

IŞIĞIN İNSAN ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Dilek ENARUN

İTÜ Elektrik - Elektronik Fak.

Bu çalışmada, ışığın, insan fizyolojisine etkileri, insan gözünün yapısı ve gözün elemanter görme fonksiyonlarının gözün yapısından ve ışıktan nasıl etkilendikleri anlatılmıştır.

1. GİRİŞ

Aydınlatmanın amacı, en genel anlamda insanların yaşamlarını sürdürebilmeleri için gerekli koşulların sağlanmasına katkıda bulunmaktır. Bunu gerçekleştirebilmek için aydınlatmacının ne ile ve ne için çalıştığını bilmesi gerekir.

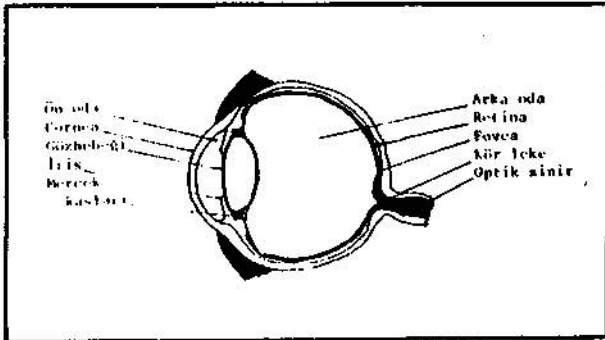
Aydınlatmacının kullandığı malzeme ışıktır. Işık ile ifade ettiğimiz, elektromagnetik dalga spektrumunda 380 nm ile 780 nm arasındaki bölgede kalan ve insan gözünde görme duyumu uyandıran radyasyonlardır.

Aydınlatmacının ne için çalıştığı sorusunun cevabı ise, öncelikle insandır ve aydınlatmacının tasarımını yaptığı aydınlatmayı değerlendiren unsuru, yani insanı ve özellikle gözü iyi tanıması gerekir ki tasarımında başarılı olsun.

2. GÖZÜN YAPISI VE GÖRME DUYUMU

Işığın göz içersine düşmesinden görme duyumu oluşmasına kadar geçen süreçte üç aşamalı bir enerji dönüşümü olur. önce, gözde ışığa duyarlı maddeler tarafından yutulan radyasyon enerjisi bu maddelerin ayrışmaları ile kimyasal enerjiye dönüşür. Sonra, bu kimyasal enerji, gözün beyin konteksi ile ilişkisini sağlayan optik sinirin liflerinde akım darbeleri oluşturan elektrik enerjisine dönüşür.

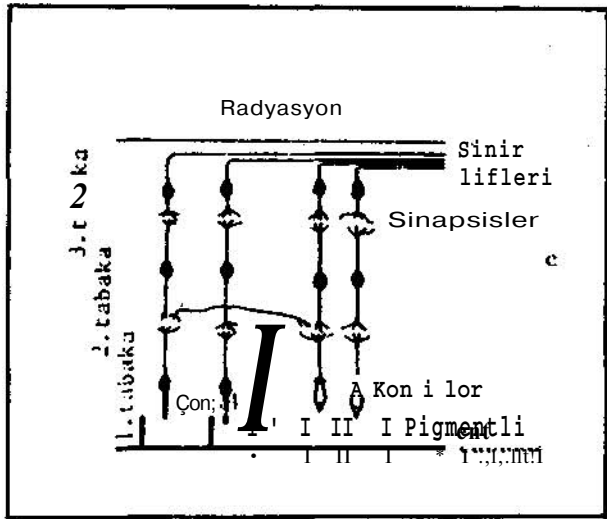
Radyasyon akısı göze, saydam göz akından, cornea'dan girer (Şekil 1). Bunun hemen arkasında ön oda ve göz



ŞEKİL 1. Göz

bebeğini oluşturan iris yer alırlar. Saydam göz akından çıktıktan sonra kırılmış olan ışınlar göz bebeğinden geçip göz merceğinin üzerine düşerler. Göz merceği saydam, çift taraflı dış bükey bir dokudur.

Gözlenen cisimlerin imgeleri ters ve boyutları çok indirgenmiş olarak ağ tabaka, retina üzerinde odaklanırlar. Retina 0,2 mm kalınlığında ve çok karmaşık yapıda saydam bir tabakadır (Şekil 2). Her biri optik sinirin nöron adı verilen uzmanlaşmış hücrelerini içeren üç katmandan oluşur. Her nöron bir dallanma noktasına ulaşır. Sinapsis'ler adı verilen bu dallanma noktaları, aynı sinir lifine ait komşu nöronların da vardıkları, benzer dalcıklardan oluşan bir tür ince dalcıklar ağıdır.



