

**OTONOM ARAÇLAR İÇİN STATİK VE DİNAMİK
LOGO PROJEKSİYON LAMBALARININ
GELİŞTİRİLMESİ**



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OTONOM ARAÇLAR İÇİN STATİK VE DİNAMİK LOGO PROJEKSİYON
LAMBALARININ GELİŞTİRİLMESİ**

Mehmet Fatih ATAŞALAN
0000-0002-3061-288X

Doç. Dr. Umut AYDEMİR
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS
OPTİK VE FOTONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2021
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Mehmet Fatih ATAŞALAN tarafından hazırlanan “Otonom Araçlar İçin Statik ve Dinamik Logo Projeksiyon Lambalarının Geliştirilmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Optik ve Fotonik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	: Doç Dr. Umut Aydemir	
Başkan	: Doç. Dr. Enes YİĞİT Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği	İmza
Üye	: Doç. Dr. Umut AYDEMİR Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği	İmza
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Şekip Esat HAYBER Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği	İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü
...../...../2021

B.U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

12/08/2021

Mehmet Fatih ATAŞALAN

TEZ YAYINLANMA FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezin/raporun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma izni Bursa Uludağ Üniversitesi'ne aittir. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet hakları ile tezin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları tarafımıza ait olacaktır. Tezde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığını ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederiz.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında, yönerge tarafından belirtilen kısıtlamalar olmadığı takdirde tezin YÖK Ulusal Tez Merkezi / B.U.Ü. Kütüphanesi Açık Erişim Sistemi ve üye olunan diğer veri tabanlarının (Proquest veri tabanı gibi) erişimine açılması uygundur.

Doç. Dr. Umut Aydemir
12/08/2021

Mehmet Fatih ATAŞALAN
12/08/2021

ÖZET

Yüksek Lisans

OTONOM ARAÇLAR İÇİN STATİK VE DİNAMİK LOGO PROJEKSİYON LAMBALARININ GELİŞTİRİLMESİ

Mehmet Fatih ATAŞALAN

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Optik ve Fotonik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Umut Aydemir

Mühendisler, otonom araçların geliştirilmesi ve yeni özelliklerin kazandırılması için durmadan çalışmaktadırlar. Otonom araçların geliştirilmesi ve yaygınlaştırılabilmesi için çok farklı dallarda çalışmalar yapılmakta ve bu çalışma alanlarında bir tanesi de araç üzerinde bulunan otomotiv aydınlatma ürünleridir. Otonom araçların hayatımıza girmesinden ötürü, araçların çevresindeki sürüş hareketliliğini algılama şekli ve uyarma şekli yeniden tanımlanması gereğini beraberinde getirmiştir. Bu bağlamda otonom araçlarda kullanılacak yeni nesil aydınlatma sistemleri, aracın içerisinde ve dışındaki çevre ile iletişime geçmesini sağlayacak ve otonom araçların kabulüne katkıda bulunacaktır. Gelişen otomotiv aydınlatma sistemleri sayesinde araç içerisindeki kişiselleştirilmesinin mümkün olacağı gibi, güvenliği arttıracak, etkileşimli iletişime izin verecek ve daha konforlu bir sürüş hizmetlerine olanak sağlayacaktır. Bu yeni nesil aydınlatma sistemleri hem araç içerisindeki yolcuların hem de araç çevresindeki yaya ve canlıların güvenliğini arttırması ön plandadır.

Bu tez çalışmasıyla, araç içerisinde ve dışında özelleştirilebilir, kişiselleştirilebilir, daha algılanabilir ve güvenlik sağlayacağı düşünülen yüksek kontrasta, çözünürlüğe ve kompleks optik lens tasarımlarına sahip logo projeksiyon lambalarının geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu sayede araçların 360° etrafında statik, dinamik ve animasyonlu grafiklerin oluşturulmasıyla otonom araçlarda yol ve sürüş güvenliğinin arttırılması amaçlanmıştır. Bu çalışmada farklı lens sayılarına sahip logo projeksiyon lambalarının optik lens tasarımları ve simülasyonları yapılmıştır. Kontrast ve çözünürlüğe etki eden parametreler belirlenmiş ve aralarındaki ilişki sayısal olarak kıyaslanmıştır. Maliyeti azaltmak, görünebilirliğini arttırmak ve kompakt yapısıyla birçok alanda kullanılabilmesi kolaylaştırmak için farklı elektronik devre tasarımları da yapılmıştır. Daha sonrada sanal ortamda yapılan bu çalışmaların nedenli doğruluğa sahip olduklarını göstermek için referans seçilen beş lensli kompleks optik yapıya sahip statik logo projeksiyon lambasının prototip üretimi gerçekleştirilmiştir ve tüm sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Projeksiyon, logo, statik, dinamik, kontrast, çözünürlük, lamba
2021, ix + 49 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

Development of Static and Dynamic Logo Projection Lamps for Autonomous Vehicles

Mehmet Fatih ATAŞALAN

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Optics and Photonics Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Umut Aydemir

Engineers are constantly working on the development of autonomous vehicles and the introduction of new features. In order to develop and disseminate autonomous vehicles, studies are carried out in many different branches, and one of these fields of study is automotive lighting products on the vehicle. Due to the introduction of autonomous vehicles into our lives, the way of perceiving and warning the driving activity around the vehicles has brought with it the need to be redefined. In this context, the new generation lighting systems to be used in autonomous vehicles will enable the vehicle to communicate with the environment inside and outside of car, and will contribute to the acceptance of autonomous vehicles. Thanks to the developing automotive lighting systems, it will be possible to personalize the interior of the vehicle, as well as increase safety, allow interactive communication and provide more comfortable driving services. These new generation lighting systems are at the forefront of increasing the safety of both the passengers in the vehicle and the pedestrians and living things around the vehicle.

With this thesis, it is aimed to develop logo projection lamps with high contrast, resolution and complex optical lens designs that can be customized, personalized, more perceptible and safe inside and outside the vehicle. In this way, it is aimed to increase road and driving safety in autonomous vehicles by creating static, dynamic and animated graphics around the vehicles in 360°. In this study, optical lens designs and simulations of logo projection lamps with different lens numbers were made. Parameters affecting contrast and resolution were determined and the relationship between them was compared numerically. Different electronic circuit design studies were also carried out in order to reduce the cost, increase its visibility and make it easier to use in many areas with its compact structure. Then, prototype production of a static logo projection lamp with a complex optical structure with five lenses, which was selected as reference, was carried out to show that these studies carried out in the virtual environment were accurate and all results were compared.

Key words: Projection, logo, static, dynamic, contrast, resolution, lamp

2021, ix + 49 pages.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezim boyunca bilgi ve tecrübesiyle beni yönlendiren, başarıya ulaşabilmem için hiçbir zaman desteğini esirgemeyen, bilimsel araştırma ruhunu kazanmamda büyük katkıları olan, hem eğitim hem meslek hayatımda kullanacağım engin bilgileri edinmemde bana katkı sağlayan başta değerli danışman hocam Doç. Dr. Umut Aydemir ve her daim bilgilerini esirgemeyen değerli Prof. Dr. Atilla Aydınlı'ya teşekkürü borç bilirim.

Ayrıca her zaman yanımda olan ve desteğini hiç esirgemeyen, öğrencilik hayatım boyunca başarılı olmamda sonsuz katkıları bulunan canımdan çok sevdiğim değerli eşime, aileme, FEKA Otomotiv ARGE Müdürü Sayın İrfan KAMAŞ'a ve tüm FEKA Otomotiv çalışanlarına da teşekkürlerimi sunarım.

Mehmet Fatih ATAŞALAN
12/08/2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI	6
2.1. Işık, Optik ve Fotometri	6
2.2. Optik Mercekler	10
2.3. Optik Aberasyonlar	13
2.4. Kontrast ve Çözünürlük	15
2.5. Literatür Özeti	17
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	23
3.1. Statik Logo Lambasının 3 Boyutlu Tasarım Çalışmaları.....	24
3.2. Statik Logo Lambasının Optik Tasarım ve Simülasyon Çalışmaları.....	26
3.3. Dinamik Logo Lambasının Optik Tasarım Temelleri.....	29
3.4. Elektronik Devre Tasarımları.....	31
3.5. Prototip Üretimi ve Fotometri Ölçümü	35
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	39
4.1. Simülasyon Çalışmalarından Elde Edilen Çıktılar.....	39
4.2. Prototip Çalışmalarından Elde Edilen Çıktılar.....	43
5. SONUÇ	45
KAYNAKLAR	48
ÖZGEÇMİŞ	50

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
A	Yüzey alanı (m ²)
Φ	Işık akısı (fi)
c	Işık hızı
h	Planck sabiti
I	Malzeme içerisinden geçerek tekrar aynı ortama geçen ışığın şiddeti
I ₀	Işık kaynağından çıkan ışığın şiddeti
I _r	Yansıyan ışığın şiddeti
I _t	Kırılarak diğer ortama geçen ışığın şiddeti
n	Ortamın kırıcılık indisi
P _(λ)	Radyant akı (güç)
t	Işığın malzeme içerisinde aldığı yol
T	Kelvin cinsinden sıcaklık
V	Potansiyel Fark (Volt)
V _(λ)	İnsan gözünün ışığa karşı vermiş olduğu tepki
α	Emilim katsayısı
β	Yoğunlaşma katsayısı başına Emilim
θ ₁	Gelen ışığın açısı
θ ₂	Yansıyan veya kırılan ışığın açısı
λ	Dalga boyu
v	Frekans
τ	Fresnel yansıtma katsayısı
Φ _v	Fotometrik akı (güç)
R	Yüzey eğrilik yarıçapı
E	Elektrik alan
B	Manyetik alan
p	Yük yoğunluğu
ε ₀	Yalıtkanlık sabiti
μ ₀	Geçirgenlik
J	Akım yoğunluğu
E	Foton enerjisi
Hz	Hertz

Kısaltmalar Açıklama

ADS	Otonom Sürüş Sistemleri / Automated Driving Systems
AV	Otonom Araçlar / Automated Vehicles
cd	Işık Yoğunluğu / Candela
cm	Santimetre / Centimeter
EMC	Elektromanyetik Uyumluluk / Electromagnetic Compatibility
EMS	Elektromanyetik Spektrum / Electromagnetic Spectrum
EMW	Elektromanyetik Dalga / Electromagnetic Wave
f	Odak Noktası / Focal Point

GPS	Küresel Konumlama Sistemi / Global Positioning System
LED	Işık Yayan Diyot / Light Emitting Diode
lux	Aydınlık / Lux
lm	Işık Akısı / Lumen
m	Metre / Meter
nm	Nanometre / Nanometer
PC	Polikarbonat / Polycarbonate
PCB	Baskı Devre Kartı / Printed Circuit Board
PLL	Projeksiyon Logo Lambası / Projection Logo Lamp
PMMA	Polimetilmetakrilat / Polymethylmethacrylate
s	Saniye / Second
SI	Uluslararası Birimler Sistemi / Système international d'unités
UV	Ultraviyole / Ultraviolet

