtar bulunur. İki taraftaki basınçların eşit olduğu durumlarda yaya bağlı bir diyafram elektrik kontağını hemen keser. Bu özelliği nedeniyle ufak bir sızıntıda dahi lamba kullanım dışı kalacaktır.

Bu tip lambaların en büyük dezavantajları yüksek yatırım maliyeti ve fazla gürültü çıkarmalarıdır [2].

6.2.2. Batarya Lambalar

Batarya ile çalışan fluoresans lambalar genellikle yer altındaki çalışmalarda, ilave aydınlatma gereken yerlerde kullanılır. 20 W gücünde iki fluoresans tüp lamba bir kafese konur. Bu lamba aşağı-yukarı hareket edebilir veya döndürülebilir bir şekilde hareket kabiliyetine sahiptir. Bu bir plakaya monte edilebilir. Bu plaka aynı zamanda bataryayı da taşır. İki lastik tekeri olan bir aks üzerine oturtulur. Her vardiya başında dolu bir batarya takılır. İsveç'te Kiruna Madeninde bu tipte aletler kullanılmaktadır. Yüksek manevra kabiliyeti vardır ve ateşleme deliklerinin delinmesi anında problemsiz bir aydınlatma sağlamaktadır [2].

Bu lambalar yatay da geniş bir aydınlatma sağlamasına rağmen, dikeyde bu kadar geniş aydınlatma değerlerine varılamaz. Gümüş-Çinko bataryalar kullanılır.

6.3. Makineye Monte Edilen Lambalar

Yeraltı maden makinaları tıpkı yerüstü makinaları gibi önden, düşük voltajlı aydınlatma cihazlarına (far) sahiptirler. Kuzey Amerika'da kapalı lambalar kullanılır. Bunun anlamı ampüldeki kaynak, yansıtıcı ve lensler hepsi birden tek bir ünite içine yerleştirilmiştir. Avrupa'da ise ampül, yansıtıcı ve lensler ayrı ayrı üniteler şeklinde olup arka veya yanları aydınlatacak şekilde dizayn edilir. Kuzey Amerika'da tungsten filamanlı lambalar kullanılırken, Avrupa'da kuvars halojen lambalar kullanılmaktadır. Bazı Kuzey Amerika Madencilik Şirketleri iki kat daha fazla ışık verme özelliklerinden dolayı kuvars halojen lambaları, diğer tungsten filamanlı lambaların yerine takmakta veya ikinci bir ünite olarak araçlarda kullanmaktadır.

Makineye monte edilmiş lambalar Amerikan Kömür Endüstrisinde büyük kullanım alanı bulmuştur. Bu lambalar oda-topuk ilerlemesinde makinanın etrafında genel alan aydınlatması yapmaktadır. 3 değişik tipte lamba imal edilmiştir. Bunlar fluoresans, civa buharlı ve yüksek basınçlı sodyum lambalarıdır.

Fluoresans lambalar saha(alan) aydınlatmasında tercih edilirler. 8 W'tan 40 W'a kadar değişen 6 değişik güç ve boyutta üretilmektedirler. Tüpün etrafında 135°C lik bir açı ile yerleştirilen yansıtıcılar ışığın makineden amaçlanan yere yönlendirilmesini sağlar. Ayrıca bu lambalar yüksek sıcaklık şartlarına dayanıklı şekilde tasarlanmıştır. Soğuk bir beyaz ışık yayar ve az parlaktır. Aynı zamanda çok iyi genel aydınlatma sağlar. Bu güvenlik açısından en önemli noktadır.

Fluoresans lambalar alternatif akım (AC) ve doğru akım (DC) ile çalışabilir. 12 Volt'luk akımda makinanın bataryasından sağlanabilir.

Yüksek yoğunluk (discharge) kaynakları şu anda çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Civa buharı ve yüksek basınçlı sodyum lambaları ise günümüzde spot lamba olarak kullanılmaktadır.

Civa buharlı lambalar genellikle hareketli araçlarda kullanılır. Bunun nedeni uzun ömür ve yüksek verimlilikleridir. Bunların tamirat giderlerinin minimum olması, uzun ömürleri yüksek verimlilikleri, renk seçme olanağı vermeleri, geniş boyut dağılımlarının olması, hem alternatif akım (AC) hemde doğru akım (DC) la kullanılabilmelerinden dolayı tercih edilirler. En önemli dezavantajı lambanın parlaklığa ulaşma süresindeki zaman kaybı, yüksek ışık gücü nedeniyle kamaşma problemi ve muhtemelen akım dalgalanmaları nedeniyle civa buharında oluşabilecek iç problemlerdir.

Sodyum buharlı ön lambalar (farlar) civa buharlı lambalara göre iki kat daha fazla verimli ve tam parlaklığa ulaşma süresi daha kısadır. Güç kesilmesi durumunda ise tekrar ark olma süresi bir kaç dakikadır. Rengi ise bazıları tarafından dezavantaj sayılabilecek açık altın sarısıdır [2].

6.4. Sabit (Monte Edilmiş) Lambalar

1950'lere kadar aydınlatmada lensler camdan yapılmaktaydı. 1950'li yılların sonlarına doğru değişik şekiller verilebilen termoplastikler imal edildi ve kalıcı monte edilmiş lambalarda kullanılmaya başlandı. İyi aydınlatmalarının yanında, maliyetleri oldukça yüksektir. Bugün değişik termoplastikler özellikle polikarbonlar, arcylic, bultyrate ve polystyrene yaygın şekilde madencilikte kullanılmaktadır [2].

6.4.1. Dar alanda Sabit Lambalar

Yükseklik sorunu olan yerlerde düşük parlaklıkları nedeniyle tüp lambaların kullanımı yaygındır. Tüp floresans lambalar artan oranda hala kullanılmaya devam etmektedir. Özellikle nakliyat yollarında kullanılır.

Tüplerin uzunluğu 0.6 m'den 1.2 m ve 1.5 m'ye kadar alabilmektedir. Tek ünite iki ampül yaygındır. Şartlara göre uzun eksen yola dik ve paralel olarak yerleştirilirler. Galeri içinde 10m'de bir yerleştirildiklerine iyi bir aydınlatma sağlarlar.

Yüksek basınçlı civa buharlı tüp lambalar, yüksek aydınlatma sağlarlar. Floresanslara oranla ilk yatırım maliyetleri oldukça sınırlıdır. Elektrik enerjisi maliyetlerindeki artış düşük basınçlı sodyum tüp lambaları ile aydınlatmayı daha cazip hale getirmiştir. Yalnız

grizu şartlarında metalik sodyum açığa çıkması nedeniyle grizulu ocaklar için uygun değildir.

6.4.2. Yüksek Tavana Monte Edilen Lambalar

Eğer montaj yüksekliği görüş alanının üzerinde ise böylesi yerlerde yüksek yoğunluk lambaları kullanılabilir. Örneğin, Tamir garajı, kırma istasyonları, pompa odası, şarj istasyonu, yakıt depoları ve benzeri yerler.

Bu lambalar gazsız ocaklarda kullanılacaksa satın alındıkları gibi kullanılabilir. Aksi taktirde bazı düzenlemeler gerekir, bunlar da üretici firma yapar. Bu düzenlemeler:

- 1)- Özel yansıtıcılar
- 2)- Korozyona dayanıklı boya
- 3)- Asitli madensuyuna, su buharı ve toza karşı silikon kaplama
- 4)- Kırılmaya karşı lexon lensler
- 5)- Özel elektrik kesici devreler
- 6)- Paslanmaz çelik, fiberglas veya alüminyum kasa'dan oluşur.

Küçük watt'taki lambalar tercih edildiğinden metal halid kaynaklar kullanılmaz daha çok civa buharlı lambalar yaygındır.

Kanada madenlerindeki uygulamalardan birinde, bir garajda 6 m montaj yüksekliğinde 250 W'lık lambalar kullanılmaktadır. Bu garajda çalışan personel üzerinde hiç bir olumsuz etki ve parlaklık problemi gözlenmemiştir [2].

6.5. Arının (Alının) Aydınlatılması

Şüphesiz bir ocağın en önemli kısmı, çalışmaların yoğun olduğu ve üretimin yapıldığı arın bölgesidir. Dolayısıyla ocağın bu kısmının uygun biçimde ve güvenli olarak aydınlatılması bir zorunluluktur. Bu konu ile ilgili çalışmalar 80-90 yıl önce başlamış olmasına rağmen günümüzde gerek ekonomik gerekse teknik ve pratik engeller uygun aydınlatma sistemlerinin kurulmasını kısıtlamaktadır.

Tipik bir ayakta taban-tavan yüksekliğinin çok az olması nedeniyle işçiler eğilerek çalışmaktadırlar. Tavan tahkimatları, aletler v.s dar çalışma alanında gölge oluşturmaktadırlar. Böylesi yerlerde örneğin Türkiye Zonguldak Kömür Havzasında arındaki aydınlatma yalnızca baret lambaları ile yapılmaktadır. Dünyadaki değişik ocaklarda ise arın aydınlatması aşağıdaki dört yöntemden biri veya bir kaçını birarada kullanılarak yapılmaktadır.

- 1)- Portatif lambalar (Personel lambalar)
- 2)- Yarı portatif lambalar (Bataryalı)
- 3)- Hareketli makinelerin kendi aydınlatma araçları (Kömür kesici ve yükleyicilerin farları gibi)
- 4)- Ana elektrik şebekesine bağlı aydınlatma.

Ülkelerin çoğunda baret lambaları ile ana şebekeye bağlı aydınlatma yöntemleri kullanılmaktadır.

Çalışılan arında iki türlü görüş tanımlanır. Kısa ve uzun mesafeli görüş adını alan bu görme çeşitlerinden birincisi, kişinin an an yakından ilgilendiği işle ilgili görüş, ikincisi ise, arın boyunca yapılan görme işidir.

1945 yılında İngiltere'de toplanan ve kömür madenciliğinin bütün yönlerinin araştırılması ile yükümlü kılınan teknik komitenin hazırladığı ve kısaca REID raporu olarak bilinen rapora göre madenci için önerilen minimum arın aydınlatma değeri 4.3(lx) 'tür. Bu değer hesaplanırken kömürün yansıtma katsayısı 0.08 olarak kabul edilmiştir. Yaklaşık 125 cm uzaklıkta, yansıtıcısı odaklayıcı olmayan bir baret lambasının 1.80 m çaplı bir daire alanında oluşturduğu aydınlatma, yukarda bahsedilen minimum aydınlatmadan daha fazladır. Dolayısıyla kısa mesafe görüşü için yeterli aydınlatma baret lambaları ile elde edilebilmektedir. Uzun mesafe görüşü için aydınlatma ise diğer madencilerin baret lambaları ve genel aydınlatma sisteminden sağlanır.

Her iki tip görüş uzaklığındaki görebilme yeteneği gözün uyum süresi ve çeşitli cisimlerin yansıtma katsayılarına bağlıdır.

Maden makinalarının çalıştığı yerlerde uzak mesafe görüşü önem kazanır. Operatör tozlu bir ortamda, gözünü metrelerce uzaklıktaki bir noktaya odaklamaya gereksinim duyabilir. Başka aydınlatma araçları kullanılmıyorsa bu, ancak odaklayıcı tipte ve çok güçlü yansıtıcılara sahip baret lambaları ile sağlanabilir. Fakat ışık akısı çok dar demet haline getirilirse, ışık dağılımındaki etkili ışık konisi küçülür ve dış bölgelerin görüşü zayıflar, emniyet azalır.

BÖLÜM 7. MADEN AYDINLATMA STANDARTLARI

Yeraltı madenlerinde iyi aydınlatmanın güvenlik ve verimli çalışma açısından gerekliliği kanıtlanmıştır. Bundan dolayı tasarımcının iyi bir aydınlatmayı nelerin oluşturduğunu çok iyi bir şekilde bilmesi gerekir.

Aydınlatma seviyesi için onaylanan (Devletin yetkili bir organı tarafından) değerler çok dikkatli tesbit edilmelidir. Standartlar hem ekonomik hem de sosyal açıdan kullanışlı olmalıdır. Gelişen teknoloji ve değişimler çerçevesinde bu standartların alt kodları değiştirilmelidir. Tamamen analizlere ve bilimsel temellere dayanan, aydınlatma standartları ve alt kodlarının oluşturulması gerekir.

Deneyssel analizlere bağlı ışıklandırma seviyesine varmak için, deneyler herhangi bir madencilik bölgesinde, bu bölgedeki madencilik işleri, madencilik çevresi ve madencilik ekipmanları üzerinde tekrarlanabilir. Temel olarak iki çeşit aydınlatma vardır.

a)- Mutlak minimum ışık seviyesidir ki; görsel işlevlerin yeterli olarak yapılabilirdiği seviyedir. Bu değer laboratuvarlarda elde edilen minimum seviyeden biraz fazla olabilir.

b)- Maksimum ışık seviyesidir ki, ek bir aydınlatma ile işin daha iyi yapılamıyacağı seviyedir.

Modern madencilikte geliştirilmiş ve yüksek maliyetli mekanize ekipmanlar kullanılmaktadır. Hem işçiye

güvenli ve verimli çalışma imkanı sağlayan hemde ekipman hasarlarını azaltmak için maden işletmecilerinin aydınlatma özelliklerine daha çok önem vermeleri gereklidir. Aydınlatma, işletmeciye maliyet ve fayda dengesini sağlayacak şekilde standartlandırılmalıdır.

7.1. Aydınlatma (Luminance)

Standartlar aydınlatmayı dört seviyede tanımlar.

- 1)- Gidiş-gelişin aydınlık olduğu yerde ve mekanizasyonun minimum olduğu yerde genelde aydınlatma güvenlik sebebiyle gereklidir 0.05 cd/m^2 .
- 2)- Mekanize edilmiş ekipman (normal çalışıyorsa) 0.2 cd/m^2 .
- 3)- Dikkatin gösterilmediği yeraltı bölgelerinde 10 cd/m^2 .
- 4)- Dikkatin gösterildiği yeraltı bölgelerinde 20 cd/m^2 .

Madencinin görüş alanındaki aydınlatma 1 m içerisinde 5 defadan fazla değişmemelidir. Gözlemlenen alan boyunca ölçülen ve bu alandaki yansımada değişmemelidir.

7.2. Değişik Ülkelerin Maden Aydınlatma Standartları

Bu bölümde değişik ülkelerdeki maden aydınlatma standartlarının kısa bir özeti verilmiştir. Bu standartlar genellikle sadece yeraltı kömür madenciliği için kullanılmaktadır.

7.2.1. Avustralya

Maden aydınlatması ile ilgili Avustralya standartları sadece baret lambalarının önemini vurgular. Baş vurulacak

kesin değerler tanımlanmamıştır. Avustralya dışındaki ülkeler alüminyum unsurlarının kullanılmasını kıvılcım tehlikesi yüzünden yasaklamışlardır [2].

7.2.2. Belçika

Belçika'nın standartları "NBN 314-1966 Cade de bonne pratique de l'eclairage des Chorbonnages" de verilmiştir. Bu standartlar test prosedürünü tanımlar ve tavsiye edilmiş aydınlatma tekniklerini içerir. Bazı aydınlatma seviyeleri şunlardır (Tablo 7.1) [2].

TABLO: 7.1. Belçika Aydınlatma Standatlarından Örnekler [2].

Kuyu istasyonu	:	20-50	lx
Yükleme noktaları	:	20	lx
Makinelerin çevresi	:	25	lx
Nakliye yolu	:	10	lx

7.2.3. Kanada

Kanada'da her eyalet kendi maden işlerini bağımsız olarak ayarlar. Birçok eyalet uzun bir madencilik tarihi-ne sahiptir ve yüksek seviyede araştırmalar yapmışlardır. Eyaletler, Kanada Elektrik Standatlarının tavsiyelerini takip ederler (Tablo 7.2) [2].

TABLO: 7.2. Kanada'nın British Columbia Eyaleti Aydınlatma Seviyelerinden Bazıları [2].

Bütün tünel, maden kuyusu ve yokuşlardaki genel çalışma:	21	lx
Başlıca alanlar (genel alanlar)	: 53	lx
Maden kuyu istasyonları	: 53	lx
Kompresör odaları	: 53	lx
İdare Merkezi	:269	lx
Bakım, onarım alanları ve stok alanları	:269	lx
İlk yardım odaları	:538	lx

7.2.4. Çekoslavya

Çekoslavya standartları CSRS CSN 360050'dir. Temel aydınlatma sabit lambalar tarafından sağlanır. Madencinin baret lambası sadece ek bir ışık kaynağı olarak düşünülür (Tablo 7.3) [2].

TABLO: 7.3. Çekoslavya Aydınlatma Standartlarından Örnekler

Kuyu istasyonu	: 15-40 lx
Yükleme noktaları	: 20 lx
Makinelerin çevresi	: 20 lx
Nakil yolları	: 10 lx
Yüzey aydınlatması	: 5-10 lx

Çekoslavya'nın standartları kabul yapabilmek için hangi testlerin yapılması gerektiğini tanımlayan bir kaç standart'tan biridir. Çekoslavya'da mekanizasyonun olmadığı ve patlayıcıların kullanıldığı yerlerde minimum seviye olarak 0.05 cd/m²'yi kabul etmiştir.

7.2.5. Federal Almanya

Maden aydınlatma standartları NRF DIN 22434'te verilmiştir. Minimum değerleri (Tablo 7.4). 'de verilmiştir [2].

TABLO: 7.4. Federal Almanya Aydınlatma Standartlarından Örnekler

Maden kuyusu alanı	: 30-40 lx
Yükleme noktaları	: 40 lx
Şalter ve trafo odaları	: 80 lx
Nakil yolları kavşakları	: 15 lx
Lağım çalışmaları	: 80 lx

7.2.6. Macaristan

Temel aydınlık sabit kaynaklardan sağlanan aydınlık olarak düşünülmüştür. Madencinin baret lambası ikinci planda'dır (Tablo 7.5) [2].

TABLO: 7.5. Macaristan Madenlerindeki Bazı Aydınlatma Seviyeleri [2].

Maden kuyusunun aşağı noktası	
- Trafiğin yoğun olduğu yer	: 60-10 lx
- Trafiğin yoğun olmadığı yer	: 40-60 lx
Nakil yolları	
- Trafiğin yoğun olduğu yer	: 5-10 lx
- Trafiğin yoğun olmadığı yer	: 2-4 lx
Yükleme noktaları	: 40-60 lx
Yeraltı tamir alanları	: 20-50 lx
Transfer noktaları	: 10-50 lx

7.2.7. Polonya

Polonya standardı PN-736-02600, Polonya'da temel aydınlatma sabit kaynaklardan sağlanan aydınlatma olarak düşünülmüş ve madencinin baret lambası ikinci planda ön görülmüştür (Tablo 7.6) [2].

TABLO: 7.6. Polonya Aydınlatma Standartlarından Örnekler

- Atölyeler (itina isteyen işlerin yapıldığı yer)	: 100	lx
- Montaj atölyesi	: 15-40	lx
- Yük asansörü	: 100	lx
- Lokomotif onarım alanları	: 50	lx
- Şarj odaları	: 50	lx
- Lokomotif park alanı	: 10	lx
- Depo	: 25	lx
- İlk yardım odası	: 50	lx
- Kuyu istasyonu	: 28	lx

7.2.8. İngiltere

İngiltere'de yeraltı aydınlatması "Kömür ve diğer madenler nizamnamesiyle" tanzim edilmiştir (1956). Nizamnamelerin amacı, uygun ve yeterli bir aydınlatmayı sağlarken, göz kamaşmasını ve göz yorgunluğunu da giderecek standartlar oluşturmaktır. İngiltere'de aydınlatmanın olduğu bütün yerlerde ışığın arka kısmı ve duvarlar yansımayı arttırmak için beyaz olması öngörülmüştür. Aşağıda belirtilen 4 bölüm ise işletme müdürünün sorumluluğu altına verilmiştir.

a)- Maden kuyu istasyonu, giriş-çıkışlar ve düzenli olarak kullanılan geçiş hatları,

b)- En yüksek ve en aşağı meyilli nakil yolları

c)- Yan hatlar, inişler, geçişler, kavşaklar, araçların düzenli olarak birleştiği veya nakil ipinden ayrıldığı yerler ve araçların mekanik olarak doldurulduğu yerler.

d)- Makina ve motor alanları.

Standartlara göre ölçmeler toprak seviyesinde veya toprağın üstünde birbirine yakın iki ışık arasında bir noktada alınır. İngiltere güvenli ve ateş geçirmez elektrik techizatlarına dayalı geniş nizamnamelere sahiptir. İngiltere'de techizatın dış yüzeyinde alüminyum kullanılması yasaklanmıştır. Alüminyum, paslı çeliğe yapıştırıldığında meydana gelen sıcaklık reaksiyonu metan-hava karışımını tutuşturabilecek sıcak kıvılcımlar sağlayabilir (Tablo 7.7) [2].

TABLO: 7.7. İngiltere Aydınlatma Standartlarından Örnekler [2].

Kuyu dibi	: 70	lx
Kavşak noktaları	: 20-30	lx
Lokomotif onarım alanı	: 50	lx
Yükleme noktaları	: 30	lx

7.2.9. A.B.D.

Amerika en güvenli ve en katı maden aydınlatma standartlarına sahiptir. Madencilik kazalarının (özellikle öldürücü olanları) oranı Amerika'da Batı Avrupa ülkelerine oranla çok daha azdır. Madencilik için en uygun standartların bulunması için araştırmalar yapan çok önemli devlet kurumları vardır.

Yeraltı aydınlatmasında minimum olarak 0.2 cd/m^2 kabullenmiştir. İlk görüşte bu rakam çok az bulunabilir. Ama bu değer her yerde minimum olarak sağlanması zorunludur. 70 cd/m^2 yeraltındaki parlamayı tayin eder. 0.2 cd/m^2 insanın bir nesnenin ne olduğunu anlayabileceği minimum ışık seviyesidir.

BÖLÜM 8. T.K.İ. O.A.L. ÇAYIRHAN MÜESSESESİ AYDINLATMA ŞARTLARI ETÜDÜ

8.1. O.A.L. Müessesinin Tanıtılması

O.A.L. Müessesesi Ankara'nın kuzeybatısındaki Beypazarı-ve Nallıhan ilçeleri arasında ve Ankara'ya 125 km uzaklıktaki Çayırhan kasabasında bulunmaktadır. 1966 yılında özel sektörden devir alınan işletme 1980'li yıllara kadar çevre illerdeki bazı sanayi kuruluşları ve konutların yakacak ihtiyacına cevap verecek şekilde üretim yapmaktaydı. Bugün hem Çayırhan'da kurulu olan 2x150 MW gücündeki termik santralibeslemek, hem de çevrenin yakacak ihtiyacını karşılamak için yılda 2.200.000 ton linyit üretmektedir.

Havzada üç kömür damarı mevcut olup bunlardan ikisi ortalama kalınlığı 0.5-1.5 metre olan bir arakesme ile birbirinden ayrılmaktadır. Tavan kömürü diye adlandırılan üst damar 1.5 metre, taban kömürü diye adlandırılan alt damar 1.70-2.00 metre arasında değişen bir kalınlık gösterir. Üçüncü damar ise alt damarın 150 metre kadar altında ve değişik kalınlıklar göstermektedir. Bu üç damarda yapılan sondajlı çalışmalar sonunda toplam rezervin 400 milyon ton civarında olduğu tespit edilmiştir.

Havzadaki üç damardan ilk ikisinde üretim ve hazırlık işleri yapılmakta olup üçüncü damarın yakın gelecekte işletilmesi düşünülmemektedir.

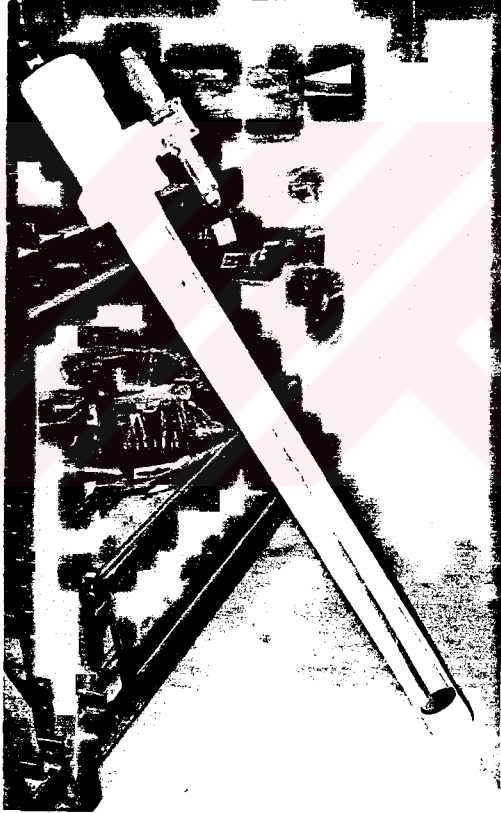
O.A.L. ocaklarında tam mekanize edilmiş göçertmeli, dönümlü uzun ayak sistemiyle üretim yapılmaktadır. Bu sistemde panonun sınırına kadar taban yolları görülmekte, ayak kurulup kömür toplanarak geri dönülmektedir. Pano boyu, jeolojik koşulların sınırlaması olmazsa 1500 metre, ayak

uzunluğu 220 metredir. Şekil 8.1'de O.A.L. İşletme MÜessesesi ana hazırlık planı verilmiştir.

8.2. İşletmede Kullanılan Aydınlatma Armatürleri ve Kablolar

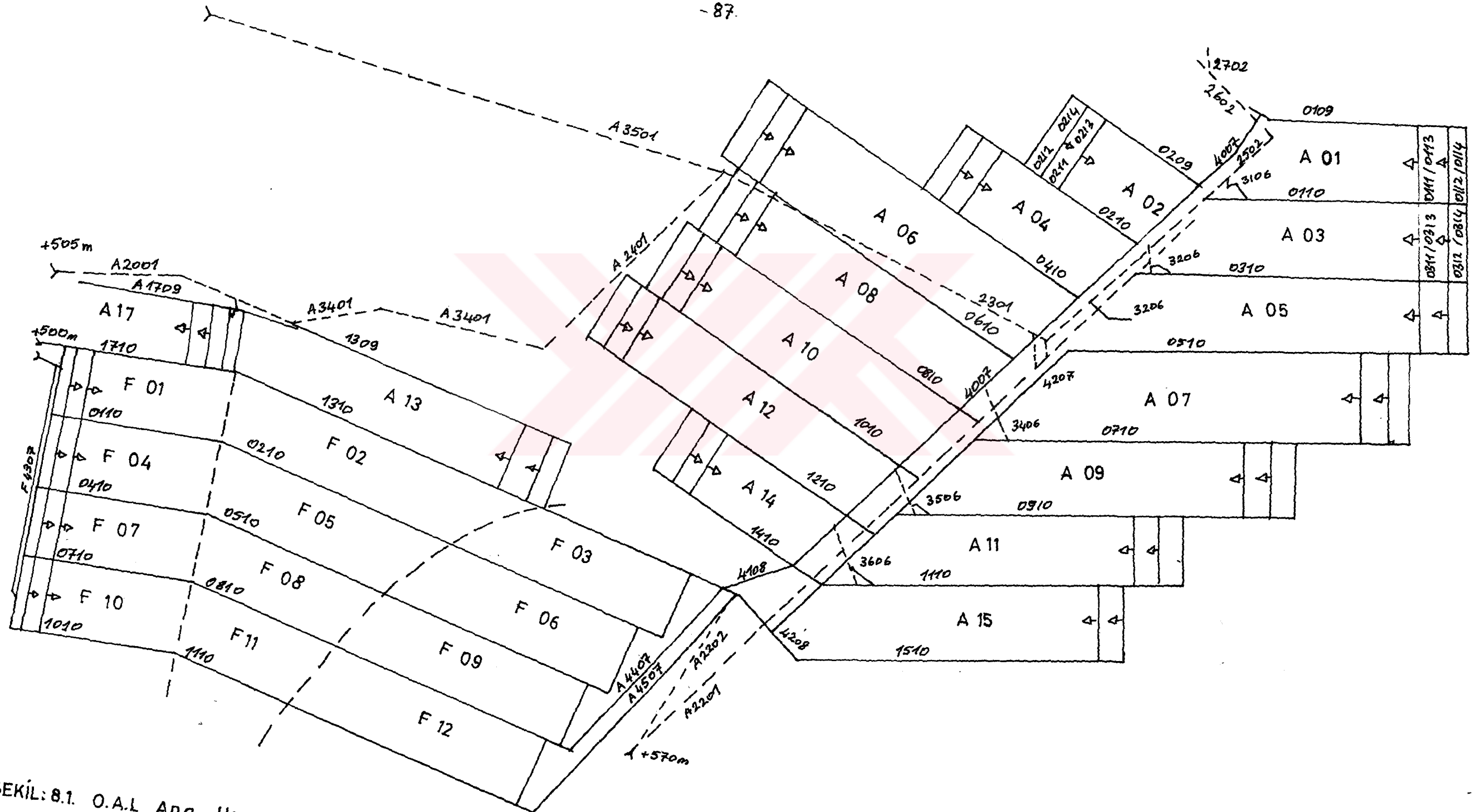
8.2.1. Sabit(Monte Edilmiş) Aydınlatma Armatürleri

Genel aydınlatma armatürü olarak: Davis of Derby marka FLP (alevsızdırmaz, entigrizu) fluoresans lambalar kullanılmakta. Bu fluoresans lambalar 240 V, 50 Hz, 40 W özelliklerine sahiptirler (Şekil 8.2).

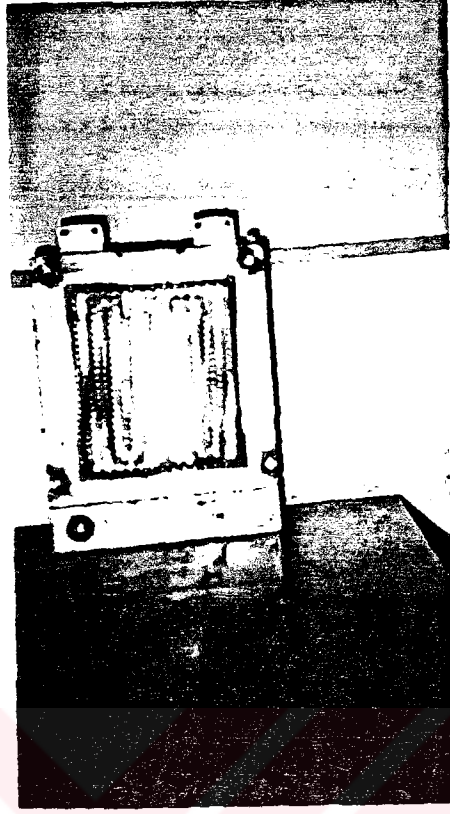


ŞEKİL: 8.2. İşletmede Genel Aydınlatma Amacı İçin Kullanılan Fluoresans Lamba.

Ayak aydınlatmasında şiltlerin (Hidrolik tahkimatın) altına yerleştirilebilen 31 cm x 24 cm x 10 cm boyutlarında, 220 V akımla çalışan 40 Watt'lık Hamacher marka FLP (alev sızdırmaz, entigrizu) lambalar kullanılmaktadır. (Şekil 8.3).



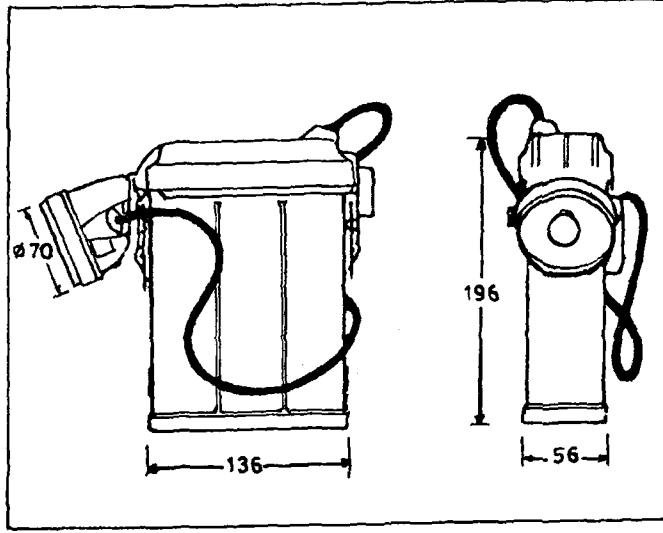
ŞEKİL: 8.1. O.A.L Ana Hazırlık Planı



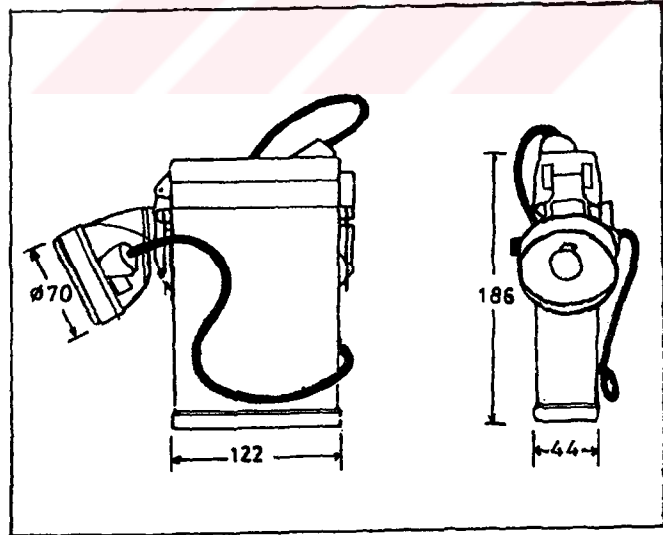
ŞEKİL: 8.3. Ayak Aydınlatmasında Kullanılan Armatür.

8.2.2. Taşınabilir Aydınlatma Armatürleri

Baret lambası olarak MLC 5.1 ve MLC9 tipinde iki değişik model kullanılmaktadır. Ve kemere takılan bir güç kaynağı ile beslenmektedir. Şekil 8.4'te MLC 5.1 ve Şekil 8.5'te MLC9 baret lambaları verilmiştir.



ŞEKİL: 8.4. MLC 5.1. Baret Lambası



ŞEKİL: 8.5. MLC 9 Baret Lambası

TABLO: 8.1. Baret Lambalarının Teknik Özellikleri

Tip	MLC 9	MLC 5.1
Akümülatör	3Tc 8/885	3 TC 12/88 C
Kapasite(A.saat)	9	14
Ortalama Akış Voltajı (V)	3.75	3.75
Depolanmış Enerji (W,saat)	33	52
Yanma süresi		
Ana filaman 10 A(saat)	8-9	12-13
Ana filaman 0.8 A(saat)	10-11	16
İkincil filaman 0.4 A(saat)	22	-
İkincil filaman 0.5 A(saat)	-	25
Toplam aydınlatma mik.(lm,saat)	230	365
Aydınlatma/Ağırlık oranı (lm,saat/ kg)	144	159
Ağırlık (kg)	1.6	2.3

Dolum süresi, tamamen boşalmış akümülatör için 14 saat'tir.

8.2.3. Kablolar

İşletmede, aydınlatma sistemi için kullanılan dört tip kablo bulunmaktaydı. Bu kabloların teknik özellikleri Tablo 8.'de verilmiştir.

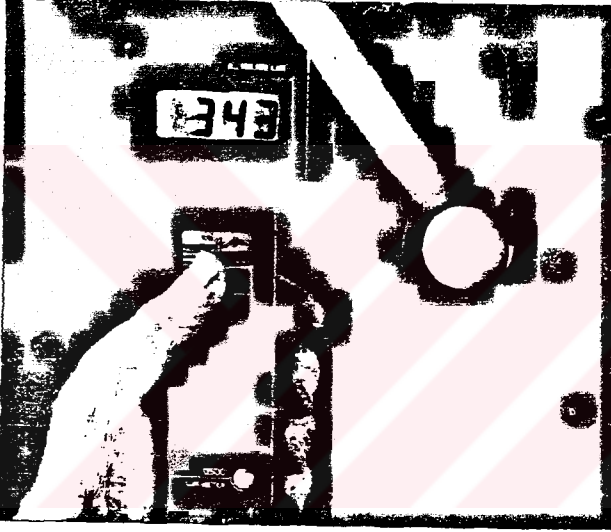
TABLO: 8.2. Aydınlatma Sisteminde Kullanılan Kabloların Özellikleri

	TİP 62	TİP 63	TİP 64	E2
Nominal kesit (mm ²)	4	4	4	4
İletken adedi ve çapları (mm)	56/0.30	56/0.30	56/0.30	56/0.30
Yalıtkan kalınlığı (mm)	1.0	1.0	1.0	1.0
Damar adedi	2	3	4	2
İç kılıf kalınlığı (mm)	2.0	2.0	2.0	2
İç kılıf çapı (mm) Minimum	16.2	17.1	18.7	14.8
Maximum	18.2	19.1	20.7	16.8
Zırh halatıcığı tel adedi, çapı(mm)	7/0.45	7/0.45	7/0.45	7/0.45
Dış kılıf kalınlığı (mm)	2.5	2.5	2.5	2.5
Dış çapı(mm) Minimum	23.9	24.8	26.4	22.5
Maximum	26.4	27.3	28.9	25.0
Max.iletken direnci 20°C-1k (Ω)	5.09	5.09	5.09	5.09
Max.iletken siper direnci 20°C-1k (Ω)	5.5	3.9	2.8	
Max.zırh direnci 20°C-1 km (Ω)	4.91	4.63	4.16	4.91

8.3. Ölçmeler

8.3.1. Ölçmelerde Kullanılan Aletin Tanıtılması

Ölçmelerde Lúx-Meter testoterm 0500 aleti kullanılmıştır. Bu alet 9 V Ni-Cd pille çalışmaktadır. Alet bir optik göz ile aydınlatma seviyesini ölçmekte ve bu ölçümler dijital bir göstergede gösterilmektedir. Aletin hata payı ± 2 'dir.



ŞEKİL: 8.6. Lux-Meter Aleti

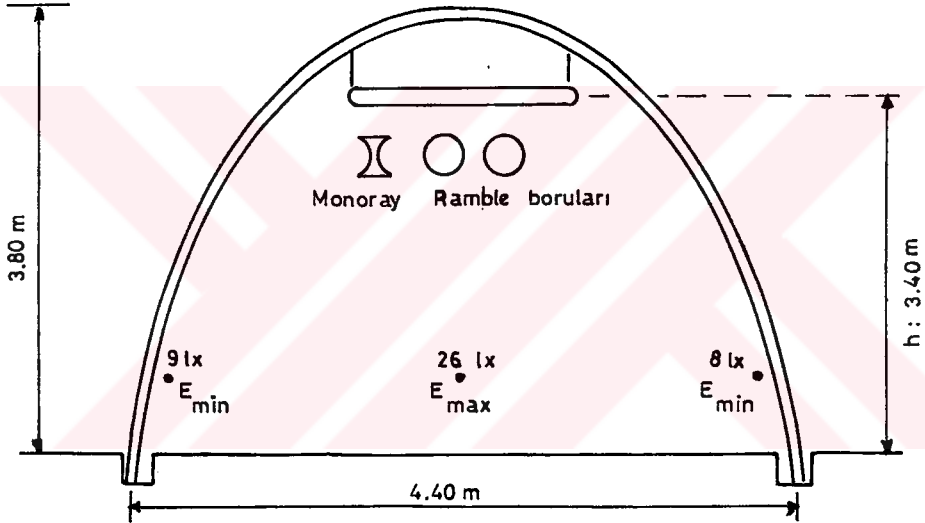
8.3.2. Ölçmelerde İzlenen Yol

Ölçmeler yerden 85 cm yükseklik görme düzlemi alınarak yapılmıştır. Ölçüm yapılacak yerde, ölçülecek armatür haricindeki, ölçmeyi etkileyebilecek (Baret lambaları vs.) armatürler söndürülmüştür. Ölçmeler, armatürün tam altında (E_{max}) ve yanlarda en uzak noktada (E_{min}) alınmıştır. Birbirine yakın monte edilmiş armatürlerin bulunduğu yerlerde, iki armatür arasının tam orta noktasında (E_{min})'da ölçüm alınmıştır. Her armatür için 4-5 ölçüm yapılmış ve ortalamaya en yakın değer kabul edilmiştir. Her seferinde

değerler ± 2 gibi bir fark ile ölçülmüştür. Bu farklı değerler ölçüm aletinin yüksek hassasiyetinden kaynaklanmıştır. (Ölçümler Şubat 1993'te yapılmıştır).

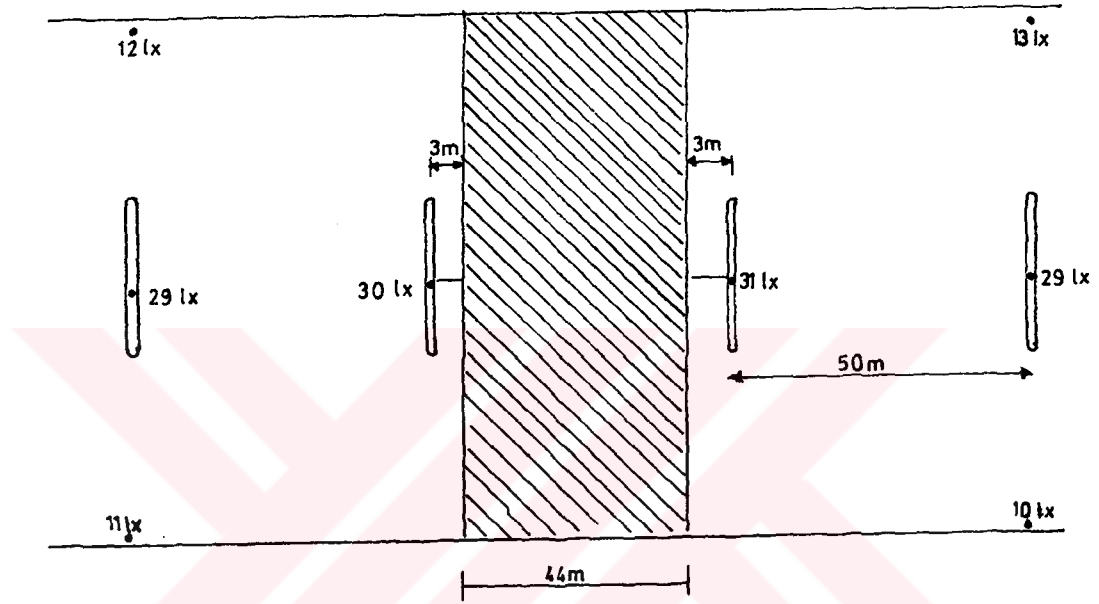
8.3.3. 4007 Ana Nakliyat Yolu Aydınlatması

4007 Ana nakliyat yolundaki aydınlatma standartlara uygundur. Sol taraftaki E_{min} 'lerin düşük olması monoray hattının gölgesinden kaynaklanmaktadır. Bu nakliyat yolunda karanlık adaptasyonu olmamakla beraber ışığın homojenliği büyük bir oranda sağlanmıştır (Şekil 8.7 ve Şekil 8.8).



ŞEKİL: 8.7. 4007 Ana Nakliyat Yolu Kesit Görünümü

A710 Hazırlık galerisi 1 km uzunluğunda olup, her 50 metrede bir 40 W'lık bir alevsizedirmaz ve antigrizu fluoresan ile bir aydınlatma sistemi oluşturulmuştur. Lambalar arası mesafe çok uzun tutulduğu için, lambalar arasında yaklaşık 44m'lik bir bölgede aydınlatma 0 lx olmakta ve homojen bir aydınlatma sağlanamamaktadır (Şekil 8.10).



ŞEKİL: 8.10. A710 Hazırlık Galerisi Plan Görünümü
(Taralı Alan Karanlık Bölge)

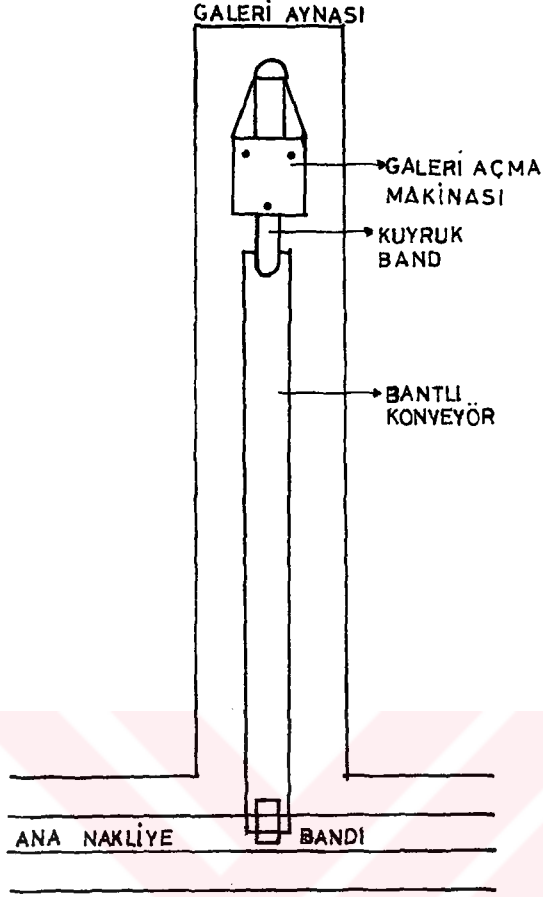
Bu galeri de karanlık adaptasyonu oluşmaktadır. Ayrıca yapılan incelemede 1 km'lik bu galeride kullanılan 20 fluoresansın değişik yerlerde olmak üzere sadece 3 tanesinin çalıştığı gözlenmiştir. Şayet bütün lambalar düzenli bir şekilde yansa dahi iki lamba arasında 44 m uzunluğunda karanlık bölge oluşmaktadır. Birde buna değiştirilmeyen bozuk ve yanık lambalar eklenirse aydınlatmanın ne kadar kötü olduğu daha iyi anlaşılır. Bu durum işçilerin kısa vadede göz ağrılarına, uzun vadede de Nystagmus hastalığına neden olabilir. Bunun yanında psikolojik bozukluklara, yorgunluk, aktivite azlığı, verim düşüklüğü, adaptasyon zorluğu ve bunlara bağlı olarakta iş güvenliği ve

emniyetinde düşüşe neden olabilir. Bu olumsuzlukların ortadan kalkması için lambalar arası mesafelerin ekonomik koşullarda gözönüne alınarak kısaltılması gerekir.

8.3.5. A 710 Hazırlık Galerisi, Galeri Aynası Aydınlatması

Kazı arını aydınlatması madencilikte iyi aydınlatılması gereken en önemli yerlerden biridir. İşletmede A710 hazırlık galerisi galeri aynası sadece baret lambalarıyla aydınlatılmakta, kazı işlemi de yine iki baret lambası ile sağlanmaktadır. Sadece baret lambaları aydınlatması yetersizdir. Yapılan ölçmelerde aynada baret lambalarının sadece 2-4 lx aydınlatma sağladığı görülmüştür (çalışma yokken). Makina çalıştığı zaman oluşacak tozlardan dolayı bu değer daha da düşecektir. Değişik ülkelerin standartlarına bakıldığında makine çevresinin ve aynanın 20-50 lx arasında aydınlatılması gerektiği görülmektedir. Bu aydınlatmada ancak makinanın ön ve arka taraflarına projektör veya far yerleştirmekle mümkündür (Şekil 8.11).

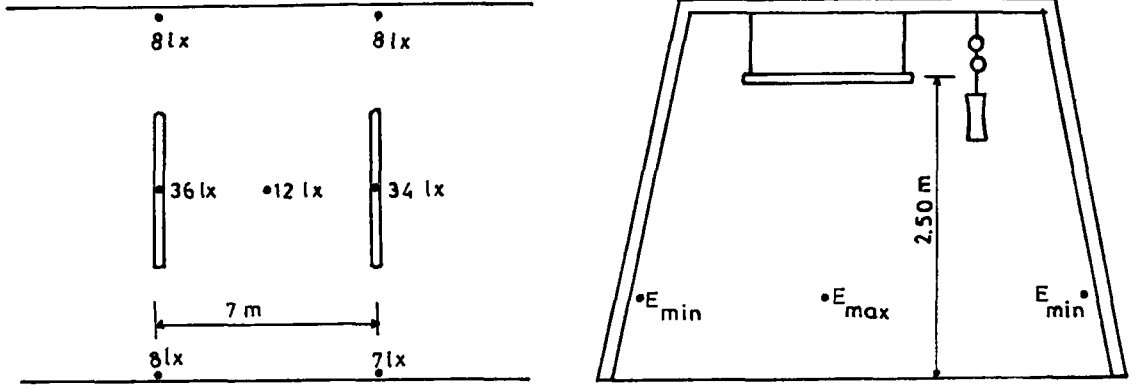
Galeri aynasında işçiler, galeri açma makinasının geniş yer kaplamasından, monoray hattıyla da tahkimat malzemesinin gelmesinden dolayı kolay hareket edememekteler. Böylesi bir yerde sadece baret lambasıyla aydınlatmanın sağlanmaya çalışılması, kazalara davetiye çıkarır. Aynada 6-7 işçi çalıştığında bunların hareketleri esnasında baret lambaları diğer işçilerin gözlerine gelebilir ve gözleri kamaştırabilir. Aydınlatmanın yetersiz oluşundan dolayı işçilerin performansı ve verimleri ile beraber aktiviteleride düşer ve çabuk yorulurlar.



ŞEKİL: 8.11. A710 Hazırlık Galerisi Galerisi Aynası
Plan Görünümü

8.3.6. 0510 Taban Yolu Tumba Sahası Aydınlatması

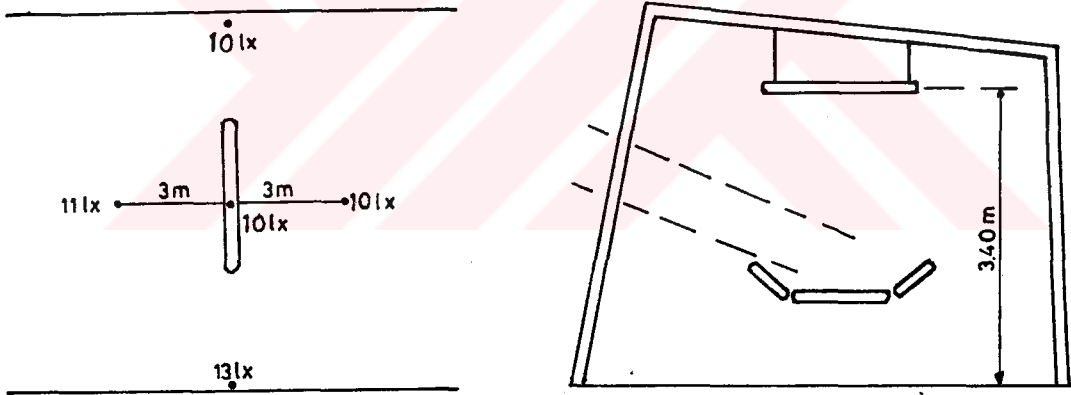
Tumba sahası, yerden yükseklikleri 2.5m ve birbirlerinden 7m uzaklıkta olan 2 adet 40 W'luk floresan lamba ile aydınlatılmıştır. Aydınlatma seviyesi standartlara uygundur (Şekil 8.12).



ŞEKİL: 8.12. 0510 Taban Yolu Tumba Sahası Kesit ve Plan Görünümü

8.3.7. A05 Tavan Ayak Başı Aydınlatması

Tavan ayakbaşı 40W'lık bir fluoressan lamba ile aydınlatılmaktadır. Yapılan ölçümler aydınlatmanın yeterli olduğunu göstermiştir (8.13).

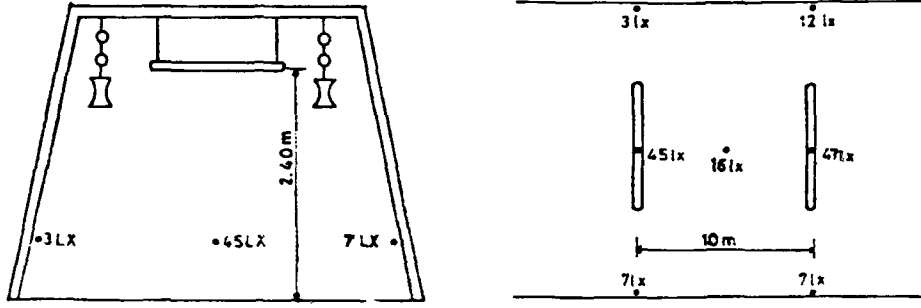


ŞEKİL: 8.13. A05 Tavan Ayak Başı Plan ve Kesit Görünümü

8.3.8. Monoray İstasyonu Aydınlatması

Monoray istasyonu 2tane 40 W'lık fluoressan lamba ile aydınlatılmıştır. Lambalar arası mesafe 10m, lambaların yerden yüksekliği 2.40m'dir (Şekil 8.14).

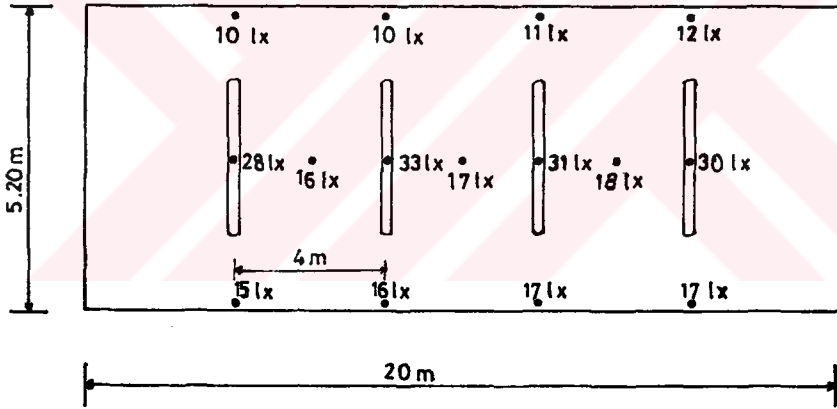
Ölçme sonuçları iyi bir aydınlatmanın olduğunu göstermektedir. $E_{min}=3$ lx monorayın gölgesinden dolayı böyle küçük çıkmıştır.



ŞEKİL: 8.14. Monoray istasyonu Kesit ve Plan Görünümü

8.3.9. Devre Kesiciler Odası Aydınlatması

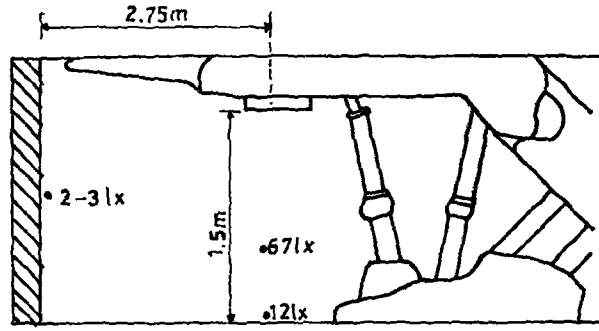
Devre kesiciler odası, yerden yükseklikleri 2.85m ve aralarındaki mesafe 4m olan 5 fluoresan ile aydınlatılmaktadır (Şekil 8.15).



ŞEKİL: 8.15. Devre Kesiciler Odası Plan Görünümü

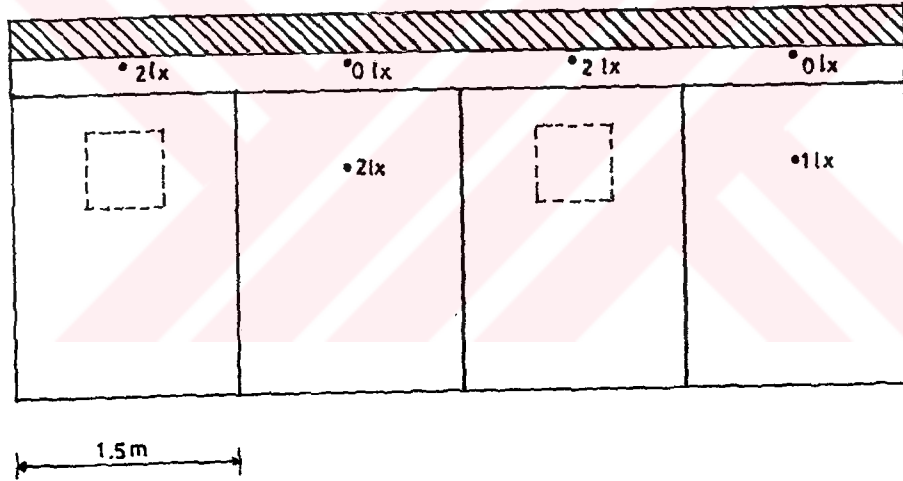
8.3.10. F01 Taban Ayak Aydınlatması

Ayaklarda, ayak taşınmalarının sıklığından dolayı, kompakt bir dizayna sahip kısa ve hafif 2 direkli kalkan tahkimat üniteleri kullanılmıştır. Ayaklardaki aydınlatma bu tahkimatların kalkan kısmının alt kısmına yerleştirilen 40 W'lık lambalarla sağlanmaktadır (Şekil 8.16).



ŞEKİL: 8.16. Kalkan Tahkimat Kesit Görünümü

Ölçmeler yerde, yerden 85 cm yükseklikte ve kazı arınında yapılmıştır. Lambalar ayakta birer kalkan arayla yerleştirilmiştir. Yani her kalkanda aydınlatma armatürü yoktur (Şekil 8.17).

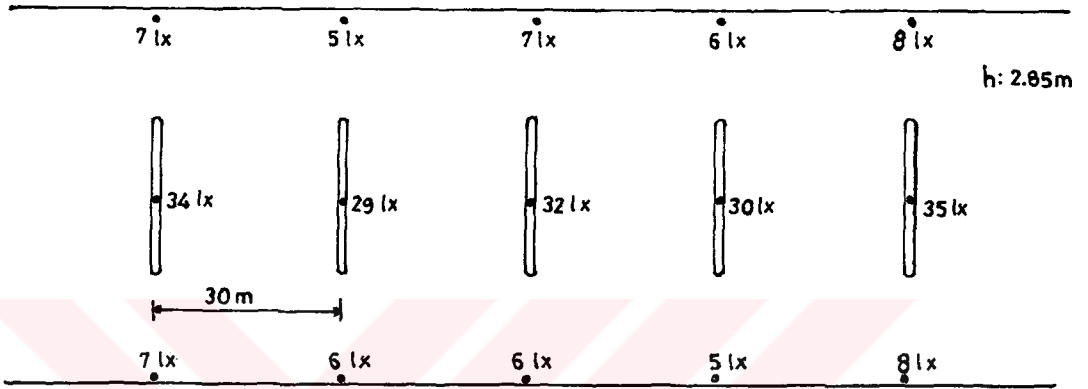


ŞEKİL: 8.17. Kalkan Tahkimatın Plan Görünüşü

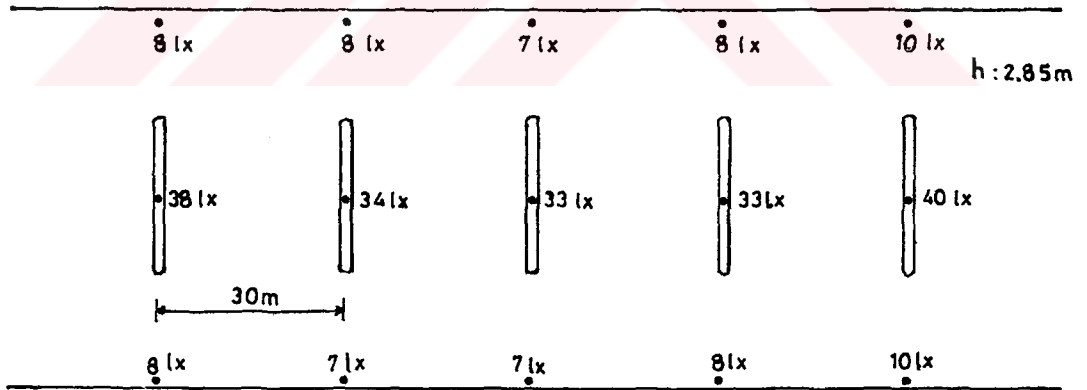
Ayaklarda aydınlatma uzun mesafe görüşü için yetersiz kalmaktadır. Bunun nedeni de işletmede her kalkana konması gereken aydınlatma armatürünün, her 2 kalkanda 1 tane olarak konmasından kaynaklanmaktadır. Ölçmeler ayakta çalışma olmadığı zaman yapılmıştır. Ayakta çalışma esnasında çıkacak tozlardan ve aydınlatma armatürleri tozla kaplanacağından aydınlatma değerleri daha da düşecektir.

8.3.11. Kirliliğin Aydınlatma Üzerindeki Etkisi

3206 Desandrisinde 5 lamba üzerinde yapılan çalışmada, aydınlatma şiddeti ölçüldükten sonra lambalar temizlettirilerek tekrar ölçüm yapıldı. Lambalar temizlendikten sonra yapılan ölçümlerde, aydınlatma şiddetinde % 10-20 arası bir artış gözlenmiştir (Şekil 8.18-19).



ŞEKİL: 8.18. 3206 Desandrisi Aydınlatma Planı (Lambalar Temizlenmeden Önce)



ŞEKİL: 8.19. 3206 Desandrisi Aydınlatma Planı (Lambalar Temizlendikten Sonra)

8.3.12. Lokomotif Farı Ölçümleri

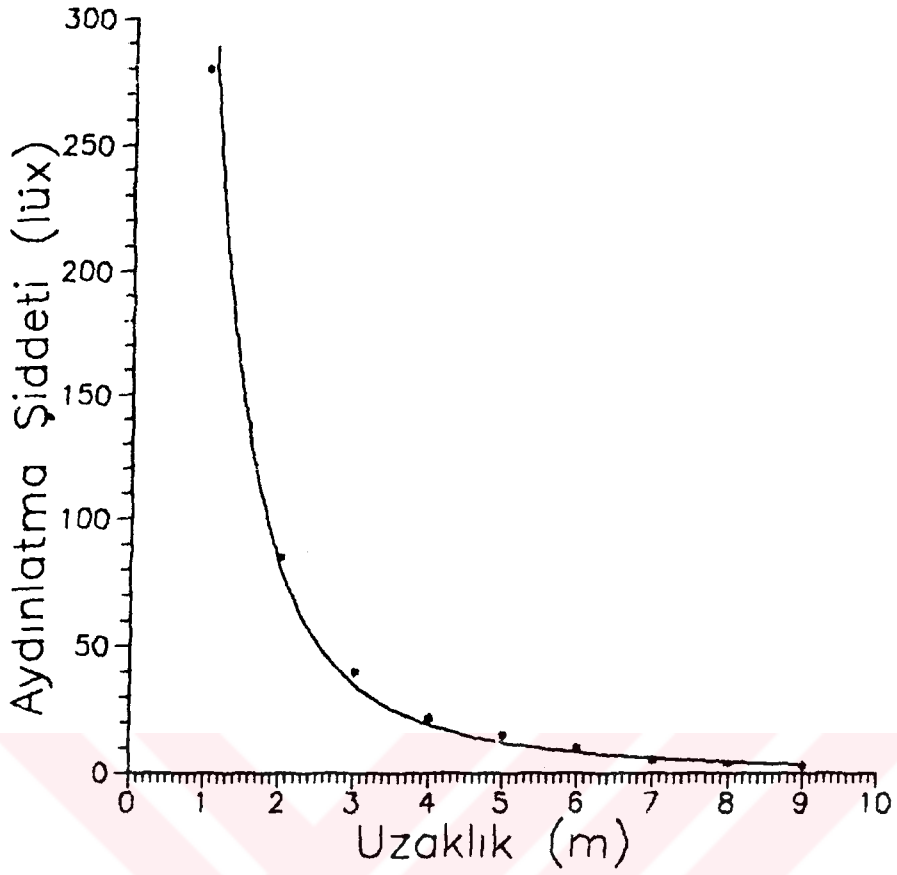
Bu çalışmada lokomotif farının uzaklığa göre aydınlatma şiddetinde olan değişimler ölçülmüştür. Sonucu etkileyebilecek ışık kaynakları söndürülerek ölçüm yapılmıştır. Ölçümler lüxmeter'in optik gözü ışık demetinin merkezine tutularak yapılmıştır.

8.3.12.1. Uzun Farlar

Tablo 8.3'de Lokomotif farları(uzunlar için) ölçüm verileri verilmiştir (Tablo 8.3).

TABLO: 8.3. Lokomotif Farları (Uzunlar İçin) Ölçüm Verileri

Uzaklık (m)	Aydınlatma Şiddeti(lx)
1	280
2	85
3	40
4	22
ı	ı
ı	ı
9	4



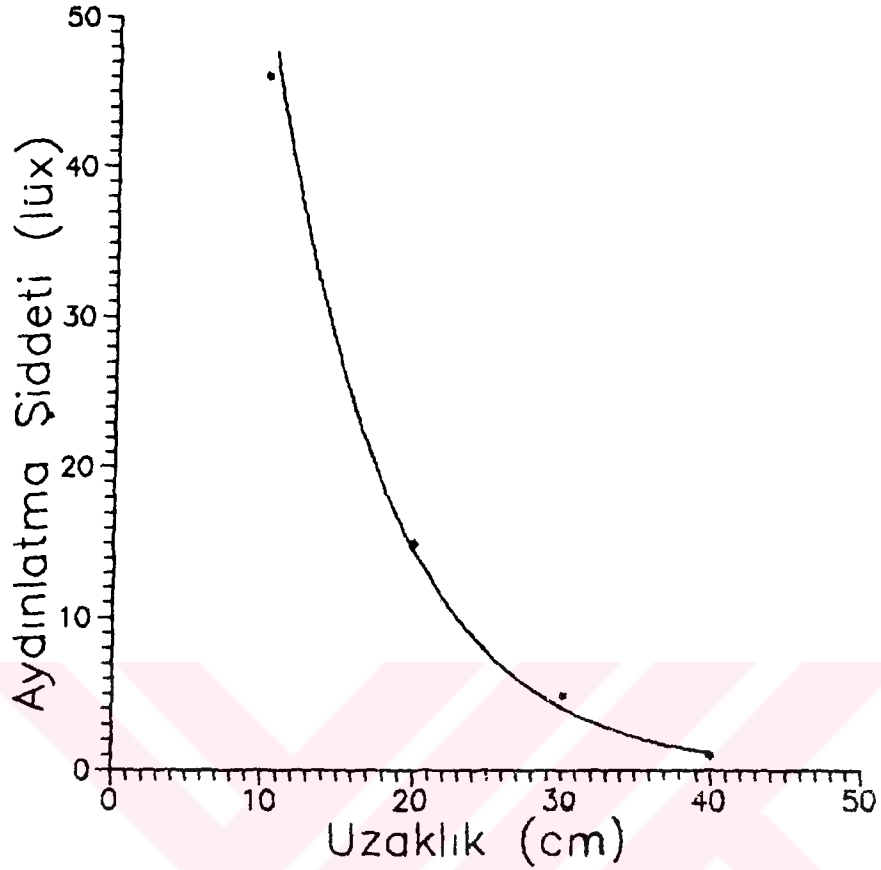
ŞEKİL: 8.20. Lokomotif Farları (Uzunlar) İçin Aydınlatma-Uzaklık İlişkileri

8.3.12.2. Kısa Farlar (Sinyal)

Tablo 8.4'de Lokomotif Farları (Kısalar için) ölçüm verileri gösterilmiştir. (Şekil 8.21).

TABLO: 8.4. Lokomotif Farları (Kısalar için) Ölçüm Verileri

Uzaklık (cm)	Aydınlatma Şiddeti (lx)
10	46
20	15
30	5
40	1



ŞEKİL: 8.21. Lokomotif Farları (Kısalar İçin)
Aydınlatma-Uzaklık İlişkisi

8.3.13. Baret Lambaları Ölçümleri

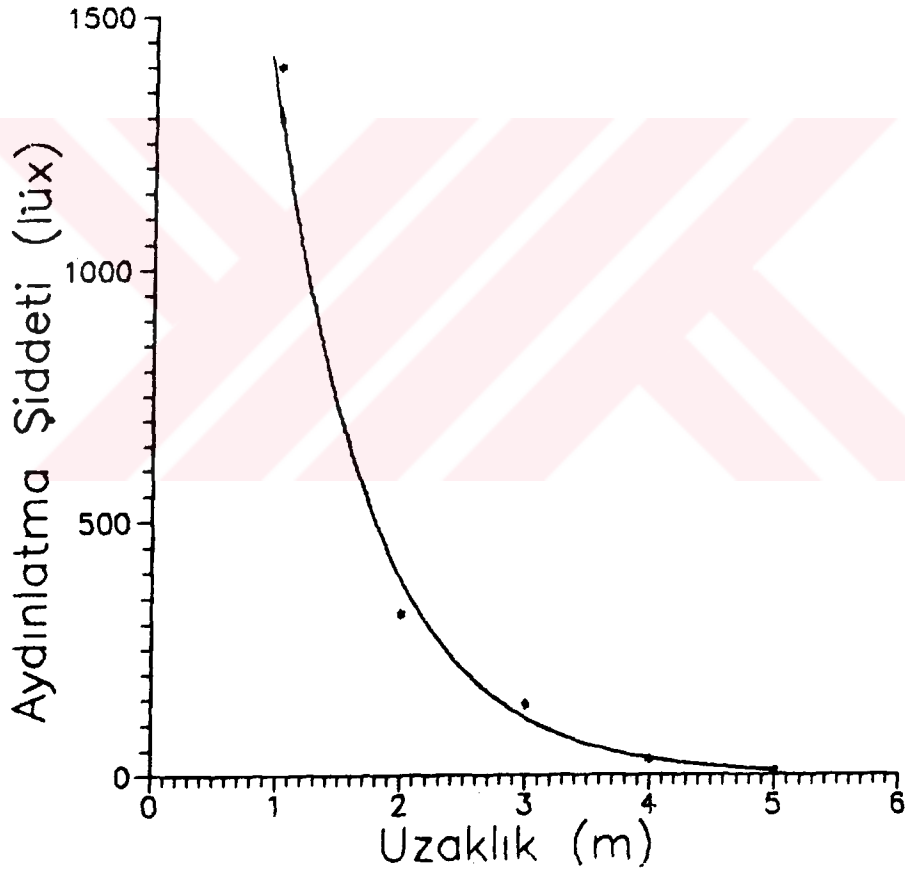
Baret lambalarının aydınlık şiddetlerinin uzaklığa göre değişimi incelenmiştir. Ölçümler ışık demetinin merkezinde yapılmıştır.

8.3.13.1. Uzunlar Yanarken

Tablo 8.5'de Baret lambaları (uzunlar yanarken) ölçüm verileri gösterilmiştir. (Şekil 8.22).

TABLO: 8.5. Baret Lambaları(Uzunlar Yanarken) Ölçüm Verileri

Uzaklık (m)	Aydınlatma (lx)
1m	1400 lx
2m	320 lx
3m	140 lx
4m	30 lx
5m	10 lx
'	'
'	'
30m	0 lx



ŞEKİL: 8.22. Baret Lambaları (Uzunlar) İçin Aydınlatma-Uzaklık İlişkisi

Baret lambasının barete takılan lamba kısmı 1.80m yükseklikte sabit olarak tutulduğunda yaydığı ışık yerde 40cm çaplı bir daire oluşturmaktadır. Bu dairenin merkezinde de 350 lx'lük bir aydınlatma oluşturmaktadır. Dairenin dışında aydınlatma 0 lx'tür.

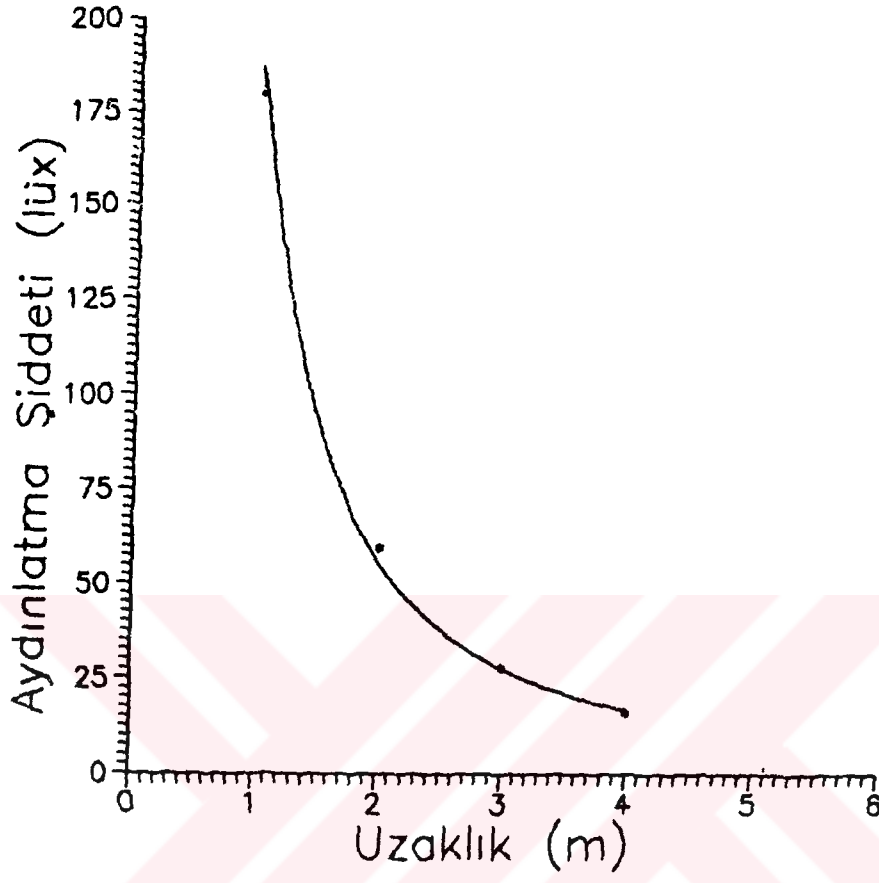
8.3.13.2. Kısalar Yanarken

Tablo 8.6'da Baret lambaları(kısalar yanarken) ölçüm verilerini göstermektedir (Şekil 8.23).

TABLO: 8.6. Baret Lambaları (Kısalar Yanarken) Ölçüm Verileri

Uzaklık (m)	Aydınlatma (lx)
1	180
2	60
3	28
4	16
'	'
'	'
13m	0 lx

Baret lambasını kısa yanarken 1.80m yükseklikte sabit olarak tuttuğumuzda yaydığı ışık demeti yerde 70 cm çapında bir daire oluşturmaktadır. Bu dairenin merkezinde 60 lx'lük bir aydınlatma gerçekleştirmektedir. Dairenin dışında aydınlatma 0 lx'tür.



ŞEKİL: 8.23. Baret Lambaları (Kısalar) İçin Aydınlatma-Uzaklık İlişkisi

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İnsan bütün çalışmalarında ışığa çok bağlıdır. Işık dolayısıyla aydınlatmanın iş verimi, iş güvenliği, kazalar, işin işleyişi, ve işçi sağlığı üzerinde hem direkt hem de endirekt etkilerinin varlığı yapılan, çalışmada gösterilmiştir. Yetersiz bir aydınlatma çalışanın aktivitesini, konsantrasyonunu, performansını ve psikolojik durumunu negatif yönde etkiler. Bu negatif etkiler dolaylı olarak iş verimini, iş güvenliğini, iş akışını, düşürür, kaza oranlarını arttırır. İyi bir aydınlatma sistemi ile bu negatif etkilerin oluşumu tamamen veya büyük bir oranda ortadan kaldırır.

Yeraltı madenciliğinde aydınlatma konusunda yapılan çalışma ve ölçmeler ışığında işletmeye öneriler şöyle sıralanabilir.

1- Bant nakliyat yollarında lambalar arası mesafe, karanlık adaptasyonu olmayacak şekilde yeniden düzenlenmeli (kısaltılmalı) dır.

2- Yükleme-boşaltma noktalarında ve tumba sahalarında duvarlar kireçle beyaza boyanarak duvarlara yansıtıcılık özelliği kazandırılarak veya bir armatüre iki lamba konarak aydınlatma düzeyi yükseltilebilir.

3- Aydınlatma armatür ve lambalarının bakımı ve temizliği belirli periyodlarla düzenli olarak yapılmalıdır.

4- Yanmış veya çalışma ömrünü doldurmuş ve titreşimli ışık yayan lambalar yenileriyle değiştirilmelidir.

5- Ayaklarda her kalkana bir aydınlatma armatürü konmalıdır. Böylece ayakta çalışan işçilerin uzak mesafe görüşü sağlanmış olur.

6- Kazı arınlarında 20-50 lüks'lük bir aydınlatma şiddeti oluşturacak şekilde, aydınlatma sistemi kurulmalıdır.

7- Kavşak noktalarında aydınlık alandan, karanlık alana geçerken aydınlatma armatürleri karanlık adaptasyonu oluşmayacak şekilde yerleştirilmelidir. Bu ya kavşağa yaklaşırken aydınlatma şiddetleri kademeli olarak düşürülür yada tali yol karanlık adaptasyonuna izin vermeyecek şekilde aydınlatılmalıdır.

8- İşçilerin sağlığı, performansı ve aktiviteleri için, işçilerin genel oturma ve çalışma yerlerinde aydınlatma düzeyleri yüksek tutulmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] HEYET, Rehber ansiklopedisi, 6. Cilt İstanbul(1984)
- [2] TROTTER, D.A., The Lighting of Underground Mines, by Trans.Tech.Publication, Clausthal, Germany (1982).
- [3] SPIESER, R., HERBST, C.H., HOFER, K., WUILLEMIN, A. O., Handbuch für Beleuchtung, W.Girardet, Essen, Deutschland (1975).
- [4] ÖZKAYA, M., Aydınlatma Tekniği, İstanbul (1972).
- [5] MUNCH UND STECK, Lichttechnische und Stralungs-technische Probleme bei Anlagen hoher Beleuchtungsstarken" Gesundheitsingenieur 9. sayı S.270 (1967).
- [6] SCHNEIDER, L., Optimale Beleuchtungsstarken für die Arbeit" Lichttechnik S.6, 317, S.7, 367, (1963).
- [7] HARTMAN, E., Beleuchtung und Sehen am Arbeitsplatz" München (1970).
- [8] DIN Normlar NRF DIN 22434.

ÖZGEÇMİŞ

1968 yılında Siirt'te doğdu. 1985 yılında Siirt Lisesi'nden mezun oldu ve aynı yıl İ.T.Ü. Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü'ne girdi. 1991 yılında Maden Mühendisi olarak mezun oldu ve arkasından İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Ana Bilim Dalı Maden Üretimi ve Teknolojisi (Kısmen Almanca) Programında Yüksek Lisans yapmaya başladı.