ŞEKİL 2. Retina

Radyasyon akısı, göz ortamından, yani arka odadan ve daha sonra nöronların üçüncü ve ikinci tabakalarından geçer ve retinanın pigmentli katmanının sınırında yer alan nöronların birinci katmanına varır. Birinci katmandaki nöronlar şekil açısından farklılıklar gösterirler. Bunlara koniler ve çomaklar adları verilir. Birinci katmana giren radyasyon koni ve çomakların içlerinde bulunan ışığa duyarlı maddelerin molekülleri tarafından yutulur. Fotokimyasal süreçte kullanılmayan radyasyon retinanın pigmentli katmanı üzerine düşer ve burada ışığa duyarlı hücreleri etkileyebilecek ve böylece optik imgeyi bozabilecek olan yansımaları önlemek amacıyla tamamen masdedilir.

Gözdeki toplam çomak sayısı 130 milyon ve koni sayısı 7 milyon dolayındadır. Konilerin çoğu fovea'da (sarı leke veya merkez çukur) ve civarında yer alırlar. Çomaklar retinanın tümüne yayılmışlardır, ancak bunların büyük bir kısmı merkezden 10°-20°'lik bir yükseklikte bulunur. Retinanın merkezinde koniler sayısal olarak daha yoğunlardır, 1 mm² de 10⁵ tane, burada her bir sinir lifi en fazla iki veya üç tane ışığa duyarlı hücreye bağlıdır. Buna karşılık retinanın dış bölgelerinde tek bir sinir Kfibe onlarca hatta yüzlerce hücre bağlıdır. Bunun neticesinde göz, sadece görme alanının açısal büyüklüğü 1,3° - 1,5° arasında kalan merkez kısmını kullanarak, imge büyüklükleri bir milimetrenin binde birini geçmeyen çok küçük detayları algılayabilmektedir. Retinanın daha çok çomak içeren geri kalan kısmı, genel bir yön tayini sağlamaya yarar.

Çomaklar rodopsin adı verilen bir madde içerirler. Işık etkisi altında rodopsin ayrışır, sonra bir denge sağlanacak şekilde tekrar oluşur ve yeniden ışığa duyar hale gelir. Koniler ise iodopsin adı verilen bir pigment içerirler. Işık etkisi altında iodopsin de tersine çevrilebilir bir ayrışmaya uğrar. Rodopsin ve iodopsin sırasıyla 512 nm ve 555 nm de spektral duyarlıklarının maksimumlarına erişirler. Rodopsinin duyarlılığı iodopsinden daha büyük olduğundan çomaklar konilerden daha duyarlıdır ve çok düşük seviyedeki ışık uyarımlarına cevap verebilirler, fakat renk farketmezler. Koniler renk duyumunu oluştururlar ve ince detay algılayıcılar.

iodopsin ve rodopsin molekülleri fotonları yuttuklarında, ayrışma sürecinde koniler ve çomaklar içinde iyonlar oluşur. Ayrışmanın ürünleri olan iyonlar birinci sinopsiste saklanırlar. Bunun neticesinde optik sinirin liflerinde akım darbeleri oluşur ve bunlar beyin koteksinin oksipital lobunun hücrelerine iletilirler. Böylece görme duyumunu uyanır.

3. GÖZDEN GİREN IŞIĞIN GÖRME DUYUMU DIŞINDAKİ ETKİLERİ

Gözün beyindeki görme merkezine olan sinir bağlantıları dışında hipofiz bezine de bağlantılar vardır. Hipofiz, pineal bezi, talamus ve hipotalamus ile birlikte ara beyinde, diencephalon'da yer alır. Gözde, ışık uyarımını aldıkları zaman hipofiz bezine kodlanmış akım darbeleri gönderen özel nöron gruplarının varlıkları tesbit edilmiştir. Bu verilere dayanarak hipofiz çalışmasını ayarlamaktadır.

Bütün hormon bezlerine kumanda edebilen hipofiz ayrıca bütün bu hormon bezlerinden daha fazla hormon salgılar. Hipofizin salgıladığı hormonların bir kısmı metabolizmayı direkt etkiler, bir kısmı ise diğer hormon bezlerinin çalışmalarını ayarlar.