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Işığın davranışını ve özelliklerini gösteren basit gösterimi	6
Şekil 2.2. Bir elektromanyetik dalganın manyetik alan ve elektrik alan gösterimleri	7
Şekil 2.3. Elektromanyetik dalga tayfi ve görünür bölge.....	9
Şekil 2.4. 5000K sıcaklıktaki beyaz LED ışığın radyant akıdan fotometrik akıya dönüştürülmesi (a) radyometrik dağılımı (b) gözün tepkisi (c) fotometrik dağılım.	10
Şekil 2.5. Işık ölçü birimlerinin gösterimi	10
Şekil 2.6. $n_1 < n_2$ olduğu varsayılarak, denklem 2.14'ü türetmek için kullanılan geometri.....	11
Şekil 2.7. $n_1 < n_2$ olduğu varsayılarak, denklem 2.14'ü türetmek için kullanılan geometri.....	12
Şekil 2.8. Bir mercekle tarafından oluşturulan görüntüyü bulmak için kullanılan geometri	13
Şekil 2.9. Yakınsak bir mercekten geçen ve bir içbükey aynadan yansıyan ışınların farklı noktalarda odaklanması	14
Şekil 2.10. Farklı türden perdeleme işlemi ile aberasyonun minimize edilmesi	15
Şekil 2.11. Farklı türden perdeleme işlemi ile aberasyonun minimize edilmesi	15
Şekil 2.12. Siyahtan beyaza doğru gidildikçe kontrastın değişiminin gösterimi	16
Şekil 2.13. Farklı piksel çözünürlüklerinde aynı görüntünün karşılaştırılması	17
Şekil 2.14. Geri vitese geçildiğinde sürüş güvenliğini arttırmak için tasarlanmış PLL örnekleri	18
Şekil 2.15. LCoS temelli hazırlanmış logo görselleri	19
Şekil 2.16. Logo lambasının farklı konumlarda ve kullanım alanlarındaki örnek görseller.....	21
Şekil 3.1. Yer düzlemine yansıtılan logo şekli ve sanal ortamda PLL'sının konum görseli.....	24
Şekil 3.2. PLL'sının farklı açılardan alınmış perspektif görüntüleri	25
Şekil 3.3. PLL'sının lens montajının tasarım ve proses görseli.....	26
Şekil 3.4. OSRAM Compact CM, LUW CEUN.CE LED'ine ait fiziksel boyut ve bin değerleri.....	27
Şekil 3.5. 3 farklı lens kullanılarak yapılan tasarım modeli.....	27
Şekil 3.6. 4 farklı lens kullanılarak yapılan tasarım modeli.....	28
Şekil 3.7. 5 farklı lens kullanılarak yapılan tasarım modeli.....	28
Şekil 3.8. 5 farklı lens kullanılarak yapılan tasarım modeli.....	29
Şekil 3.9. 5 farklı lens kullanılarak yapılan tasarım modeli.....	30
Şekil 3.10. 5 farklı lens kullanılarak yapılan tasarım modeli.....	30
Şekil 3.11. Sadece dirençli elektronik devre tasarımı	32
Şekil 3.12. NTC (transistörlü sabit akım) sıcaklık sensörlü elektronik devre tasarımı... 33	
Şekil 3.13. NTC (transistörlü sabit akım) sıcaklık sensörlü PCB tasarımı	33
Şekil 3.14. Buck converter kullanılmış elektronik devre tasarımı	34
Şekil 3.15. Buck converter kullanılmış PCB tasarımı	34
Şekil 3.16. Prototip lenslerin ve film tutucunun resmi.....	35
Şekil 3.17. Dirençli yapıya ait prototip PCB görseli.....	36
Şekil 3.18. Prototip gövde ve gövde kapağının önden ve arkadan görünüşü	36
Şekil 3.19. Logo filmi ve film tutucunun gösterimi.....	37

Şekil 3.20. TASI marka lüks metre fotoğrafı	38
Şekil 4.1. Üç farklı tasarıma ait spot diyagram çıktıları	40
Şekil 4.2. Simülasyon sonrası logo lambasının stil görünümü ve ölçüm noktaları	40
Şekil 4.3. Üç lensli optik tasarımın simülasyonu sonrası elde edilen aberasyon miktarının gösterimi	41
Şekil 4.4. Dört lensli optik tasarımın simülasyonu sonrası elde edilen aberasyon miktarının gösterimi	41
Şekil 4.5. Beş lensli optik tasarımın simülasyonu sonrası elde edilen aberasyon miktarının gösterimi	41
Şekil 4.6. Farklı diyafram açıklığına bağlı olarak elde edilen aydınlatma değerlerinin karşılaştırılması	42
Şekil 4.7. Simülasyon sonuçlarına göre kontrast değerinin karşılaştırılması.....	42
Şekil 4.8. Üretimi yapılmış olan prototip logo lambasının aydınlatma görseli.	44

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 4.1. Farklı diyafram açıklığına ve PCB tasarımına bağlı olarak elde edilen aydınlatma değerlerinin karşılaştırılması	42

1. GİRİŞ

Otonom araç (autonomous vehicle - AV), sürücüsüz araba, robotik araba olarak da ifade edilmekle birlikte, bu arabalar çevresini algılama, güvenli bir şekilde hareket etme ve herhangi bir insan müdahalesi olmadan kendi kendine gezinme kabiliyetine sahip olan araç olarak tanımlanmaktadır (Kumar, Shivani, Nath, Singh ve Tengli, 2020). Otonom araçlar içerisinde bulunan çeşitli donanımlar (GPS, sensörler, kameralar, radar, vb.) ve yazılımlar sayesinde farklı teknikler yardımıyla ortamları algılayabilmektedirler. Özellikle bu arabalarda, yoldaki farklı araçları ayırt etme, çevredeki yayaları, yol üzerindeki hayvanları, ortamlardaki çeşitli engelleri, farklı türdeki işaret panolarını algılama yeteneği ve trafik sinyallerini analiz etme yetenekleri bulunmaktadır. Araçta yer alan donanım ve yazılımları kullanarak ve uygulayarak istenen bir varış noktasına ulaşmak için sürücüsüz yolu planlamada, kontrol etmede ve yönetmede önemli bir rol oynamaktadırlar.

Otonom sürüş sistemleri (automated driving systems - ADS) üzerinde en azından 1920'lerden beri deneyler yapılmakta ve ilk denemeler 1950'lerde başlamıştır (Goddijn, Broggi ve Levandowski, 2020). İlk yarı otomatik otomobil, araç üzerindeki iki kamera ve bir analog bilgisayar tarafından yorumlanan özel olarak işaretlenmiş caddeler gerektiren Japonya'nın Tsukuba Makine Mühendisliği Laboratuvarı tarafından 1977'de geliştirildi. Araç, yükseltilmiş bir ray desteği ile saatte 30 kilometreye kadar hıza ulaşmıştır (Weber, 2014).

Otonom araçların geliştirilmesi ve yaygınlaştırılabilmesi için çok farklı dallarda çalışmalar yapılmakta ve bu çalışmaların en temelini yol güvenliğinin sağlanması oluşturmaktadır. Araç içerisindeki yolcuların, araç dışındaki yayaların, hayvanların ve toplum güvenliğini sürücüsüz otonom araçların kullanılmasıyla sağlamak hiç de kolay değildir. Bu anlamda AV üzerinde yer alacak olan aydınlatma ve sinyalizasyon ürünlerinin tasarlanması ve belirli özellikleri bünyelerinde barındırması çok önem arz etmektedir. Buna bağlı olarak endüstriyel aydınlatma ürünlerinin güvenilir bir şekilde ışık istemlerini karşılamasının önemi de giderek artmaktadır. Bundan dolayı, otonom araçların daha fark edilebilir ve daha algılanabilir olması gerekmektedir.

Özetle: araçlarda kullanılacak aydınlatma ürünlerinin tasarımıyla başlayıp müşteriye ulaşmaya kadar her adımda istenen optik özelliklerin sağlanması en önemli kısıttır. Aydınlatmada önemli bir diğer kısıt ise ürün çalışır durumda iken aydınlatma bölgesinin tamamında ürün görselinin ve aydınlatılan bölgenin mümkün olduğunca eşit (homojen) ışık çıkışına sahip olması, keskin kontrast, yüksek çözünürlük, ürün üzerinde herhangi bir ışık yanması (hot-spot) veya karanlık bölgelerin oluşmaması gerekmektedir. Farklı stillerde ürün hazırlamak için çok farklı sayılarda fonksiyonel lenslere ve farklı dalga boylarında ki ışık kaynaklarına ihtiyaç duyulması ürünün tasarım zorluğunu ve maliyetini ciddi oranda arttırmaktadır. Bu bakımdan kullanılacak lens malzemelerinin ve ışık kaynaklarının birbiri ile uyumlu olması tasarlanacak elektronik baskı devre kartında (Printed Circuit Board - PCB) bulunan komponent sayısını ve PCB sürme akımını azaltacağından maliyeti de düşürmektedir. Aynı zamanda, minimum güçte ışık kaynağı kullanılması ürün üzerinde oluşacak termal etkiyi, güç tüketimini ve karmaşık devre tasarımlarını da önleyecek ve daha kompakt bir PCB ve optik tasarıma imkân sağlayacaktır.

Otomotiv aydınlatma sektöründe en çok tercih edilen şeffaf malzemeler polimetilmetakrilat (PMMA) ve polikarbonat (PC) malzemelerdir. PMMA ve PC şeffaf malzemeler elektro manyetik spektrumun (EMS) görünür bölgesindeki ortalama ışık geçirgenliği en üst seviyede olan polimer malzemelerdendir. Işık geçirgen polimer malzemeleri cama kıyasla olası bir darbe anında darbeyi sönmemesi, düşük yoğunluğu, üretim kolaylığı, daha karmaşık yüzey tasarımlarına imkân verebilmesi, işçilik maliyetinin düşük olması, tekrar kullanılabilir (yenilenebilir), hafif ve daha esnek yapıda olması gibi birçok farklı avantajlarından ötürü tercih nedenidir. Özellikle ultraviyole (UV) ışınlarına dayanımından ötürü PMMA polimeri otomotiv aydınlatma sektöründe PC polimerlerden daha çok tercih edilmektedir. Bunun yanında daha esnek ve daha yüksek sıcaklıklara dayanıklı olmasından ötürü de PC polimerler tercih sebebidir.

Çevre şartlarına ve araç üzerinde meydana gelebilecek olumsuz kurgulara karşı ışık kusurlarının tespiti ve engellenmesi için otomotiv aydınlatma ürünleri standart fotometri

ölçümleri yapılarak doğrulanmalıdır. Bu testler, ürünün seri üretim onayı alması için gerekli zorunlu testler olarak yer almaktadır. Bu testlerde, nihai aydınlatma ürününün standartlarda belirtilen şekilde, açılarda ve araçtaki konumunda olacak şekilde konumlandırılarak ışık gerekliliklerinin yasal ve müşteri şartnamelerine uygunluğu kontrol edilmelidir. Günümüzde, gelişen yazılım teknolojisi ile birlikte bu testlerin temel bilim yasaları ve formülleri kullanarak geliştirilmiş tasarım ve analiz programları ile parça üretimine geçmeden sayısal model oluşturularak analizleri yapılabilir duruma gelmiştir. Sayısal model oluşturularak gerçekleştirilen fotometri testlerinde, ışık yetersizliği, kontrast, aberasyon, ışık yanması, karanlık bölge olup olmadığı gibi sorunların tespiti daha kolay yapılabilmekte, farklı ortam şartlarında, farklı pozisyonlarda, yeni model ve yeni komponent çalışmalarında ekstra maliyeti ortadan kaldırmaktadır. Optik tasarım ve analiz programı kullanarak gerçekleştirilen bu fotometri testleri, tasarım aşaması ile eş zamanlı kullanıldığında, tasarım sürecini hızlandırmakta ve sorunları giderme maliyetlerini azaltmaktadır. Bu nedenle, fotometri testlerinin sayısal model oluşturularak yapılması maliyet ve güvenilirlik açısından oldukça kritik bir öneme sahiptir. Özellikle çok sayıda optik lens kullanılması ve daha kompakt boyutlarda karmaşık aydınlatma ve sinyalizasyon sistemlerinin tasarım ve analizlerinin yapılması bilgi, birikim, tecrübe ve beceri gerektirmektedir.

Literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında, projeksiyon logo lambalarının (PLL) optik özelliklerinin araştırıldığı çalışmalar bulunmaktadır. Yapılan bu çalışmalar incelendiğinde, ışık geçirgen polimer malzemelerin sayılarına bağlı optik özelliklerinin sayısal olarak modellenmesi, yüksek kontrast ve çözünürlüğe sahip çalışmalarının oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Bu boşluğu doldurmak ve bu alanda ülkemizde ilk olmak, bu tez çalışmasının ilk hedefini oluşturmaktadır. Bu çalışma kapsamında, öncelikli olarak farklı sayılardaki PMMA ve PC polimer malzemelerin sayısal olarak modellenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın temel motivasyonu ise; gelecekteki otonom araçlarda daha çok göreceğimiz projeksiyon logo lambalarının optik tasarım ve analiz programında en doğru şekilde modellenmesi ve bu modellerin nihai ürün üzerinden yapılan fotometrik ölçümlerle örtüşmesi olacaktır. Dinamik projeksiyon logo lambası analizlerinin ve simülasyonlarının gerçekleştirilmesi ve sonuçlarının fiziksel test sonuçları ile kıyaslanması bu tezin birincil amacıdır. Diğer bir yandan da dinamik

projeksiyon logo lambalarının tasarımının temellerini oluşturacak olması da amaçlarımız arasında yer almaktadır.

Çalışmanın ilk bölümünde, genel bir giriş yapılarak mevcut problemin en sade ve anlaşılabilir bir biçimde ifade edilmesine çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise: ışık ve fotometri kavramlarının teorik alt yapısı açıklanmıştır. Bu bölümde, fizik kanunlarına ve yasalarına göre optik mercek türleri nelerdir ve nasıl hesaplanması gerektiğinin detayları açıklanmıştır. Ayrıca ışık kusurları nelerdir, ışık kusurlarına sebep olan faktörler ve ne gibi çözümlerle bu ışık kusurları minimize veya tamamen yok edilebilir anlatılmıştır. Özellikle bu tez çalışmasındaki en önemli faktörler olarak görülen kontrast ve çözünürlük terimleri ne ifade ediyor, temel kavramları ifade edilmiştir. Bu bölümün sonunda da, literatür araştırmaları örneklendirilmiştir. Otomotiv aydınlatma ürünlerinde kullanılan projeksiyon logo lambaları ve farklı sayılardaki ışık geçiren ve ışığı yönlendirme özelliğe sahip polimer lens malzemelerin optik tasarım özelliklerini anlatma amacıyla yapılan deneysel çalışmalar araştırılmış ve açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde, ilk olarak farklı adetlerdeki lens kombinasyonlu statik projeksiyon logo lambalarının optik tasarım ve analiz çalışmaları tüm detaylarıyla birlikte anlatılmıştır. Bunun akabinde de gelecekte kullanılacak olan dinamik projeksiyon logo lambalarının temellerini oluşturacak tasarım çalışmaları gösterilmiştir. Ayrıca, optik ve mekanik tasarımlarla eş zamanlı olarak yürütülen farklı PCB tasarımları ve çözüm önerilerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Bu bölümün son fazı olarak sanal ortamda elde edilen veriler gerçek parça üretimi için girdi olarak kullanılmıştır. Bu girdiler kullanılarak beş lensli projeksiyon logo lambasının (lens, PCB ve diğer mekanik komponentler) prototipinin üretilmesi ve fotometrik ölçümlerin yapılma aşamaları açıklanmıştır. Bu kapsamda da lüks metre test cihazı kullanılarak projeksiyon logo lambasının aydınlatma değeri ölçülmüştür.

Çalışmanın dördüncü bölümünde ise, daha önceden tasarımları yapılmış üç, dört ve beş adet lensli projeksiyon logo lambaları için yapılan simülasyon çalışmalarından elde edilen lüks değerleri ölçülmüştür ve aberasyon miktarları karşılaştırılmıştır. Bir sonraki aşama olarak farklı PCB tasarımlarından elde edilen sonuçlar paylaşılmıştır. Son olarak,

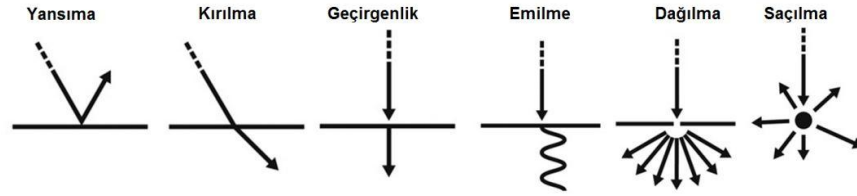
sanal ortamda elde edilen verilerin kullanılmasıyla ortaya çıkan prototip parçanın fotometrik olarak ölçüm sonuçları paylaşılmıştır. Dördüncü bölüm, üçüncü bölümde yapılan tüm çalışmaların sonuçlarını içermektedir.

Beşinci bölüm, buraya kadar yapılan tüm çalışmaların değerlendirmesini içermektedir.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Işık, Optik ve Fotometri

Görünür ışık, elektromanyetik radyasyonun insan gözüyle algılanabilen kısmıdır ve uzayda fotonlar olarak yayılan bir enerjidir. Optik: ışığın davranışını, özelliklerini ve ışığın; aydınlatma, yansıma, kırılma, girişim, kırınım, polarizasyon vb. gibi maddelerle etkileşimlerini içeren bir fizik dalıdır. Şekil 2.1 de ışığın farklı davranış ve özellikleri gösterilmiştir. Optik, ışığı kullanmak ve tespit etmek için aletlerin yapımı gibi birçok mühendislik uygulamasına sahiptir.

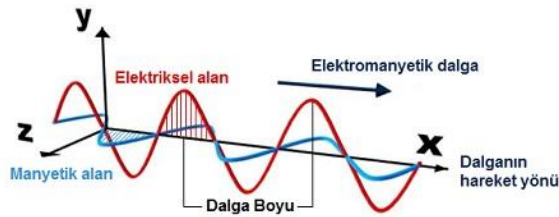


Şekil 2.1. Işığın davranışını ve özelliklerini gösteren basit gösterimi

Yaklaşık milattan 300 yıl önce ilk olarak Euclid tarafından: “Işık düz bir çizgide hareket eder” kavramı kullanılmıştır. Daha sonra 1200’lü yıllarda Hasan Ibn el-Heyssem tarafından “ışık bir ışındır” açıklaması yapılmıştır. Tabiki de bu açıklamalar bilim insanlarını tatmin etmemiştir ve 1690 yıllarında Huygens: “Işık bir çeşit dalga hareketi olabilir”, 1704 yıllarında Newton: “Işık, Corpuscular adı verilen küçük parçacıklardan oluşur.”, 1800 yıllarında Young: “Işığın dalga doğasının ilk net gösterimi”, 1895 yılında Maxwell: “Işık, yüksek frekanslı elektromanyetik dalganın bir şeklidir”, 1901 yılında Planck: “Işık, fotonlar adı verilen enerji taşıyan bir parçacıktır”, 1905 yılında Einstein: “Işık bir parçacıktır (foton)”, 1923 yılında Compton: “Işık bir parçacıktır (foton)”, ve son olarak 1924 yılında De Broglie: “Işık ve madde hem dalga hem de parçacık ikiliğine sahiptir” olarak ifade etmişlerdir.

Yaptığınız deneye bağlı olarak, ışık iki davranış sergileyebilir; bunlar: dalga benzeri davranış veya parçacık benzeri davranıştır. Bunun yanında ek olarak, parçacıklar

(elektronlar, protonlar, vb.) ayrıca hem parçacık benzeri hem de dalga benzeri davranışlar sergileyebilirler. Elektro manyetik dalgalar (Electro Magnetic Wave, EMW), uzayda seyahat ederken dalga benzeri davranış sergileyen bir enerji biçimidir. EMW, hem elektrik alan (E) hem de manyetik alan (B) bileşenlerine sahiptir. Bunlar hem fazda salınım hem birbirine dik hem de enerji yayılma yönüne dik özellikler gösterirler. Şekil 2.2 de ışığın dalga benzeri davranış sergilemesi halinde manyetik alan ile elektrik alan çizgilerinin birbirine dik ilerleme şekli gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Bir elektromanyetik dalganın manyetik alan ve elektrik alan gösterimleri (Anonim, Elektromanyetik Spektrum, Işık, Radyofrekans, Ultrason, Lazer, 2021)

James Clerk Maxwell ilk kez EMW'leri teorik olarak 1862'de kabul etti. Bunlar deneysel olarak Heinrich Hertz tarafından 1886'da onaylandı. Maxwell denklemleri Lorentz kuvveti yasası ile birlikte klasik elektrodinamik, klasik optik ve elektrik devrelerine kaynak oluşturan bir dizi kısmi türevli (diferansiyel) denklemlerden oluşur. Bu alanlar modern elektrik ve haberleşme teknolojilerinin temelini oluşturmaktadır. Maxwell denklemleri: elektrik ve manyetik alanların birbirileri, yükler ve akımlar tarafından nasıl değiştirildiği ve üretildiğini açıklamaktadır.

$$\text{Gauss Yasası} \quad \nabla \cdot E = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (2.1)$$

$$\text{Manyetizma için Gauss yasası} \quad \nabla \cdot B = 0 \quad (2.2)$$

$$\text{Maxwell-Faraday denklemleri} \quad \nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad (2.3)$$

$$\text{Ampère yasası (Maxwell denklemi ile)} \quad \nabla \times B = \mu_0 \left(J + \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} \right) \quad (2.4)$$

Planck, siyah cisimlerin ışığı (ve diğer elektromanyetik radyasyonu) yalnızca foton adı verilen ayrı enerji paketleri olarak yaydığı fikrini kullanıyordu. Foton fikri daha sonra Einstein ve Compton tarafından da kullanıldı.

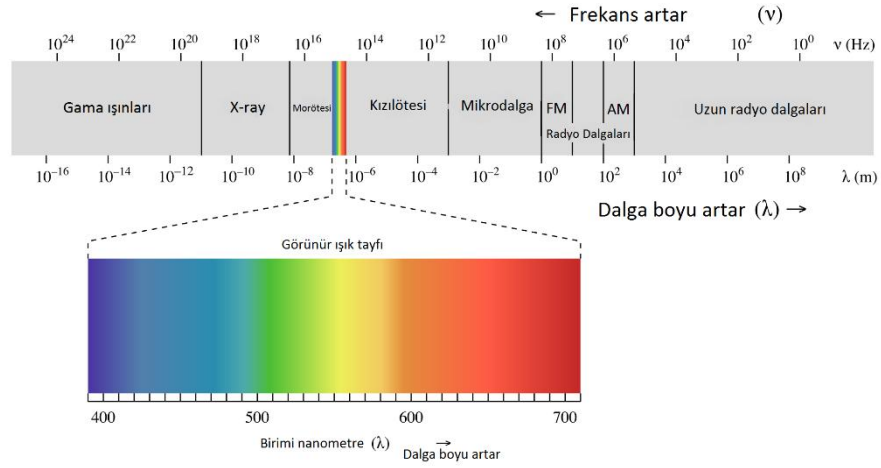
$$\text{Fotonun enerjisi} \quad E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad (2.5)$$

Fotonun enerji denkleminde yer alan “h” Planck sabiti ve değeri $6,6 \times 10^{-34}$ J.s, “c” ışık hızı ve değeri $\sim 3 \times 10^8$ m/s, “ ν ” frekans ve “ λ ” dalga boyunu ifade etmektedir.

Herhangi bir malzemedeki ışığın hızı, vakumdaki hızından daha düşüktür. Bir ortamın kırılma indisi, “n” olarak tanımlanır. Kırılma indisi, ışığın vakumdaki hızının ortamdaki hızına oranıdır. Vakum içerisindeki ışık hızı her daim “1” olarak alınır. Bundan dolayı da vakum harici her ortam için kırılma indisi 1’den büyük olacaktır. Örneğin hava için kırılma indisi yaklaşık olarak 1,000293 ve su için bu değer yaklaşık olarak 1,333 tür. Işık bir ortamdan diğerine geçerken frekansı değişmez. Hem dalga hızı hem de dalga boyu değişir. Dalga cepheleleri üst üste yığılmaz, sınırda oluşturulmaz veya yok edilmez, bu nedenle “ ν ” aynı kalır.

$$\text{Kırılma indisi} \quad \frac{c}{v} = \frac{\text{Vakumdaki ışık hızı}}{\text{Ortam içerisindeki ışık hızı}} \quad (2.6)$$

Elektromanyetik spektrum, elektromanyetik radyasyonun tüm olası frekanslarının aralığıdır. Görünür radyasyon (ışık), 380 nm (mor) ile 780 nm (kırmızı) arasında değişen bir dalga boyuna sahiptir ve bakınız Şekil 2.3. Tipik olarak bir enerji seviyesinden diğerine hareket eden moleküller ve atomlardaki elektronlar tarafından emilir ve yayılır. Güneş ve yıldızlar radyasyonlarının çoğunu görünür ışık olarak yayarlar. Bu tez çalışmasının tamamında sadece görünür bölge aralığı kullanılmıştır.



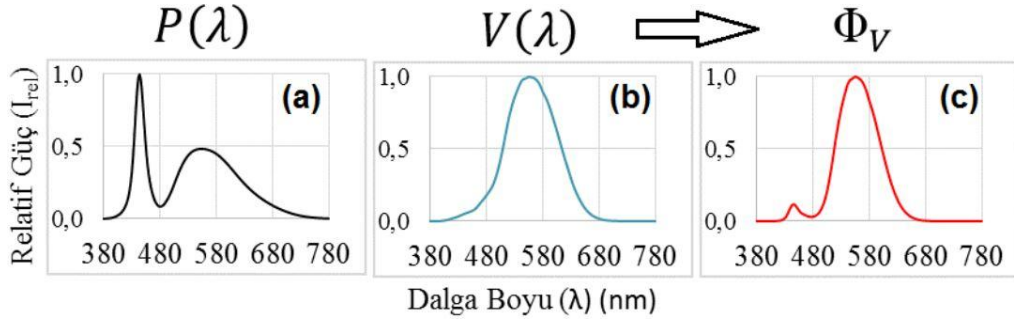
Şekil 2.3. Elektromanyetik dalga tayfı ve görünür bölge (Anonim, Elektromanyetik dalga tayfı, 2012)

Optikte elektromanyetik radyasyon ölçümü iki grupta incelenir; a) Radyometri, görünür ışık da dâhil olmak üzere optik radyasyonun tamamının ölçümüdür, b) Fotometri, yalnızca görünür bölgedeki ışığın ölçüsüdür. Uluslararası Birimler Sistemi (SI), yedi ölçü birimini diğer tüm SI birimlerinin türetildiği temel bir küme olarak tanımlar. Işık yoğunluğu için kandela (Candela - cd) birimi kullanılır. Kandela, 540×10^{12} Hz frekansında monokromatik radyasyon yayan ve bu doğrultuda steradyan başına 1/683 watt'lık bir ışımaya yoğunluğuna sahip bir ışık kaynağının belirli bir yöndeki ışık yoğunluğu olarak tanımlanır.

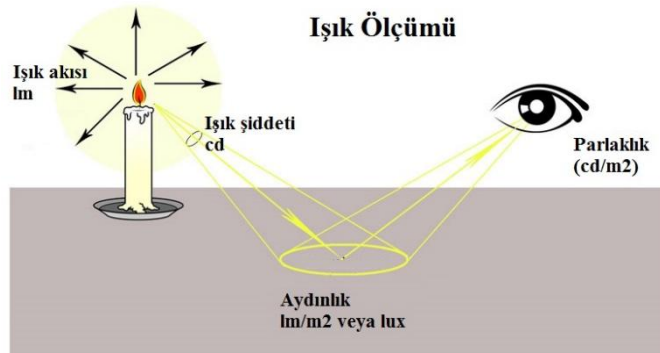
Fotometri, insan gözü ile algılanan parlaklık açısından ışığın ölçülmesi bilimidir. İnsan gözü, görünür ışığın tüm dalga boylarına eşit derecede duyarlı değildir. Fotometri, her dalga boyunda ölçülen gücü, gözün o dalga boyunda ne kadar hassas olduğunu temsil eden bir faktörle tartarak bunu açıklamaya çalışır. En yaygın radyometrik birim Watt (W) ve radyant akı (güç) (P veya Φ) olarak ölçülmektedir. Bunun yanında, en yaygın fotometrik birim lümen (lm) ve ışık akısı (güç) (Φ_v) olarak ölçülmektedir. 555 nm dalga boyundaki monokromatik ışıkta 1 W'lık radyometrik değere karşılık 683 lm'lik fotometrik değere karşılık gelmektedir. Işık kaynağının gücü (ışık akısı, lm), birim katı açı başına güç (ışık şiddeti, cd), birim alan başına güç (aydınlık, lm/ m² veya lux) ve metre kare başına düşen kandela değeri (parıltı, cd/m²) olarak tanımlanmaktadır. Şekil

2.4 de 5000K sıcaklıkta beyaz ışık saçan LED'in radyant akıdan fotometrik akıya dönüştürülmesi halinde grafik değişimi gösterilmiştir. Ayrıca Şekil 2.5 de fotometrik ışık ölçü birimleri gösterilmiştir.

$$\text{Işık akısı} \quad \Phi_v = (683 \text{ lm/W}) \int_0^\infty \Phi(\lambda) V(\lambda) d\lambda \quad (2.7)$$



Şekil 2.4. 5000K sıcaklıktaki beyaz LED ışığının radyant akıdan fotometrik akıya dönüştürülmesi (a) radyometrik dağılımı (b) gözün tepkisi (c) fotometrik dağılım.

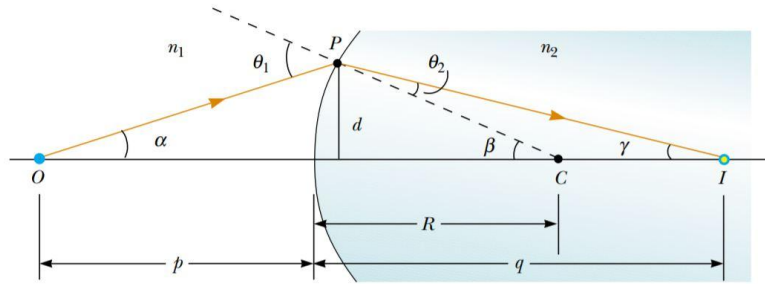


Şekil 2.5. Işık ölçü birimlerinin gösterimi (Anonim, Lumens for the laymen, 2015)

2.2. Optik Mercekler

Optik lensler, en temel kavramıyla kamera, teleskop, mikroskop vb. optik aletlerde kırılma yoluyla görüntü oluşturmak için kullanılır. Optik lensler, ışığı odaklamak, yönünü değiştirmek veya açmak için kullanılan bileşenlerdir. Tekli veya çoklu elementlerden oluşabilen optik lensler, mikroskopiden lazer işlemeye kadar çok çeşitli

uygulamalarda kullanılmaktadır. Yaşam bilimleri, görüntüleme, sağlık, endüstriyel veya savunma dâhil olmak üzere birçok endüstride optik lensler kullanılmaktadır. Işık bir mercekten geçerken, merceğin formundan ve malzemesinden etkilenir. Şekil 2.6 da iki şeffaf malzeme arasında geçiş yapan ışık ışınının kırılması sonrası aldığı yolun nasıl değiştiği açıklanmıştır. O noktadan çıkan tek bir ışın, I noktasına kırılır. Snell'in bu ışına uygulanan kırılma yasası denklem 2.8 ile 2.14 arasında gösterilmiştir.



Şekil 2.6. $n_1 < n_2$ olduğu varsayılarak, denklem 2.14'ü türetmek için kullanılan geometri (Serway ve Jewett, 2004)

Snell yasası
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (2.8)$$

θ_1 ve θ_2 'nin küçük olduğu varsayıldığından, küçük açı yaklaşımı olan $\sin \theta = \theta$ (radyan cinsinden açılar) kullanabiliriz ve bunu söyleyebiliriz:

$$n_1 \theta_1 = n_2 \theta_2 \quad (2.9)$$

Herhangi bir üçgenin bir dış açısının, iki zıt iç açının toplamına eşit olduğu gerçeğini değerlendirdiğimizde:

$$\theta_1 = \alpha + \beta \quad (2.10)$$

$$\beta = \theta_2 + \gamma \quad (2.11)$$

Üç ifadeyi de birleştirir ve θ_1 ve θ_2 'yi ortadan kaldırırsak,

$$n_1\alpha + n_2\gamma = (n_2 - n_1)\beta \quad (2.12)$$

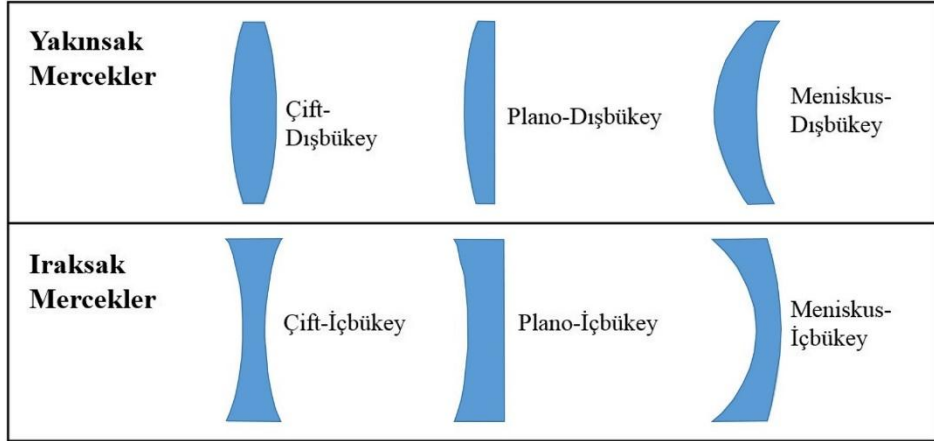
Şekil 2.6'da, d uzunluğunda ortak bir dikey ayağa sahip üç dik üçgen görüyoruz. Küçük açı yaklaşımında $\tan\theta \approx \theta$, bu nedenle bu üçgenlerden yaklaşık ilişkileri aşağıdaki gibi yazabiliriz:

$$\tan\alpha \approx \alpha \approx \frac{d}{p}; \quad \tan\beta \approx \beta \approx \frac{d}{R}; \quad \tan\gamma \approx \gamma \approx \frac{d}{q}; \quad (2.13)$$

Bu ifadeleri Denklem 2.12'ye koyarız ve d ile böleriz

$$\frac{n_1}{p} + \frac{n_2}{q} = \frac{n_2 - n_1}{R} \quad (2.14)$$

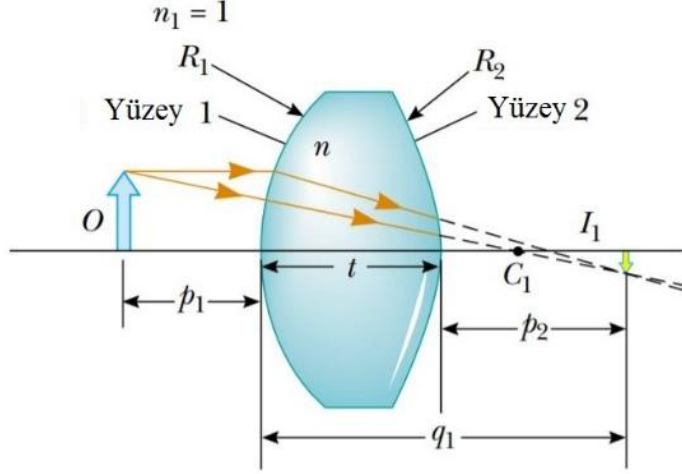
Sabit bir nesne p mesafesi için, görüntü q mesafesi ışının eksenle yaptığı açıdan bağımsızdır. Bu sonuç bize tüm paraksiyal ışınların aynı noktaya odaklandığını göstermektedir.



Şekil 2.7. $n_1 < n_2$ olduğu varsayılarak, denklem 2.14'ü türetmek için kullanılan geometri

Çift-Dışbükey, Plano-Dışbükey ve Meniskus-Dışbükey lensler, ışığın bir noktaya odaklanmasına neden olur. Bunun yanında Çift-İçbükey, Plano-İçbükey ve Meniskus-

İçbükey lensler de, mercekten geçen ışığın ayrılmasına “açılmasına” neden olur. Bu farklı altı tip lensler Şekil 2.7’de gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Bir mercek tarafından oluşturulan görüntüyü bulmak için kullanılan geometri (Serway ve Jewett, 2004)

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (2.15)$$

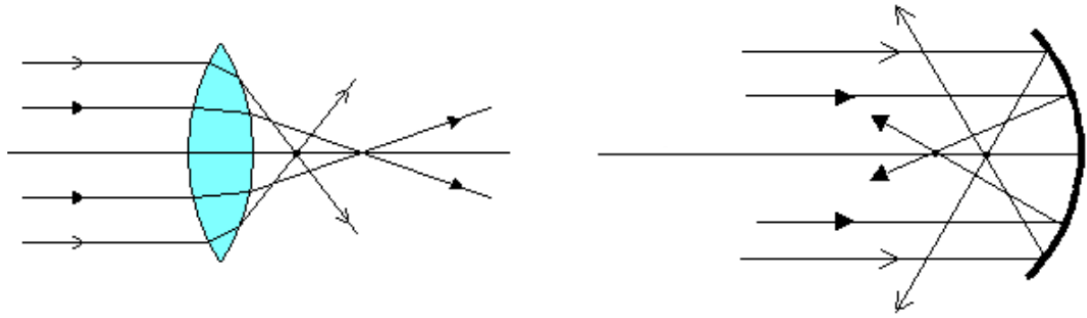
Şekil 2.8’de bir görüntünün farklı eğrilik yarıçap değerlerine ve kırılma indisine sahip lensten kırıldıktan sonraki görüntünün oluşumu ve ışık yolları gösterilmiştir. Denklem 2.15 lens üreticilerinin denklemi olarak adlandırılır, çünkü belirli bir kırılma indisi “n” ve istenen odak uzaklığı “f” için gerekli olan R₁ ve R₂ lens yüzeyinin eğrilik yarıçap değerlerini belirlemek için kullanılır. Tersine, bir merceğin kırılma indisi ve eğrilik yarıçapı verilirse, bu denklem odak uzunluğunun hesaplanmasını da sağlar. Mercek havadan başka bir ortama konursa, bu aynı denklem kullanılabilir. Formülde kullanılan “n” mercek malzemesinin kırılma indisinin merceği çevreleyen diğer ortamın kırılma indisine oranı olarak yorumlanır.

2.3. Optik Aberasyonlar

İdeal bir optik sistemde, ışık kaynağının odak noktasından gelen tüm ışık ışınları, görüntü düzleminde aynı noktaya birleşerek net bir görüntü oluşturur. Farklı dalga

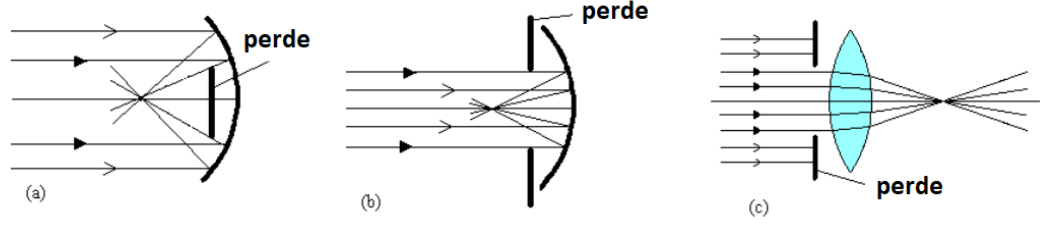
boylarındaki ışınların farklı noktalara yakınsamasına neden olan etkilere de sapmalar denir. Sapma: görüntü oluşturan bir optik sistem tarafından üretilen görüntünün bulanıklaşmasına yol açar. Sistem üzerinden iletdikten sonra bir nesnenin bir noktasından gelen ışık tek bir noktaya yaklaşmadığında (veya uzaklaşmadığında) oluşur. Küresel, kromatik, çarpıtma, koma ve astigmat olmak üzere farklı aberasyonlar bulunmaktadır.

Küresel sapmalar, küresel bir merceğin (veya aynanın) ana ekseninden uzaktaki ışınların odak noktalarının, eksenin yakınından geçen aynı dalga boyundaki ışınların odak noktalarından farklı olması nedeniyle oluşur. Şekil 2.9 da yakınsak bir mercekten geçen ve bir içbükey aynadan yansıyan paralel ışınlar için küresel sapmaları göstermektedir. Işınlar, tek bir odak noktası yerine farklı noktalara yakınsar.



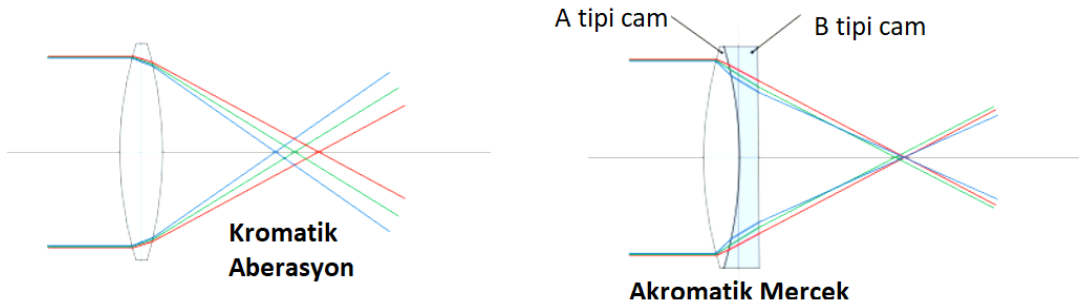
Şekil 2.9. Yakınsak bir mercekten geçen ve bir içbükey aynadan yansıyan ışınların farklı noktalarda odaklanması

Küresel sapma, bir perdeleme (giriş açıklığı veya göz bebeği genişliği) yöntemi ile azaltılabilir. Bunu yapmak için, paralel ışınların tek bir noktaya odaklanmasına izin veren aynanın veya merceğin önüne bir perde yerleştirilebilir. Şekil 2.10 da farklı perdeleme uygulamaları ile aberasyon sorunun çözüm örnekleri gösterilmiştir. Perdeleme, küresel sapmaları azaltırken görüntünün parlaklığını (ışık yoğunluğunu) da azaltır. Çoğu kameranın ışık yoğunluğunu kontrol etmek ve küresel sapmayı azaltmak için değiştirilebilir bir açıklık ayarı vardır.



Şekil 2.10. Farklı türden perdeleme işlemi ile aberasyonun minimize edilmesi

Bir lens, farklı renkleri tam olarak aynı yere odaklamayacaktır. Kromatik sapma, lenslerin farklı ışık dalga boyları için farklı bir kırılma indisine sahip olması nedeniyle oluşur. Bu sapmayı en aza indirmenin bir yolu, farklı dispersiyonlu camları ikili veya başka bir kombinasyonlu halinde kullanmaktır. Bu tür çiftler genellikle birbirine yapıştırılır ve akromat olarak adlandırılır. Akromatik mercek (veya akromat), kromatik ve küresel sapmaların etkilerini sınırlamak için tasarlanmıştır. Şekil 2.11 de gösterilen mercekler ile nasıl oluşturulduğu açıklanmıştır.

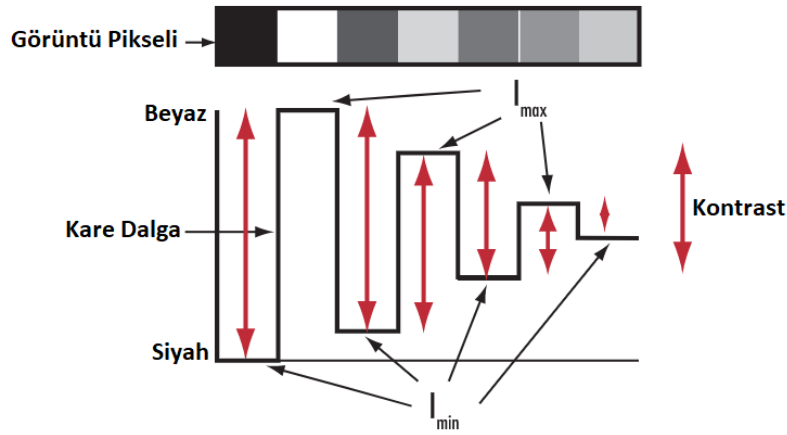


Şekil 2.11. Farklı türden perdeleme işlemi ile aberasyonun minimize edilmesi

2.4. Kontrast ve Çözünürlük

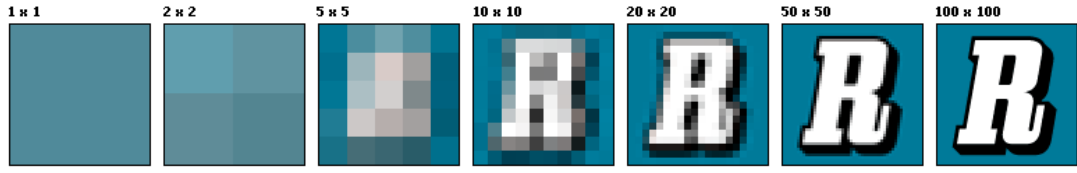
Kontrastın çok farklı tanımları bulunmakla birlikte genel olarak, bir nesneyi (bir görüntü veya ekrandaki temsilini) ayırt edilebilir kılan parlaklık veya renk farkıdır. Bir görüntünün kontrastı, o görüntüdeki en parlak bölüm ile en karanlık bölüm arasındaki farktır. Kontrast, belirli bir çözünürlükte siyahın beyazdan ne kadar iyi ayırt edilebileceğidir. Bir görüntünün iyi tanımlanmış görünmesi için, siyah ayrıntıların siyah görünmesi ve beyaz ayrıntıların beyaz görünmesi gerekir. Açık ve koyu çizgi arasındaki

yoğunluk farkı ne kadar büyükse, kontrast o kadar iyidir. Bu açık görünse de, kritik derecede önemlidir. Örneğin: eğer bir görüntü 500cd/m^2 'lik bir parlak beyaz ölçümüne ve 1cd/m^2 'lik bir siyah ölçümüne sahipse kontrast 500:1 oranında kaydedilir. Kontrast değeri arttıkça projeksiyon logo lambasından çıkan görüntüler ve renkler daha belirgin hale gelecektir. Şekil 2.12 de yüksek kontrast ile düşük kontrast arasındaki fark gösterimi yer almaktadır.



Şekil 2.12. Siyahtan beyaza doğru gidildikçe kontrastın değişiminin gösterimi (Anonim, Edmund Optics, tarih yok)

Çözünürlük, bir görüntüleme sisteminin nesne ayrıntılarını yeniden üretme yeteneğidir. Kullanılan aydınlatma türü, sensör piksel boyutu ve optiğin yetenekleri gibi faktörlerden etkilenebilir. Nesne ayrıntısı ne kadar küçükse, gerekli çözünürlük o kadar yüksek olur. Çözünürlük, bir görüntüdeki piksel sayısını ifade eder. Çözünürlük bazen görüntünün genişliği ve yüksekliğinin yanı sıra görüntüdeki toplam piksel sayısı ile tanımlanır. Örneğin, 2048 piksel genişliğinde ve 1536 piksel yüksekliğinde (2048 x 1536) bir görüntü, 3.145.728 piksel (veya 3.1 Megapiksel) içerir (çarparak). Buna 2048 x 1536 veya 3.1 Megapiksel görüntü diyebilirsiniz. Kameranızdaki alıcı cihazdaki megapikseller arttıkça, üretebileceğiniz olası maksimum boyuttaki görüntü de artar. Bu, 5 megapiksel kameranın 3 megapiksel kameradan daha yüksek çözünürlükte bir görüntü yakalayabileceği anlamına gelir. Şekil 2.13 de, aynı görüntünün farklı piksel çözünürlüklerinde nasıl görünebileceğinin bir örneğidir. Bu örnekleme ile çözünürlüğün ne kadar önemli olduğu aşikârdır.



Şekil 2.13. Farklı piksel çözünürlüklerinde aynı görüntünün karşılaştırılması (Anonim, Wikipedia, tarih yok)

Bir sensör üzerindeki yatay veya dikey piksellerin sayısının; gözlemlemek istenen nesnenin boyutuna bölünmesi, her pikselin nesne üzerinde ne kadar alan kapladığını gösterecek ve çözünürlüğü tahmin etmek için kullanılabilir. Ancak bu, piksel üzerindeki bilginin diğer herhangi bir pikseldeki bilgilerden ayırt edilebilir olup olmadığını tam olarak belirlemez.

2.5. Literatür Özeti

Literatürde, farklı tasarım ve alanlarda kullanım amacı ile yapılan doğrudan veya dolaylı olarak ilişkisi bulunan çalışmaları bulunmaktadır. Fakat otomotiv aydınlatma sektörü göz önüne alındığında, çalışmaların kısıtlı ve yetersiz olduğu söylenebilir. Söz konusu, otomotiv aydınlatmalarında kullanılan farklı sayılardaki optik lensler ile yapılan çalışma sayısının neredeyse çok kısıtlı olduğu söylenebilir. Özellikle optik tasarım ve analiz programında statik optik tasarımlara ait sayısal modellerin oluşturulması ve doğrulamasıyla ilgili çalışmalar bulunsada dinamik optik sistemler için bu sayı bir elin parmaklarını geçmemektedir. Bu anlamda önceden yapılmış çalışmalar otomotiv iç ve dış aydınlatmalarını içermektedir.

Studený (2019) yapmış olduğu çalışmada, otomobildeki aydınlatma ürünlerinin yol güvenliğini artırmak ve geceleri belirgin bir şekilde aracı vurgulamak için kullanıldığını belirtmiştir. Yeni teknolojiler kullanılarak, özelleştirilebilir matris arka lambalar ile sürücülerin otomobillerinin aydınlatma tasarımını kendi başlarına kişiselleştirmelerini sağlayacak çalışmasının detaylarını paylaşmıştır. Bunun yanında mikro lens dizileri ve holografik optik öğeler kullanılarak nasıl yeni tasarımlara ve işlevlere olanak tanınacağını ifade etmiştir. Özellikle projeksiyon logo lambası kullanılarak geleneksel

araçların park edilmesi esnasında araç sınırlarını belirten aydınlatma sağlayarak daha güvenli araç park etmeyi hedeflemiştir. Ayrıca araç dönme halinde araç köşelerine yerleştirdiği PLL ile statik bir uyarı lambası senaryolarını açıklamıştır. Gelecekte bu tarz aydınlatma ürünlerinin her türden araçlarda kullanılabilir olacağı ifade edilirken çalışmanın sadece statik aydınlatma ürünlerine bağlı kalması ve tasarımsal bilgilerin yer almaması çalışmanın eksik yanlarıdır.



Şekil 2.14. Geri vitese geçildiğinde sürüş güvenliğini arttırmak için tasarlanmış PLL örnekleri (Studeney, 2019)

Uhlenberg, Müller, Chiu ve Wang (2017) tarafından yapılan çalışmada, araba kapısının içine, dış dikiz aynasına, sis lambası pozisyonuna ve daha karmaşık konumlara yerleştirilmiş basit PLL geliştirilmesine yönelik tasarım hususlarını sunmaya çalışmıştır. Özellikle araç park garajlarının, alacakaranlık ve gece karanlıklarındaki ortam aydınlatmasını inceleyerek asfalt üzerinde oluşacak aydınlatma miktarına karşılık asfalt üzerinde oluşacak aydınlatmanın kontrast miktarlarını karşılaştırmıştır. Elde edilen aydınlatma gücünün baskın bir şekilde ortamın aydınlatma miktarına bağlı olduğunu vurgulamıştır. Bunun yanında, çalışma ekiplerince tasarlanmış farklı iki dinamik PLL örnekleri verilmiştir. Bu dinamik PLL dan ilkinde birden fazla LED ışık kaynağı yan yana bağlanmış ve bu LED'lerin önüne tek bir lens koyularak asfalt yüzeyinde animasyon oluşturulmaya çalışılmıştır. Diğer bir PLL örneğinde ise tek LED den oluşan optik sisteme bir adet hareketli ayna yerleştirmiştir. Aynanın belirli bir frekansta yapacağı ileri geri hareketi ile asfalt üzerinde animasyon oluşturmak hedeflenmiştir. İlk tasarımda asfalt yüzeyinde birden fazla LED kullanılmasından kaynaklı eş zamanlı desenler oluşabilirken ikinci tasarımda tek LED kullanılmasından ötürü asfalt yüzeyinde aynı anda sadece tek desen oluşabilmektedir ve bu desenlerin konumu aynanın salınım

hareketine göre değişmektedir. Bu çalışmanın eksik yanlarının başında çalışmanın teorikte kalmış olması ve henüz tam anlamıyla pratiğe dökülmemiş olması gelmektedir. Ayrıca dinamik PLL da kurgulanan optik tasarım parametrelerinden sadece yüzeysel olarak geçilmiştir. Optik lens tipleri, LED bilgisi, sürme akımı, ürün boyutu vb. bilgilerden bahsedilmemiştir.

Bremer, Lewerich, Hendricks ve Neumann (2019) tarafından yapılan çalışmada, yüksek çözünürlüklü dinamik PLL tasarımının detayları açıklanmıştır. Bu tasarımda silikon üzerindeki sıvı kristal (Liquid crystal on silicon - LCoS) kullanılarak hareketli görüntü elde etmişlerdir. En önemli komponent, silikonun arka düzleminin üstünde bir sıvı kristal katmanı bulunur ve bu sayede minyatürleştirilmiş aktif yansıtıcılı matris sıvı kristal ekran oluşmaktadır. Bu eleman mikro ekran veya uzaysal ışık modülatörü olarak da adlandırılır. Yarı geçirgen üçgen prizma üzerine gelen odaklanmış ışık, üçgen prizmanın eğimli yüzeyinden 90° olacak şekilde yansır. 90° yansıyan odaklanmış ışık demeti LCoS üzerine düşer ve LCoS üzerindeki desene göre tekrar geri doğru yansıtılır. LCoS sayesinde desen tipi değiştirilerek dinamik PLL elde edilmiş olur. Bu sistemin seçilmesindeki en önemli faktör, LCoS alternatiflerine göre daha fazla çözünürlük sağlıyor olmasıdır. Fakat bu sistemin negatif yönleri olarak prizma yüzeyinin yansıtıcılığı ve özellikle LCoS kaplama kalitesinden kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Bu çalışmada ışık kaynağı olarak LED kullanılmıştır ve projenin prototip şeması ve optik lens sistemlerinin şeklinin gösterilmesi çalışmanın güçlü yanları olarak ifade edilebilir. Çalışmadaki eksik kalan kısım ise prototip üründen elde edilen ışık desen görüntülerinin paylaşılmamış olmasıdır.



şekil 2.15. LCoS temelli hazırlanmış logo görselleri
(Bremer, Lewerich, Hendricks ve Neumann, 2019)

Azouigui ve diğeri (2019) tarafından yapılan çalışmada, gerçek hayatta kullanılacak olan PLL sinyalizasyon özelliği olarak kullanılması halinde güvenlik etkisi araştırılmıştır. Güvenlik etkisinin ölçülebilmesi için bir senaryo oluşturulmuş ve bu senaryo karşısında elde edilen veriler değerlendirilerek PLL güvenliği arttırdığını ve gerekliliği hakkında sonuca varmışlardır. Bahsi geçen senaryoda bir adet aracın tamponuna PLL yerleştirilmiştir ve araç geri vites pozisyonuna geçtiğinde araç arkasında yer alan PLL'sı asfalt yüzeyini aydınlatan üç adet ok deseninin oluşması sağlanmıştır. Bu aracın daha önceden belirlenen bir otoparkta geriye doğru hareketi esnasında geçmekte olan yaya ve diğeri sürücülerin tepkilerini ölçmeyi hedeflemişlerdir. İlk olarak PLL kullanılan sinyalizasyon sistemi mevcutta kullanmakta olduğumuz sinyal lambalarından daha etkili ve daha uzun menzillerden fark edilebiliyor olarak ifade edilmiştir. PLL ilk defa kullanılıyor olmasına rağmen ışık deseninin oldukça iyi anlaşıldığı gösterilmiştir. Bisiklet sürücüleri için olumlu sonuçlar elde edilememiş ve bunun nedeni olarak da bisiklet sürücülerinin hızı ve hareket şekillerinden kaynaklandığını düşünmektedirler. Bu çalışmanın en büyük katkısı, PLL gerçek hayatta kullanılmasının deneysel bir gösterimi olmasıdır.

Rosenauer, Khrushchev, Gasser, Holzinger ve Austerer (2019) tarafından yapılan çalışmada, araçların 360 ° çevresinde PLL kullanılabilirliğinin mimarisi açıklanmıştır. Bu anlamda asfalt yüzeyinde renkli desen elde edilebilmesi için tasarlanmış statik, yarı dinamik ve tam dinamik projeksiyon uygulamaları için ürün geliştirmişlerdir. Geliştirmiş oldukları farklı projeksiyon logo lambalarının optik ve elektronik şemaları detayları ile açıklanmıştır. Bu sayede farklı alanlarda ve farklı amaçlarda ne gibi aydınlatma desenleri elde edileceği ve bunların avantajları belirtilmiştir. Özellikle renkli desenlerin elde edilebilmesi için RGB (kırmızı-yeşil-mavi) LED kullanmışlardır. Her bir ürün için farklı bir optik, mekanik ve elektronik tasarıma ihtiyaç duymuşlardır. Bazı tasarımlarda tek LED kullanılırken diğeri çalışmalarda hem birden çok LED hem de daha karmaşık optik sistemlere ihtiyaç duyulduğu gösterilmiştir. Bu çalışmanın çıktısı olarak PLL ların mevcut pazar eğilimlerinin özelleştirme, iletişim ve güvenlik ihtiyacının giderek arttığını göstermektedir. Ayrıca farklı kullanım durumları için üç ana projeksiyon kavramına yakından bakmışlardır. Son olarak PLL özelleştirilmiş

özellikler, gelişmiş güvenlik ve otomatik sürüş için işbirliğine dayalı aydınlatmada eksiksiz bir platform sunduğunu ifade etmektedirler.



Şekil 2.16. Logo lambasının farklı konumlarda ve kullanım alanlarındaki örnek görseller (Rosenauer, Khrushchev, Gasser, Holzinger ve Austerer, 2019)

Neumann (2017) tarafından yapılan çalışmada, gelecekte uygulanabilir olacak yeni işlevler de dahil olmak üzere farklı türden potansiyel otomotiv aydınlatma çözümlerini açıklamaya çalışmıştır. Özellikle bu tez çalışmasını kapsayan PLL larından da bahsedilmiştir. Bu anlamda yakın zamanda kullanılacak olan PLL ile hem park etmek hem de park yerinden çıkmak için park göstergesi için kullanılabileceğini, ayrıca acil durumlarda araçtan araca acil durum haberleşmesinde de kullanılabileceğine değinilmiştir. Bunun yanında seyir halinde iken iki araç arası mesafeyi korumayı tavsiye etmek için bir alan oluşturulması ve trafik durumuna göre arkadaki aracın kendisini geçmemesi için uyarılmak için de kullanılabileceğini ifade etmiştir. İlgili çalışma sadece olası kullanım alanları ve güvenlik gereksinimlerini açıklamaktadır. Çalışmada hiçbir tasarımsal bilgilerden bahsedilmemesi çalışmanın en zayıf yönüdür.

Sieler, Fischer, Schreiber, Dannberg ve Brauer (2013) tarafından yapılan çalışmada, geleneksel tek diyaframlı optik düzenekleri kullanarak serbest biçimli ekranlar için önden projeksiyonlu sistemlerin tasarım adımları açıklanmıştır. Bu makale hem serbest biçimli hem de eğimli düzlemsel ekran uygulamaları için tasarım dezavantajlarını çözebilen bir dizi projeksiyon teknolojisine dayalı yeni slayt ön işleme algoritmalarını sunmuştur. Bu çalışma otomotiv sektörünün dışında olmasına rağmen farklı tasarımı ve farklı kullanım alanı kabiliyetini gösteren güzel bir projeksiyon lambası çalışmasıdır. İlgili makalede yeni tasarımsal konseptin teorik temelleri araştırılmış ve optik

simülasyonlara bu teorik temeller uygulanmıştır. Dizi projeksiyon teknolojisine dayalı olarak, sistem basitliğini ve akışını korurken görüntüleri eğimli veya serbest biçimli ekran yüzeylerine yansıtmak için yeni bir yaklaşım sunmuşlardır. Sistemin optik yapısı bir adet odaklayıcı lens, bir adet mikro optik merceklere sahip projeksiyon lensi ve bir adet de krom kaplı düz cam yüzeyden oluşmaktadır. Kullanılan lenslerin çok hassas ve kompleks tasarımlarının sonucu olarak mükemmel bir projeksiyon deseni oluşturdukları söylenebilir. Her biri geniş bir odak derinliğine sahip çok sayıda projektör uygulaması tarafından oluşturulan üst üste binen bir ekran görüntüsünün oluşturulması, önerilen matematiksel algoritmaya göre yalnızca basit 2D ekran geometrisinin ön düzeltmesine izin verdiği ifade edilmiştir. Temel ilke ve matematiksel arka planının yanı sıra slayt maskesi üretimi için yeni bir CAD tabanlı tasarım aracı, önemli ölçüde geliştirilmiş görüntü kalitesi gösteren ilk prototiplerin deneysel sonuçlarıyla başarıyla onaylanmış. Önerilen algoritma mikro optik sıralı projektörlerin teknik avantajlarını, kompakt yapısını, parlaklığını ve ekran geometrisine ilişkin yeni tasarım esnekliğini göstermiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Optik özelliklere sahip bir üründen bahsediliyorsa kesinlikle ışık kaynağı, ışık kırıcı ve/veya yansıtıcı komponentlerden de söz edilmektedir. Optik bir sistemin en kritik komponentini ışık kaynakları oluşturmaktadır. Fakat ışık kaynağı tek başına çoğu zaman anlam ifade edememekte veya istenen şartları sağlayamamaktadır. Bundan dolayıdır ki, aydınlatma ürünlerinde ışık kaynağının yanında ışığı yönlendirmeye, odaklamaya, yaymaya veya filtrelemeye yarayan temelde kırıcı, yansıtıcı ve/veya filtre gibi bileşenler kullanılmaktadır.

Aydınlatma sektöründe görünür bölge olarak tarif edilen kısım ve EMS'nin 380–780 nm dalga boyları arasında kalan kısım, insan gözü tarafından algılanan aralık olmasından dolayı bu çalışma kapsamında sadece 380–780 nm dalga boyu aralığı temel alınmıştır. Bir ışık kaynağının farklı lens malzemeleri ile etkileşimi sırasında farklı davranışlar sergilemesi gibi farklı dalga boylarındaki ışık kaynakları da aynı lens malzemesi ile etkileşimi sırasında farklı davranışlar sergileyebilmektedir. Otomotiv aydınlatma sektöründe kullanılan ürünlerin optik özelliklerinin belirlenmesinde kritik öneme sahip olan ve lens malzemesi olarak kullanılan malzemelerin başında cam, silikon, PMMA ve PC polimerler gelmektedir. Daha öncede bahsedildiği üzere cam lenslere kıyasla birçok avantajlarından dolayı günümüzde üretilen araç lambalarının nerdeyse tamamında ışık geçiren polimer lensler kullanılmaktadır. Lenslerin yüzey formları, ışık ile etkileşimi sonucunda ışığı geçirme, yansıtma ve emme miktarları sistemin çıktısını ciddi manada etkilemektedir.

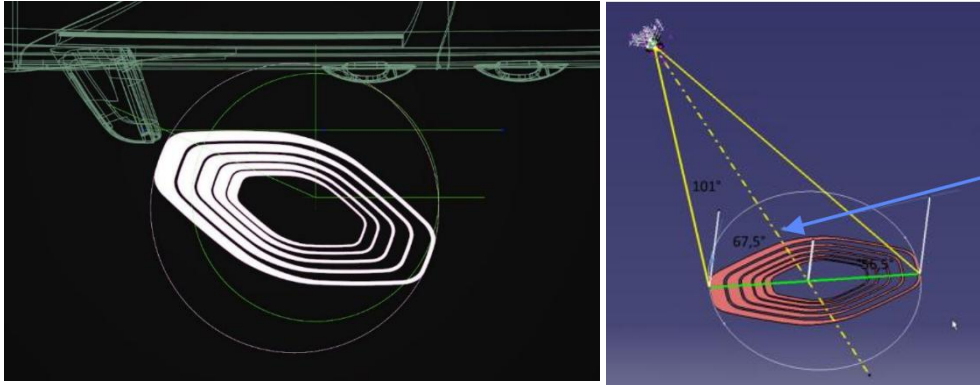
Bu çalışma kapsamında öncelikle sanal ortamda projeksiyon logo lambasının araç üzerindeki konumu, kabaca hacmi ve yere yansıtılacak logo görseli ile logo konumu mekanik tasarım programı olan CATIA Version 5, Release 2018 programı kullanılarak CAD data modellemesi yapılmıştır. Bir sonraki aşama olarak buradan elde edilen veriler, Zemax 13 Professional optik tasarım ve analiz programının girdisi olarak kullanılarak hem sequential ve hem de non-sequential tasarımları yapılmıştır. Daha sonra, optik tasarım çalışmalarını doğrulamak için LucidShape optik analiz programı kullanılmıştır. Bir sonraki çalışma olarak, tasarım çıktıları kullanılarak blok lens malzemesinin CNC makinesinde milling yöntemi kullanılarak prototip lens üretimine

geçilmiştir. Aynı anda da 3D yazıcı cihazı kullanılarak gövde üretilmiştir. Son olarak da elde edilen simülasyon sonuçlarının doğruluğunu kıyaslamak adına üretimini yapmış olduğumuz prototip projeksiyon logo lambasını karanlık oda laboratuvarında bulunan lüks-metre cihazı kullanılarak farklı noktalardan aydınlatma değerleri ölçülmüştür. Buradan elde edilen fiziksel ölçüm sonuçları ile simülasyon değerlerinin karşılaştırılması yapılmış ve yorumlanmıştır.

3.1. Statik Logo Lambasının 3 Boyutlu Tasarım Çalışmaları

Bu tez çalışması kapsamında öncelikle konsept bir araç belirlenmiş ve bu aracın dış dikiz aynalarına birer adet projeksiyon logo lambası yerleştirilerek yer düzlemine bir logo görselinin yansıtılması hedeflenmiştir.

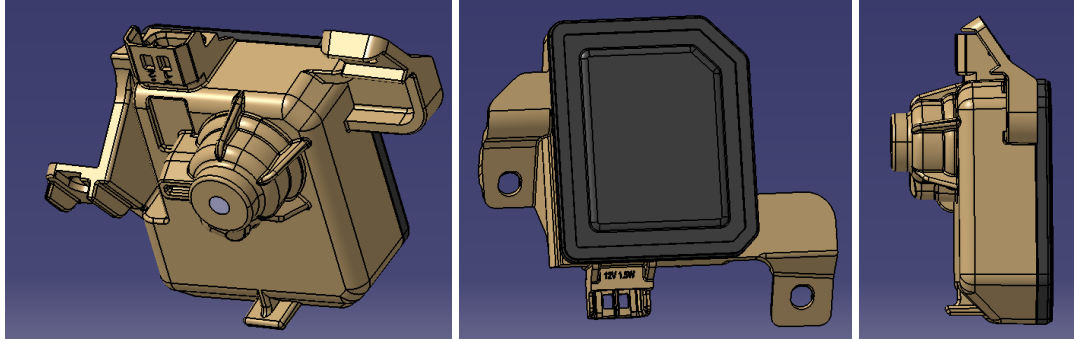
Konsept olarak belirlenen aracın dış dikiz aynasına yerleştirilen PLL'dan yer düzlemine olan yüksekliği 1270 mm ve yer düzleminde oluşacak logo çapı 600 mm olacak şekilde belirlenmiştir. Şekil 3.1'de yer düzleminde oluşacak logo görseli ve sanal ortamda logo lambasının konum ve açıl bilgileri yer almaktadır.



Şekil 3.17. Yer düzlemine yansıtılan logo şekli ve sanal ortamda PLL'sının konum görseli

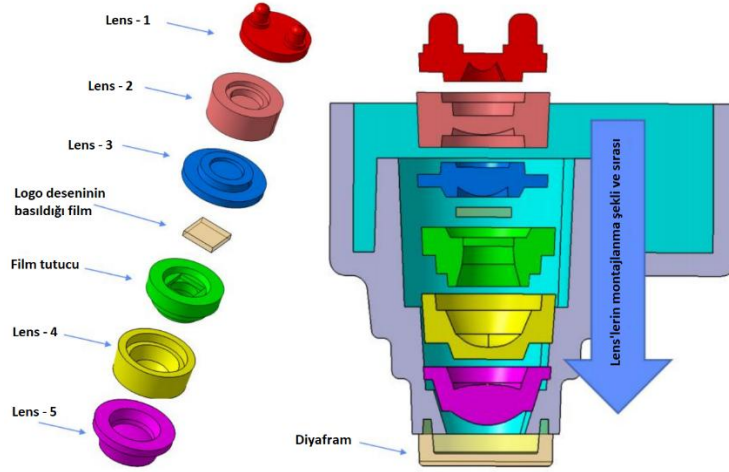
Dış dikiz aynalarının içerisinde ayna motoru, çevre kamerası, yan sinyal lambası, logo lambası, kablolar ve montaj ekipmanları gibi birçok komponent bulunmaktadır. Bundan dolayı da tasarım aşamasını en çok zorlayan etmen yeterli alan kıstası olmuştur. Bu

yüzden de PLL mümkün olduğunca minimum yer kaplamalı ve kompakt boyutlarda olmalıdır. Şekil 3.2 de gösterildiği üzere PLL'sı minimum boyutlarda olacak şekilde tasarlanmıştır. PLL'sının montaj kolları hariç genişliği 33 mm, yüksekliği 40 mm ve derinliği 26 mm olacak şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 3.2. PLL'sının farklı açılardan alınmış perspektif görüntüleri

Şekil 3.3 de birden fazla lensten oluşan optik sistemin montaj şekli gösterilmiştir. Aşağıdaki resimde beş adet farklı optik lens, bir adet diyafram lensi, logo deseninin basıldığı film ve film tutucudan oluşan sistemin mekanik tasarımı ve montaj sırası gösterilmiştir. Filmin doğru montajlanması, sol ve sağ parçaların montajı esnasında hata yaşanmaması için kare yerine dikdörtgen şeklinde tasarlanmıştır ve hem film tutucuya hem de film üzerine konumu doğrulaması için belirteçler yerleştirilmiştir. Bu sayede hatalı montajın önüne geçilmeye çalışılmıştır. Ayrıca logo filminin üretim toleranslarından kaynaklı ses ve titreşim problemlerini önlemek amaçlı hem film tutucuya hem de film üzerine baskı yapacak olan lense ezme ribleri uygulanmıştır. Ayrıca diyafram lensi 2K enjeksiyon üretim yöntemine uygun olacak şekilde tasarlanmıştır ve bu sayede lens ile gövdenin birbirine kaynak prosesi iptal edilmesi sağlanmıştır.



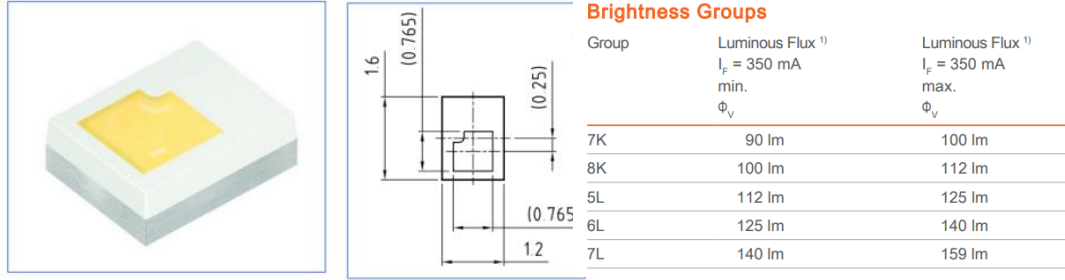
Şekil 3.3. PLL' sının lens montajının tasarım ve proses görseli

3.2. Statik Logo Lambasının Optik Tasarım ve Simülasyon Çalışmaları

Bu bölümdeki tüm optik tasarım ve analiz aşamaları Zemax 13 Professional ve LucidShape optik tasarım ve analiz programları kullanılarak yapılmıştır. Zemax programı kompleks optik lens yapılarının tasarımında kullanılan en yaygın ve kapsamlı optik tasarım programıdır. Optik çalışmaların doğruluğunu kontrol etmek amaçlı Zemax içerisinde yer alan sequential ve non-sequential modları kullanılmıştır. Final tasarım çalışmasını doğrulamak ve tekrar amaçlı otomotiv aydınlatma sektöründe en yaygın olarak kullanılan LucidShape optik tasarım ve analiz programından da yararlanılmıştır. LucidShape programı içerisine mekanik ve optik tüm komponentler araç üzerindeki orijinal konumlarına göre transfer edilmiş ve buna göre analizlerin doğrulaması yapılmıştır.

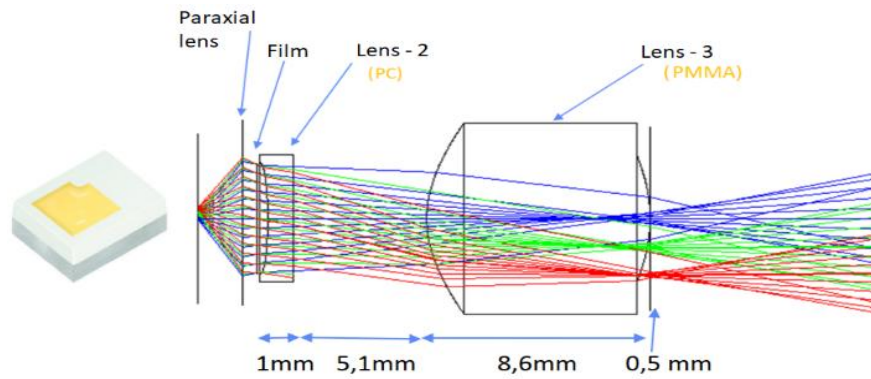
Projeksiyon Logo Lambasının kompakt boyutlarda olması ve sınırlı sürme akımı gibi kıstasların dezavantajlarını ortadan kaldırmak için ve yer aydınlatmasında daha keskin görüntü elde etmek için en küçük ışık çıkış yüzeyine sahip ve yüksek güçlü ışık çıkışına sahip OSRAM firmasının Compact CM ailesinin LUW CEUN.CE isimli LED'i kullanılmıştır. Yer aydınlatmasında daha yüksek aydınlatma olması için şuan piyasada satışı bulunan 5L bini seçilmiştir. Bu LED'in oda sıcaklığında sürülmesi halinde ortalama 118 lümen ışık elde edilmektedir. Bu LED'in nominal sürme akımı 350 mA

ama araçlarda bu tarz harici aydınlatma ürünleri için maksimum sürme akım değeri 150 mA'dir. Bundan dolayı da 150 mA sürme akımına karşılık 59 lümen elde edilmektedir. Şekil 3.4 de OSRAM Compact CM, LUW CEUN.CE LED'ine ait fiziksel boyut ve bin değerleri gösterilmiştir ve ışık çıkış alanı 1 mm² den daha küçüktür.

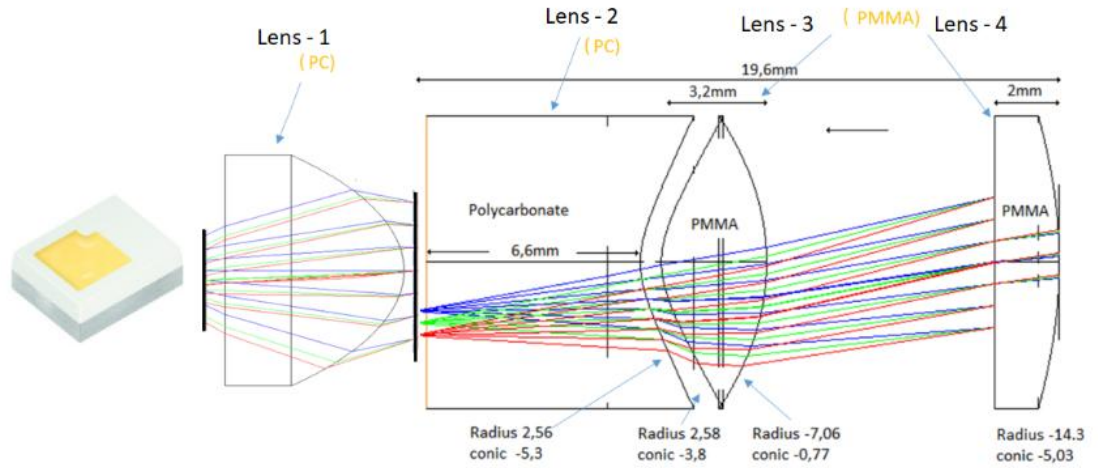


Şekil 3.4. OSRAM Compact CM, LUW CEUN.CE özellikleri

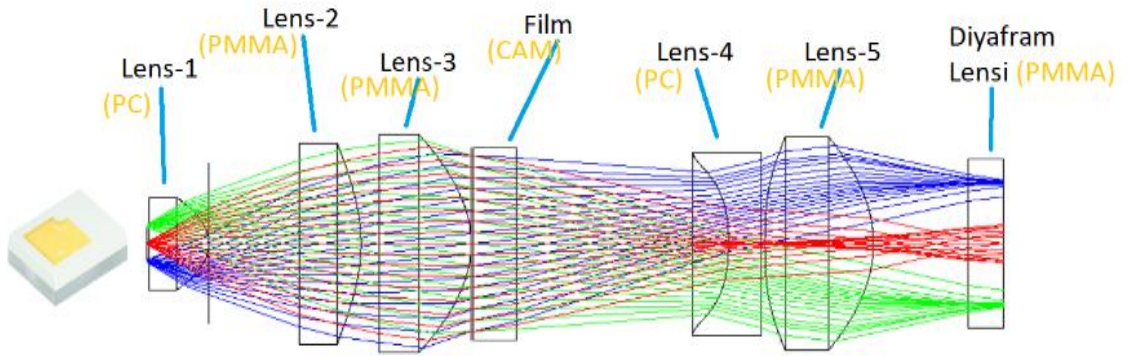
Şekil 3.5, 3.6 ve 3.7 de sırasıyla 3,4 ve 5 farklı lensler ile yapılan optik çalışmalara ait görseller bulunmaktadır. Üç farklı lens sayısına sahip optik tasarımların tamamında aynı LED ve aynı 150 mA'lık sürme akımı baz alınarak tasarımlar yapılmıştır. Farklı lens sayılarına sahip çalışmalar: lens sayısının optik sonuçlara olan etkisini kıyaslamak ve en verimli yapının belirlenmesini sağlamak amaçlı yapılmıştır. Kromatik aberasyon miktarını azaltmak için de hem PC hem de PMMA lensler kullanılarak tasarımlar yapılmıştır. Farklı sayılardaki lens sayısına bağlı olarak lenslerin hepsinin kalınlık ve yüzey formları tamamen birbirinden farklıdır. Bu farklılığın oluşmasının sebebi eşit uzaklıkta aynı görseli elde etmemektir. Tabi buna karşılık elde edilen görselin netliğinin ve ışık değerinin kıyaslaması yapılmıştır.



Şekil 3.5. 3 farklı lens kullanılarak yapılan tasarım modeli



Şekil 3.6. 4 farklı lens kullanılarak yapılan tasarım modeli

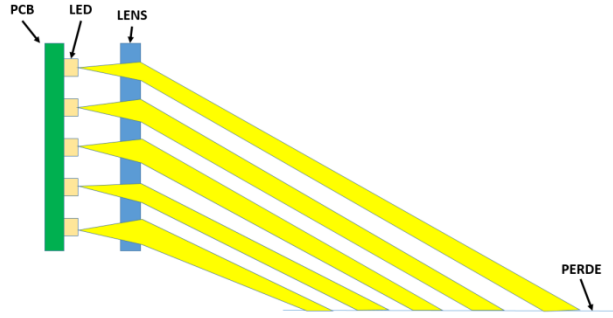


Şekil 3.7. 5 farklı lens kullanılarak yapılan tasarım modeli

Optik tasarımlar yapılırken üç ana rengi temsil eden dalga boyları (0,4861 nm → mavi, 0,5976 nm → yeşil ve 0,6563 nm → kırmızı) baz alınmaktadır ve bu üç dalga boyunun ilk lens yüzeyine farklı açılarda gelen ışıkların optik sistem içerisinde almış oldukları yollar gösterilmektedir. Buna göre de daha önceden belirlenen mesafedeki sensör yüzeyinde bu dalga boylarına karşılık spot diyagram hesaplanmaktadır. Spot diyagramdan elde edilen sonuçlara göre aberasyon miktarı hesaplanmakta ve hangi dalga boyunun ne kadar ve hangi yöne doğru saçıldığı hesaplanabilmektedir. Bulgular ve tartışma kısmında; yapılmış olan üç farklı tasarıma ait spot diyagram yer almaktadır. Optik tasarım çalışmalarının kıstaslarından biri olan spot diyagram sonuçları değerlendirilerek her bir tasarım bu sonuçlara göre şekillendirilmiştir.

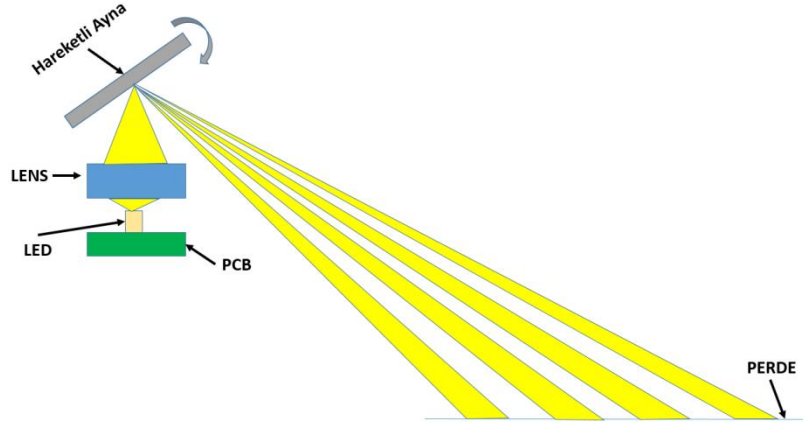
3.3. Dinamik Logo Lambasının Optik Tasarım Temelleri

Bu tez kapsamında statik logo lambası tasarımı esnasında elde edilen tüm bilgi ve birikim doğrudan dinamik logo lambasının temelini oluşturmaktadır. Bu anlamda dinamik logo lambası için yapılan farklı çalışmalar ve konseptler, dinamik logo lambasının tasarım temellerini oluşturmaktadır. Şekil 3.8, 3.9 ve 3.10 da farklı konseptlere sahip dinamik logo lambası tasarımları gösterilmiştir. