

AKILLI YOL AYDINLATMASI PROJESİ

Sermin ONAYGİL¹
onaygil@itu.edu.tr

Yusuf DURSUN²
ydursun@isbak.istanbul

Burcu BÜYÜKKINACI²
bbuyukkinaci@isbak.istanbul

Önder GÜLER¹
onder.guler@itu.edu.tr

M.Berker YURTSEVEN¹
byurtseven@itu.edu.tr

Hakan ÇELİK²
hcelik@isbak.istanbul

¹ İTÜ Enerji Enstitüsü, İTÜ Ayazağa Kampüsü, 34469 Maslak-İstanbul

² İSBAK A.Ş. Seyrantepe Mahallesi, Cendere Cd. No:56, 34418, Kağıthane-İstanbul

ÖZET

Günümüzde aydınlatma armatürleri etkin bir şekilde loşlaştırılabilen, bilgisayar ve haberleşme teknolojileri de tüm armatürleri tek bir merkezden yönetebilmektedir. Ama henüz ne zaman ve ne kadar loşlaştırma yapılacağı net olarak bilinemediğinden yol aydınlatması otomasyon sistemleri etkin bir şekilde uygulama alanı bulamamaktadır. Dünyadaki çeşitli uygulamalarda da araştırmacılar kendi yöntemlerini geliştirerek değişen yol ve sürüş koşullarına göre loşlaştırma yapan sistemler tesis etmeye çalışmaktadır. Ancak bugüne kadar tüm bu uygulamalar genellikle yerel pilot projeler olarak kalmış, uluslararası kabul gören herhangi bir yöntem henüz oluşturulamamıştır. Otomasyon sistemleri kullanılırken önemli olan, uluslararası standart ve öneriler ile belirlenmiş yol aydınlatması kalite kriterlerine uygun, sürüş güvenliğini tehlikeye atmayan doğru loşlaştırma senaryolarını belirleyebilmektir. Otomasyon stratejilerini belirlemeden ve uygulamadan önce mümkün olduğunca test projeleri üzerinde çalışılması, gerçek yol kullanıcıları ile deney ve anketlerin gerçekleştirilmesi, sürüş güvenliği konusunda daha çok araştırma yapılması gerekmektedir. İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) ve İstanbul Bilişim ve Akıllı Kent Teknolojileri A.Ş. (İSBAK) ortak bir proje geliştirerek, Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'ndan aldığı proje desteği ile İstanbul İTÜ Ayazağa Kampüsü içerisinde, sürücülerin görüş performansını ölçüp değerlendirmek amacıyla değişik koşul ve senaryoların yaratılabileceği bir test yolu kurmuştur. Test yolu üzerinde gerçekleştirilen ölçüm ve deney sonuçlarına göre doğru loşlaştırma senaryolarının uygulandığı bir "yol aydınlatması otomasyon sistemi"nin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Anahtar sözcükler: Aydınlatma otomasyon stratejileri, Loşlaştırma senaryoları, Yol aydınlatması otomasyonu.

1. GİRİŞ

Son yıllarda yalnızca Türkiye'de değil tüm dünyada bilgi ve iletişim teknolojisi alanlarındaki gelişmelerden faydalanılarak yerleşim merkezlerini akıllı şehirlere dönüştürme stratejileri uygulanmakta, ulaşım, çevre, güvenlik, enerji ve daha pek çok alandaki akıllı teknolojiler şehirlerin yaşam kalitesini arttırmak için kullanılmaktadır. Akıllı sistemlerin hızla uygulanabildiği en önemli alanlardan biri yol aydınlatması tesisatlarıdır. Özellikle LED teknolojisindeki gelişmeler

sayesinde, LED'li armatürlerin hem etkinlik faktörlerinin yüksek, ömürlerinin uzun olması hem de ışık akılarına kolayca kumanda edilebilmesi akıllı yol aydınlatması sistemleri ile ilgili çalışmaları hızlandırmıştır.

Standart yol aydınlatması sistemleri genellikle zaman ayarlı ya da foto elektrik kontroller ile anahtarlanmakta ve tesis edilmiş lambalar gün ışığı bulunmayan saatlerde sürekli aynı güçte çalışarak aynı ışık akısını vermektedirler. Diğer yandan yoldaki trafik ya da meteorolojik

koşullarda zamana bağlı oluşan değişimler sonucunda farklı koşullar oluşabilmekte ve bu durumlarda yol üzerinde ihtiyaç duyulan ortalama parıltı düzeyi değerleri değişebilmektedir. Yol üzerinde o anda ihtiyaç olmadığı halde, fazla aydınlatma gerçekleştirilmesi, enerjinin boşa harcanması anlamına gelmektedir. Günümüzde çok basit sistemlerden, son teknolojinin kullanıldığı karmaşık sistemlere kadar çeşitlilik gösteren aydınlatma kontrol sistemleri kullanılarak yolun değişen dinamik durumuna göre aydınlatma yapabilecek yol aydınlatma tesisatları kurulmaktadır. Teknik olarak LED ışık kaynaklı armatürlerin ışık akıları istenilen seviyelerde loşlaştırılabilmektedir. Ancak yol aydınlatmalarında temel amaç gerekli aydınlatma koşullarının oluşturulması ve trafik güvenliğinin sağlanmasıdır. Can ve mal güvenliği açısından yeterli aydınlatma kriterlerinin sağlanması gereken yol aydınlatmalarında armatür ışık akısının gelişigüzel loşlaştırılması düşünülemez. Aydınlatma kalite kriterlerinden ödün vermeden ve görüş konforunu bozmadan gereksiz enerji tüketiminin önüne geçmek için doğru stratejiler uygulanmalıdır. Bu nedenle, sürüş güvenliği açısından, armatür ışık akısını azaltmanın sürücülerin görme performansı üzerindeki etkisinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır.

İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Ayazağa Kampüsü'nde, İTÜ ve İSBAK İstanbul Bilişim ve Akıllı Kent Teknolojileri Anonim Şirketi ortak çalışması ile Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından desteklenen San-Tez projesi kapsamında, sürücülerin görme performansını ölçüp değerlendirmek için değişik koşul ve senaryoların yaratılabileceği bir test yolu kurulmuştur. Projenin sonunda, trafik algılayıcılarından araç hız ve yoğunluk bilgilerini alan, yol üzerindeki mevcut koşullara uygun loşlaştırma oranına karar verebilen ve

armatürlere bu yönde kumanda ederek sürücü emniyet ve konforunu bozmadan enerji tasarrufu sağlayabilen bir akıllı yol aydınlatma kontrol sisteminin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Geliştirilen "otomasyon sistemi ve kontrol yazılımı" İstanbul Cendere Caddesi'nin 500 metrelik bölümünde pilot uygulama olarak uygulanmaktadır. Bu çalışmalar sonucunda, şehir içi yollardaki aydınlatma tesislerinde, yol üzerinde değişen koşullara uygun şekilde armatür ışık akılarını ayarlayarak enerji tasarrufuna olanak sağlayan, ancak gerekli güvenlik ve konfor koşullarını bozmayan "akıllı bir sistem" geliştirilmiş ve uygulanmış olacaktır.

2. YÖNTEM

Akıllı yol aydınlatması sistemlerinde kullanılacak otomasyon stratejilerini belirlemeden ve uygulamadan önce mümkün olabildiğince test projeleri üzerinde çalışılması, gerçek yol kullanıcıları ile test ve anket çalışmaları gerçekleştirilmesi, sürüş güvenliği konusunda daha çok araştırma yapılması gerekmektedir. Sürücülerin görme performansını etkileyen yol aydınlatma kalite kriterleri (parıltı düzeyi, düzgünlük, kamaşma, vb.), tesisat özellikleri (ışık kaynağı, armatür, direk boyu, yol yüzey kaplaması, aydınlatma düzeni, vb.), sürücü kişisel özellikleri (yaş, cinsiyet, kültür, göz bozukluğu, vb.), çevresel faktörler (diğer araç farları, kamaşma kaynakları, görüş alanı karmaşıklığı, vb.) gibi çok sayıda parametre olduğu, bu parametrelerin hem tekil hem de karşılıklı etkilerinin dikkate alınması gerektiği için ihtiyaç duyulan deneysel çalışmalar çok karmaşıklaşmakta ve zorlaşmaktadır. Sürücüler için gerekli güvenlik koşullarının göz ardı edilmemesi ve söz konusu gerekliliklerin belirlenmesi amacıyla, görülebilirlik deneylerinin

gerçekleştirilebileceği bir test yolu kurulmuştur.

2.1 Test yolu

Test yolu, her birinin genişliği 3,5 metre olmak üzere iki şeritli, toplam 7 metre genişliğinde ve 250 metre uzunluğundadır. Soldan tek taraflı düzenle aydınlatılmıştır. Direkler arası mesafe 30 metredir. Test yolunda farklı yol aydınlatma sınıflarına ait senaryoların gerçekleştirilebilmesi ve farklı renk sıcaklıklarının etkisinin dikkate alınabilmesi amacıyla, sekiz adet direğin her birine 150W gücünde 4000K ve 6000K renk sıcaklıklarında iki adet LED'li armatür ile 100W ve 150W güçlerinde iki adet yüksek basınçlı sodyum buharlı (YBSB) lambalı armatür olmak üzere, toplam dört adet armatür yerleştirilmiştir. Armatürlerin ışık akıları kontrol sistemi ile istenilen seviyelere ayarlanabilmektedir. Böylece yol yüzeyinde farklı aydınlatma sınıflarına karşılık gelen parlılık değerleri elde edilebilmektedir. Farklı deneysel çalışmalarda esnek çözümler oluşturulabilmesi amacıyla test yolundaki direkler, ileri geri hareket düzeneği ile uzunlukları değiştirilebilen konsolların yükseklikleri 8, 9, 10, 11 ya da 12 metreye ayarlanabilecek şekilde özel olarak tasarlanmıştır Test yolunda armatür ışık akıları M1 ve M6 arasında yol aydınlatma sınıfları için gerekli kalite kriterlerini sağlayacak şekilde ayarlanabilmektedir [1].

2.2 Kritik cisim görülebilirlik seviyelerinin hesaplanması

Yol üzerindeki bir cismin görülebilmesi için cisim ve cismin arka fonu arasında belli bir parlılık farkı olmalıdır. Sürücülerin görme performansının değerlendirilmesi amacıyla verilmiş olan belirli bir şekle, büyüklüğe ve yansıtma katsayısına sahip bir cismin görülebilirlik değerinin, eşik değerinin ne kadar üstünde olduğunu

gösteren bir ölçü olan Görülebilirlik Seviyesi (VL) Adrian [2, 3, 4] tarafından önerilen aşağıdaki (1) nolu formül ile hesaplanmaktadır:

$$VL = \frac{\Delta L_{gerçek}}{\Delta L_{eşik}} \quad (1)$$

$$\Delta L_{gerçek} = |L_{fon} - L_{cisim}| \quad (2)$$

VL değerlerinin hesaplanabilmesi için kritik cisim ve fon parlılıkları CEN TR 13201-3 [5] standardına uygun olarak 60 metreden sabit gözlemci için kameralı parlılık ölçer kullanılarak ölçülmüştür.

Yol aydınlatması görülebilirlik testlerinde ve laboratuvar çalışmalarında çoğunlukla kritik cisim olarak adlandırılan, yol aydınlatması ile ilgili öneri ve standartlara temel teşkil eden 20 cm x 20 cm boyutunda, düz yüzeyli, kare şeklinde yansıtma faktörü 0,20 olan engeller kullanılır. Kritik cisim yansıtma faktörü CIE 115:2010 önerilerine [6] uygun olarak 0,20 kabul edildiğinde test yolunda hesaplanan en düşük VL değeri 2,22 olmaktadır. Ancak teorik olarak VL değeri 1'in üzerinde olan cisimlerin fon üzerinde silüet olarak görülmeye başladığı kabul edilir. Bu nedenle daha düşük VL değerleri elde edebilmek ve görme performansını daha geniş bir aralıkta değerlendirilebilmek için 0,20, 0,30, 0,40 ve 0,50 yansıtma faktörüne sahip kritik cisimler kullanılmıştır.

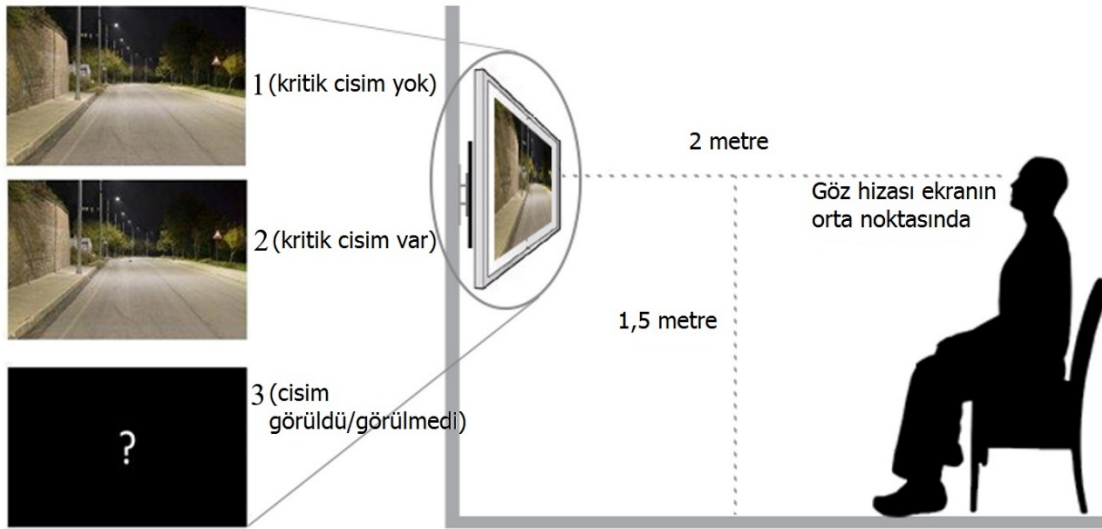
VL hesapları için kameralı parlılık ölçer ile toplam 960 cisim ve fon parlılığı ölçülerek, M2, M3, M4 ve M5 aydınlatma sınıflarında hesap alanının her bir noktası için VL değerleri hesaplanmıştır.

2.3 Minimum görülebilirlik değerlerinin belirlenmesi için gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri

VL değerlerinin hesaplanabilmesi için 60 metreden sabit gözlemci için kameralı

parıltı ölçer ile çekilen cisim fotoğrafları İTÜ Enerji Enstitüsü Enerji Yönetimi ve Planlaması Laboratuvarı'nda gerçek gözlemciler tarafından değerlendirilerek hangi VL değerine sahip kritik cisimlerin rahatça görülebildiği, hangi VL değerlerinin ise görülmesinin zor olduğu belirlenmiştir. Deneyler yaşları 25 ile 35 arasında değişen, 18 erkek 12 kadın olmak üzere, toplam 30 adet gözlemci ile gerçekleştirilmiştir. Şekil 1'de görüldüğü gibi gözlemcilere önce yolun boş haline

ait bir fotoğraf gösterilmiş, bu fotoğraf 2 ila 3 saniye ekranda kaldıktan sonra yolda kritik cisim bulunan bir fotoğraf 0,2 saniye süre ile gösterilip daha sonra görüntü üzerinde soru işareti bulunan siyah ekrana dönmüştür. Gözlemciler soru işareti ile birlikte yolda bir cisim görüp görmediklerini evet ya da hayır şeklinde belirtmişlerdir. Her bir gözlemci farklı yol aydınlatma sınıfları altında toplam 121 cismin görülebilirliğini değerlendirmiştir.



Şekil 1. Laboratuvar deneylerinin yapılışı

Gözlemci deneylerinin sonucunda M2'den M5'e kadar olan aydınlatma sınıfları için görülebilen minimum VL değerleri ve görülebilirlik oranları yüzdesel olarak elde edilmiştir. Bu oranlar Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Farklı aydınlatma sınıfları için minimum VL değerleri ve görülebilirlik yüzdeleri

	%80	%90	%100
M2	2,5	5,5	8,5
M3	2,5	4,5	7,5
M4	2,5	3,5	7,0
M5	2,0	4,0	7,0

2.4 Hareketli gözlemci için görülebilirlik değerlerinin hesaplanması

EN13201-3 ve CIE 140 [7] standart ve önerilerinde parıltı ölçümü için gözlemci konumu sabittir ve hesap alanındaki ilk aydınlatma direğinden 60 metre geridedir. Ancak gerçek koşullarda sürücüler belli bir hızla hareket etmektedir ve yol aydınlatması otomasyon uygulamalarında yolun aydınlatma sınıfına karar verilirken dikkate alınan parametrelerden biri de araç hızıdır. Sürücülerin yoldaki bir engeli güvenli durabilecekleri mesafeden görebilmelerine yetecek aydınlık seviyesinin sağlanması gerekmektedir. Araçlar aynı hızla ilerlerken yol yüzeyi

parlıtısının değiştirilmesinin hesap alanına yerleştirilen kritik cisimlerin görülebilirlik değerlerini ne kadar değiştireceğini ortaya koymak amacıyla, araç hızına bağlı olarak hesaplanan güvenli durma mesafesinden cisim ve fon parlıtuları ölçülerek VL değerleri hesaplanmıştır.

Tnel aydınlatması ile ilgili olan CIE 88:2004'de [8] güvenli durma mesafesinin hesaplanmasına ait formüller verilmiştir. Şehir içi yasal hız sınırları dikkate alınarak ilgili grafik ve denklemler kullanılarak M2 sınıfı için araç hızı 90 km/saat kabul edilerek, durma mesafesi 78 metre olarak hesaplanmıştır. Hesaplarda sürtünme katsayısı kuru yol koşulları için alınmıştır.

Araçlar M2 aydınlatma sınıfı yollar için yasal hız sınırı olarak kabul edilebilecek olan 90 km/saat ile hareket ederken, aydınlatma sınıfı M3 yapıldığında diğer bir deyişle yol yüzeyi parlıtısı 1,5 cd/m²'den 1 cd/m²'ye düşürüldüğünde, ya da yol sınıfı M3'ten (1 cd/m²) M4'e (0,75 cd/m²) değiştiğinde sürücülerin görme performansının bozulmaması istenmektedir. VL değerlerine bağlı olarak açıklanan sürücülerin görme performansındaki değişimi ortaya koyabilmek amacıyla, M2 sınıfı yolda yasal hız sınırı olarak kabul edilen 90 km/saat için hesaplanan güvenli durma mesafesi olan 78 metreden, M2, M3 ve M4 yol aydınlatma sınıflarına uygun aydınlatma

kalite kriterleri altında cisim ve fon parlıtuları ölçülmüş, buradan VL değerleri hesaplanmıştır. Smith [9] farklı yansıtma faktörüne sahip yaya kıyafetlerinin yolda görülme olasılığını vermiştir. Smith'e göre 0,30 ile 0,50 arasındaki yansıtma faktörlerinin yolda karşımıza çıkma olasılığı yalnızca %3'tür. Karşılaşılan cisimlerin yansıtma faktörlerinin büyük çoğunluğu 0,30'un altında olduğu için, farklı aydınlatma sınıfları altında hesap alanındaki VL karşılaştırması 0,20 yansıtma faktörüne sahip kritik cisimler için yapılmış ve değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tabloda, gözlemcilerin tamamı tarafından görülebilen VL değerleri beyaz, gözlemcilerin %90'ı tarafından görülebilen (%10'u tarafından görülemeyen) VL değerleri gri, gözlemcilerin %80'i tarafından görülebilen (%20'si tarafından görülemeyen) VL değerleri ise koyu gri ile gösterilmiştir. Tüm senaryolarda kritik cismin gözlemcilerin %80'i tarafından görülmesi için VL değeri 2,5 ve üzerinde olmalıdır. Görülebilirlik esasına dayanan kişisel değerlendirme çalışmalarında %75-%80 olasılıkla cisimlerin görülebilir olması yeterli kabul edilmektedir [10].

Tablo 2. Farklı yol aydınlatma sınıfları için VL değerlerinin değişimi

M2	1	2	3	4	5	6	M3	1	2	3	4	5	6	M4	1	2	3	4	5	6
10	8,0	10,5	11,0	10,5	8,5	7,0	10	5,5	8,0	9,5	9,0	7,5	7,0	10	4,5	7,0	8,5	8,5	7,0	6,0
9	7,5	10,5	11,0	9,5	8,0	7,5	9	4,5	8,0	9,5	9,0	7,0	6,5	9	4,5	6,5	8,0	8,0	6,5	5,5
8	7,0	10,0	11,0	9,5	7,5	6,0	8	4,5	7,0	8,0	7,5	6,0	6,0	8	4,0	6,5	7,5	7,5	5,5	5,0
7	7,0	9,5	10,0	8,0	6,0	5,5	7	4,5	7,0	7,5	7,0	5,0	5,0	7	4,0	6,0	6,5	6,5	5,0	4,5
6	6,0	8,0	8,5	8,5	6,0	5,0	6	4,0	6,0	6,5	7,0	4,0	4,0	6	3,5	5,5	5,5	5,5	5,0	4,0
5	5,5	7,0	7,5	7,5	5,5	5,0	5	2,5	5,0	5,0	5,5	3,5	3,5	5	3,0	4,5	5,0	4,5	4,0	3,0
4	4,0	6,0	6,5	7,0	5,5	5,5	4	2,5	3,5	3,5	4,0	3,0	2,5	4	2,5	3,5	4,0	4,5	3,5	3,0
3	3,0	6,0	6,0	5,5	6,0	4,0	3	2,5	4,0	2,5	3,0	2,5	4,5	3	2,5	3,5	3,0	3,0	3,0	3,5
2	4,5	6,0	6,5	6,5	7,0	7,0	2	4,0	6,0	5,0	3,0	3,5	5,0	2	3,0	4,5	4,0	3,5	4,0	4,5

1	7,5	9,0	8,5	7,0	7,5	7,5	1	6,0	8,0	4,0	6,0	5,0	7,0	1	5,5	7,0	6,5	5,5	5,5	6,5		
Görülebilme yüzdesi																						
															%100			%90		%80		

3. PİLOT AKILLI YOL AYDINLATMA ÇALIŞMASI

Cendere Caddesi iki geliş iki gidiş olmak üzere toplam dört şeritten oluşan bir yoldur. Ortada gidiş ve geliş şeritlerini ayıran refüj bulunmamaktadır. Yol karşılıklı kaydırılmış düzenek ile aydınlatılmaktadır. Direkler 12 metre yükseklikte olup, konsol boyları 1,25 metredir. Uygulama yapılacak yoldaki mevcut direkler arası mesafelerin 38 metre ile 53 metre arasında değiştiği belirlenmiştir. Cendere Caddesi'nin 500 metrelik bölümünde mevcut yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalı armatürler LED'li armatürler ile değiştirilmiştir. 500 metrelik bölümde LED dönüşümü gerçekleştirilen toplam 25 adet armatürün ışık akıları otomasyon sistemi ve buna entegre bir yazılım ile kontrol edilebilmektedir.

TSE CEN/TR 13201-1 [11] numaralı teknik raporda yol aydınlatma sınıfı seçilirken, yolun tasarım hızı veya hız sınırı, trafik hacmi, trafiğin yalnızca motorlu araçlardan mı yoksa motorsuz araç ve yayalar ile karışık mı olduğu, yolda gidiş geliş şeritlerini ayıran bir orta refüjün bulunup bulunmaması, kavşak yoğunluğu, park etmiş araçların olup olmaması, ortam parlaklığı ve görsel kılavuzlama gibi bir çok parametre göz önünde bulundurulmaktadır. Bu parametrelerin bazıları yolun geometrik yapısı ile ilgili olup değişmezken yoldaki araçların hızı, trafik hacmi, ortam parlaklığı gibi parametreler zamana bağlı olarak değişebilmektedir. Bu nedenle sürücülerin yolda güvenli bir şekilde araç sürmeleri ve önlerine çıkan engelleri fark edebilmeleri için ihtiyaç duyacakları aydınlık/parıltı düzeyleri de zamana bağlı olarak değişmektedir. Aydınlatma otomasyon sisteminin amacı yoldaki değişken parametreleri takip ederek, güvenlik ve konfor koşulları bozulmadan uygun dinamik bir aydınlatma yapılmasını

sağlamaktır.

Cendere Caddesi'nde tesis edilen 150W gücündeki LED'li armatürün toplam ışık akısı 19000 lümen'dir. Armatür ışık akısı loşlaştırılarak, yolda farklı aydınlatma sınıfları için gerekli kalite kriterleri sağlanabilmektedir. Dialux hesap programı ile gerçekleştirilen hesaplar sonucunda M2 ile M5 arasındaki aydınlatma sınıfları için armatürün ayarlanması gereken ışık akısı ve armatür güçleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Cendere Caddesi'nde farklı aydınlatma sınıfları için gerekli olan armatür ışık akısı ve güçleri

Aydınlatma sınıfı	Işık akısı (lümen)	Armatür gücü (W)
M2	14000	106
M3	9500	69
M4	7000	50,4
M5	4750	34,6

Yeni yerleşim ve iş merkezlerini birleştiren bir yol olduğu için Cendere Caddesi, trafik ve ortam bilgileri dikkate alınmadığında M2 aydınlatma sınıfı olarak kabul edilebilir. Pilot yolda dönüşümden önce gerçekleştirilen ölçüm ve hesaplamalar sonucunda 2 cd/m^2 'nin üstünde değerler bulunduğu için, M2 yol aydınlatma sınıfı kabulü gerçekçidir. Bu durumda herhangi bir aydınlatma otomasyonu uygulanmadığında, armatürler M2 sınıfının gerekliliğini sağlamak için gece saatleri boyunca 106W (14000 lümen) gücünde çalışacaktır. Diğer yandan yapılan detaylı analiz çalışmaları sonucunda, trafik, yol ve ortam koşullarına göre Cendere Caddesi için aydınlatma yapılacak farklı saatlerde geçerli olabilecek yol aydınlatma sınıflarının M3 ile M5 arasında değiştiği görülmektedir [12]. Cendere caddesinde kurulan otomasyon sisteminin amacı, yola

yerleştirilen sensörler ile araç hız ve sayısının takip edilmesi, TSE CEN/TR 13201-1 numaralı teknik raporda verilen parametrelere uygun olarak yol aydınlatma sınıfına karar verilmesi ve doğru zamanda yeterli aydınlatma yapılarak enerji tasarrufu elde edilmesidir.

4. SONUÇ

Proje süresince test yolunda ve laboratuvarında gerçekleştirilen parıltı ölçümleri, görülebilirlik hesap ve deneylerinin amacı, yol yüzeyi parıltısı değiştiğinde yoldaki cisimlerin VL değerlerindeki değişimi ortaya koymaktır. Gerçekleştirilen ölçüm ve deneyler sonucunda, araç hızı 90 km/h'de sabit olduğunda hesap alanındaki VL değerlerinin farklı aydınlatma sınıfları için kabul edilebilir sınırlar içinde kaldığı, armatür ışık akılarının değiştirilmesinin sürücülerin görme performansını önemli oranda değiştirmeyeceği görülmüştür. Bu sonuçla, trafik yoğunluğunun azaldığı, buna karşılık araç hızlarının düşmediği saatlerde yol parıltı düzeyinin azaltılabileceği ortaya konmuştur.

Bu projenin sonucunda, trafik algılayıcılarından araç hız ve yoğunluk bilgisini alan, yol üzerindeki mevcut koşullara uygun loşlaştırma oranına karar verebilen ve armatürlere bu yönde kumanda ederek sürücü emniyet ve konforunu bozmadan enerji tasarrufu sağlayabilen bir "akıllı yol aydınlatma kontrol sistemi"nin geliştirilmesi hedeflenmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu bildiride gerçekleştirilen çalışmalar, Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (BSTB) tarafından desteklenen İTÜ ve İSBAK tarafından ortaklaşa yürütülen

0660.STZ.2014 kodlu proje kapsamında yapılmaktadır. Yazarlar, BSTB ve İSBAK'a katkılarından dolayı teşekkürlerini sunarlar.

KAYNAKLAR

- [1] Büyükkınacı B., Onaygil S., Güler Ö., Yol Aydınlatması Tesisatlarında Otomasyon Stratejileri, IV. Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi ve Aydınlatma Sempozyumu, İzmir, 21-24 Ekim 2015
- [2] Adrian W., Visibility Levels Under Night-time Driving Conditions, Journal of the Illuminating Engineering Society, 1987; 16: 3–12.
- [3] Adrian W., Visibility of Targets: Model for Calculation, Lighting Research and Technology, 1989; 21: 181–188.
- [4] Adrian W., Fundamentals of Roadway Lighting, Light and Engineering, 2004; 12: 57–71.
- [5] CEN-EN 13201-3 Road Lighting Part 3: Calculation of Performance. Brussels: CEN, 2015.
- [6] CIE 115:2010, Recommendations for the Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic, Vienna: CIE, 2010.
- [7] CIE 140:2000, Road Lighting Calculations, Vienna: CIE, 2000.
- [8] CIE 88:2004, Guide for the Lighting of Road Tunnels and Underpasses, Vienna: CIE, 2004.
- [9] Narisada K., Karasawa Y., 2001, Reconsideration of the Revealing Power on the Basis of Visibility Level, Proceedings of Istanbul 2001 International Lighting Congress, Istanbul, 12-14 September 2001: V. II: 473-480

- [10] Narisada, K., Yoshikawa, K., 1974, Tunnel Entrance Lighting – Effect of Fixation Point and Other Factors on the Determination of Requirements. Lighting Research and Technology, Vol.6, No.1, pp. 9-18.
- [11] CEN/TR 13201-1 Road lighting Part 1: Guidelines on Selection of Lighting Classes. Brussels: CEN, 2014.
- [12] Büyükkınacı B., Onaygil S., Güler Ö., Yurtseven M. B., Dursun Y., Akıllı Yol Aydınlatması Uygulamaları: Cendere Caddesi Örneği, 11. Ulusal Aydınlatma Kongresi 21-24 Eylül 2017.