Hormonlar, iç salgı (endokrin) yöntemiyle kana veya lenfe karışan ve vücut sıvıları ile vücutta dolaşan karmaşık yapıları organik unsurlardır. Hormonlar az miktarda

salgılanırlar, çabuk harcandıklarından salgı (salgı) devam etmezse etkileri sona erer.

Hormon bezlerinin arasında en bilinenlerinden biri tiroit bezidir. Tiroit bezi boğazımızda nefes borusunun üzerinde yer alan yarım ay şeklinde bir bezdir. Ürettiği en önemli hormon tiroittir. Tiroitin az salgılanması halinde yaşam enerjisi düşer, kalp atışları yavaşlar, vücut ısısı düşer. Tiroit bezinin arka tarafında paratiroit bezleri bulunur. Bunların ürettiği hormon ise vücutta kalsiyum ve fosfat dengesini sağlar. Kalsiyum, sinir ve adele uyarımlarının normal işlemesi için, kalsiyumfosfat ise kemiklerin sertleşmesi için gereklidir. Bu bezin az hormon üretmesi, sonucu spazmlara varan aşırı sinir ve adele uyarımlarının oluşmasına, fazla hormon üretmesi ise kemiklerin erimesine neden olur.

Mide salgı bezleri, mide salgıları dışında, ensülin ve glukagon üretirler. Bu iki hormon birbirlerine karşı çalışarak kandaki karbonhidrat miktarını % 0,1 de tutarlar. Ensülin hazım sırasında kana geçen ve hemen kullanılmayan karbonhidratı glikojen'e çevirir. Bu da karaciğer ve adelerde depo edilir. Buna karşılık glukogen, gerektiğinde glikojeni yeniden karbonhidrata çevirir. Ensülin hiç salgılanmazsa veya az salgılanırsa kandaki şeker miktarı artar ve şeker hastalığı başlar.

Böbrek üstü bezleri adrenalin salgılayıcılar. Adrenalinin vazifesi, ani zorlanmalarda kan dolaşımını ayarlamak ve glikojenin şekere dönüşmesini hızlandırmaktır. Böylece kişinin maddi ve manevi gücü artar. Böbrek üstü bezleri yalnız sempatik sinir sisteminden kumanda alırlar.

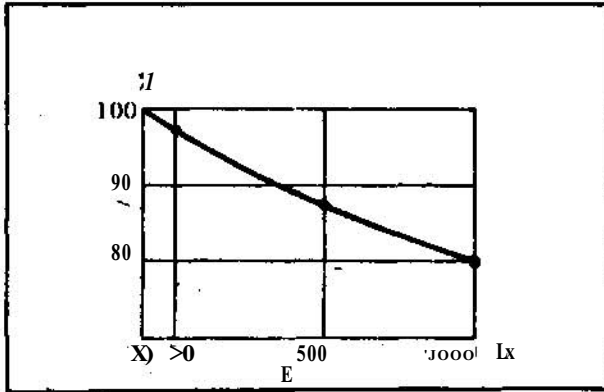
Sempatik sinir sistemi vejetatif sinir sisteminin bir kısmıdır ve organların verimlerini artırmaları yönünde çalışır. Vejetatif sinir sistemi, merkezi sinir sistemi ile bağlantılı bulunan, ancak kendi başına çalışan bir sinir sistemidir. Kumanda merkezleri hipotalamusda yer alırlar. Büyük beyinin kendisine direkt bağlantısı yoktur ve bundan dolayı hayatımızı sürdürmemizi sağlayan fonksiyonları vejetatif sinir sistemi bizim bilincimizin dışında yürütür. Vejetatif sinir sisteminin diğer bölümü parasempatik sinir sistemidir ve etkisi frenleyicidir. Bu iki sistemin karşılıklı çalışması neticesinde vücut, bilincimizin dışında yürüttüğü sindirim, kan dolaşımı gibi tüm fonksiyonlarını yerine getirir.

İç salgılamalı bütün bezler vejetatif sinir sisteminin liflerine bağlıdır. Vejetatif sinir sistemi bu bezlerin hormon salgılamalarını sağlayabilir, ama salgılanan hormonlardan da etkilenir. Vejetatif sinir sistemi ile hormon bezleri arasındaki bu ilişkide hipofizin üst kademe yönetici bir görevi vardır. Buradan anlaşılacağı gibi, göze düşen ışıktan etkilenen hipofiz, dolayısıyla da bir mertebeye kadar ışık tüm metabolizmayı etkilemektedir.

Örüm hayvanlar üzerinde yaptığı deneylerde kan miktarının ve kanın içindeki hemoglobin oranının ışıktan etkilendiğini göstermiştir. Graffenberger de karanlıkta tu-

tulan hayvanlarda hem hemoglobin hem de bütün kan miktarının düştüğünü göstermiştir. Marti ise karanlıkta tutulduktan sonra tekrar aydınlığa çıkarılan hayvanlarda hemoglobin miktarının tekrar arttığını gözlemiştir. Finsen, aydınlık düzeylerinin insan kanındaki hemoglobin miktarı üzerinde yaptığı etkiyi araştırmış ve karanlık kış aylarında aydınlık yaz aylarına nazaran kandaki hemoglobin miktarının daha düşük olduğunu tespit etmiştir.

Radnot, 1963 senesinde CIE'ye verdiği tebliğde beyaz kan yuvarlarının özel bir türü olan eozonofil lökositlerin yoğunluğunun nöroendokrin sistemin devreye girmesi ile aydınlık düzeylerine göre değiştiğini açıklamıştır. Şekil 3 aydınlık düzeyinin eozonofil lökositlerin yoğunluğu üzerine etkisini göstermektedir. Yoğunluğun azalması, vücut fonksiyonlarının canlanmasının ve insanın verimliliğinin arttığının bir işaretidir. Bu eğri, insanın bir gündüz yarattığı olduğunun ve ancak gündüz açık havadaki ışık şartlarında verimli olabilmek için optimum koşullara ulaşabildiğinin bir kanıtıdır. Bu da, insan, bir canlı varlık olarak gelişirken çok uzun bir süre tek gerekli ve yeterli enerji kaynağı olarak karşısında güneşi bulmuş olmasının en doğal sonucudur.



ŞEKİL 3. E aydınlık düzeyine bağlı olarak eozonofil lökositlerin kandaki yoğunluğu

4. ELEMANTER GÖRME FONKSİYONLARINDAN ÖRNEKLER

Gözün fonksiyonları, koniler ve çomaklar göz içersinde düzgün dağılmamış olduklarından, ışığın görme alanının hangi kısmından göze geldiğine ve konilerin ve çomakların ışığa karşı tepkileri farklı olduğundan, bu gelen ışığın şiddetine bağlıdır. Görme olayı, görme alanı parıltısına bağlı olarak üç bölümde incelenebilir.

- Skotopik görme: Parıltısı 10^{-2} ile 10^{-3} cd/m² arasında olan bir görme alanında görme olayı şöyle bir özellik gösterir: Bakış doğrultusu dışında kalan cisimler, bakış doğrultusundakilere göre daha rahat farkedilirler. Bu olayın nedeni, parıltının yukarıda belirtilen düzeylerindeki görmeyi, skotopik görmeyi, üstlenmiş olan çomakların göz içersindeki dağılımlarıdır. Skotopik görmede renk duyumudur.

- Mezopik görme: Görme alanı parıltısının 10^{-2} cd/m²'nin üstüne çıkmasının görme olayı üzerinde üç belirgin etkisi vardır.

- a - Aydınlık düzeyi arttıkça, bakış doğrultusundaki görme düzelir.
- b - Renk duyumunu başlar ve aydınlık düzeyinin yükselmesi ile artar.
- c • Farklı renklerdeki cisimlerin bağlı parlaklıkları değişir. Bu etki Purkinje olayı olarak bilinir ve diğer iki etki gibi mezopik görme bölgesinde (yaklaşık 10^{-2} ile 10 cd/m² arası) parıltının değişmesi ile koni ve çomakların görme olayına katkı oranlarının değişmesinden kaynaklanır.

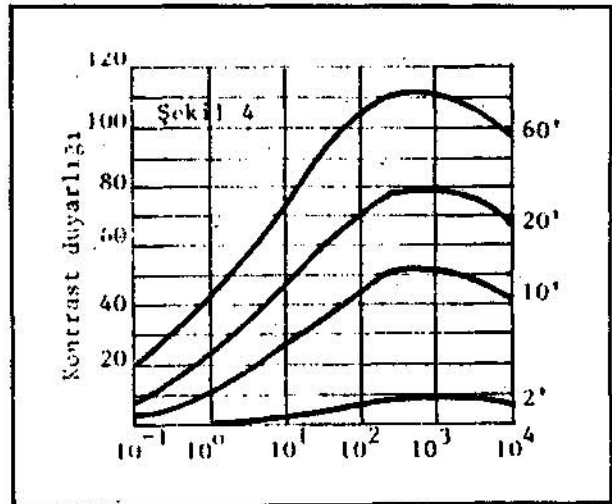
- Fotopik görme: Görme alanı parıltılı 10 cd/m²'nin üzerine çıktığında, görme olayı artık tamamen koniler tarafından üstlenilir ve parıltının artmasından etkilenmez. Fotopik görme renklidir.

4.1. Kontrast duyarlılığı

Kontrast duyarlılığı, gözün belirli parıltılara sahip iki komşu cismin parıltıları arasındaki farkı seçebilme yeteneğine denir. Kontrast duyarlılığı, gözün adaptasyon seviyesine ve gözlenen cisimlerin imgelerinin retina üzerindeki yerine bağlıdır. Maksimum kontrast duyarlılığına fotopik görmede ulaşılır ve bu durumda da en duyarlı bölge fovea ve civarındadır.

Görme alanı parıltısı düştükçe kontrast duyarlılığı azalır ve maksimum, bakış doğrultusunun 10° - 20° yanına kayar. Artık görmeyi çomaklar üstlenmişlerdir ve bunların maksimum yoğunluğu da yukarıda belirtilen bölgededir.

Kontrast duyarlılığı, görme alanı parıltısı dışında, gözlenen cismin büyüklüğüne de bağlıdır. Bu üç büyüklük arasındaki ilişkiyi Şekil 4 göstermektedir. Kontrast duyarlılığı, görme alanı parıltısı ile önce hızla artar, daha yüksek parıltılarda, burada artık kamaşma oluşur, tekrar düşmek üzere yaklaşık 100 ile 5000 cd/m² arasında bir

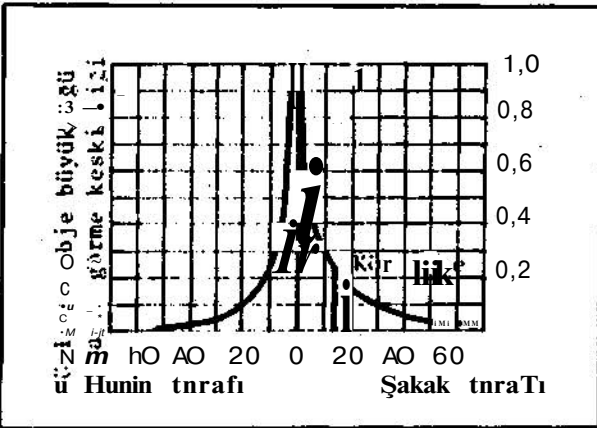


ŞEKİL 4.

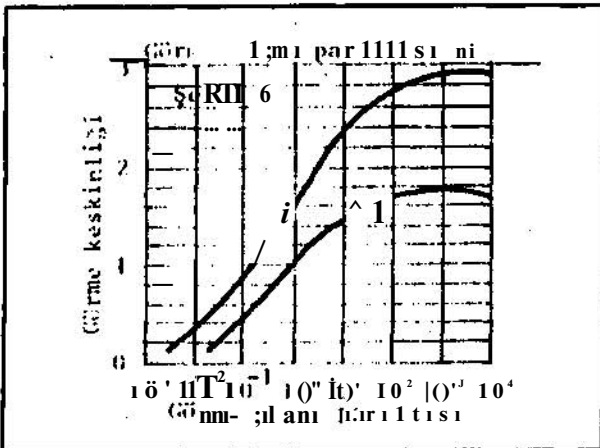
optimum bölgeden geçer. Görme alanı içindeki yüzeylerin yansıtma katsayılarının ortalama 0,5 olduğu düşünülürse, en iyi görme bölgesi aydınlık düzeyi cinsinden 600 ile 30000 lx arasında kalır.

4.2. Görme keskinliği

Görme keskinliği, gözün iki yakın komşu çizgiyi ayrık olarak fark edebilmesi yeteneğini tanımlar. Detay fark edebilen hücreler koniler olduğundan ve koniler de ağırlıklı olarak merkez çukurda bulduklarından, görme keskinliğinin maksimum değerine sarı lekede, yani bakış doğrultusunda ulaşılır. Bakış doğrultusunun etrafında görme keskinliği hızla düşer, 10°'lik bir açısal uzaklıkta dahi, sarı lekedeki maksimum değer yaklaşık dörtte birine iner (Şekil 5). Görme keskinliği de, kontrast duyarlılığı gibi görme alanı parlaltısına bağlıdır. Şekil 6, optimum görme şartlarında, yani gözlenen cisim ile çevresi arasındaki kontrastın yeterli olması durumunda görme keskinliğinin görme alanı parlaltısı ile ilişkisini göstermektedir. Taralı alan, normal görüşlü ve 50 yaşından büyük olmayan değişik gözleyicilerin cevap farklarından ortaya çıkmıştır. Optimum bölge burada da yaklaşık 100 nt'lik görüş alanı parlaltısı, yani normal refleksiyon şartlarında 600 lx'ün üzerinde bir aydınlık düzeyinde başlar.



ŞEKİL 5. Gözlenen obje ile bakış doğrultusu arasındaki açı

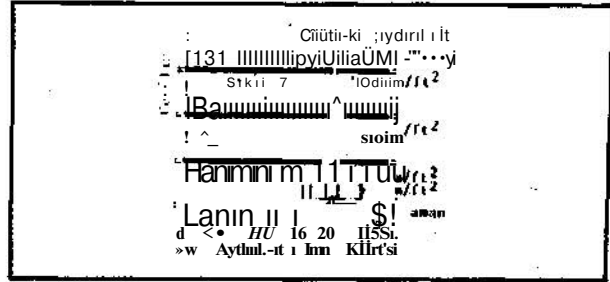


ŞEKİL 6.

4.3. Farketme hızı

Farketme hızı pratikte çok büyük önem taşır. Hatta sırasında ölüm kalım meselesi bile olabilir.

Görme duyumunun oluşması için geçen zamanın ölçülmesi henüz mümkün değildir. Fakat uyarımın oluştuğu andan buna karşı gösterilen bir tepkiye kadar geçen süre ölçülebilir. Buna tepki zamanı denir ve basit görsel algılarla bunlara karşı gösterilen basit tepkiler arasında değeri genellikle saniyenin ellide biri kadardır. Bu zamanın büyük bir kısmının görme olayının ilk ve son aşamalarda, yani uyarımın görme sinirlerine ulaşması ile beyine varıp görsel duyuma dönüşmesi sırasında, kullanıldığı tahmin edilmektedir, ilk aşamada kullanılan zaman, uyarımın şiddeti ile son aşamada kullanılan zaman ise uyarımın şekli ve kişinin o andaki konsantrasyonu ile değişebilir. Şekil 7 dört farklı şiddetteki uyarım için limulus polifemus (bir yengeç cinsi) gözü üzerinde yapılan deneylerde bir tek optik sinir lifinde oluşan akım darbelerinin zamanla değişimini göstermektedir.



ŞEKİL 7.

Farketme hızını yükseltmek için alınacak önlem görme alanı parlaltısını yüksek ve gözlenen cisim ile çevresi arasındaki kontrastı büyük tutmaktır. Farketme hızı, reaksiyon zamanını etkilediğinden çalışma emniyeti bakımından büyük önem taşır.

KAYNAKLAR

- (1) "Handbuch für Beleuchtung", Verlag W. Girardet, Essen, 1975
- (2) P. Moon, "The Scientific Basis of Illuminating Engineering", Mir Publishers, Moscow, 1981
- (3) V. V. Meshkov, "Fundamentals of Illuminating Engineering", Mir Publishers, Moscow, 1981
- (4) F. Spielberger, "Der Mensch", Çucue und Meyer, Heidelberg, 1968
- (5) B. Steck, "Die Einwirkung der Optischen Strahlung auf den Organismus des Menschen", Technisch - wissenschaftliche Abhandlungen der Osram Gesellschaft, 11. Band, s. 416, 1973
- (6) H. Logan, "The Relation of Light to Health", Illuminating Engineering, March 1967, s. 159
- (7) S. Lehm, "Beeinflussung von Gesundheit und Wohlbefinden durch Licht", 9/1980, s.444.

Bu bildiri, I. Elektrik Mühendisliği Ulusal Kongresi'nde sunulmuştur.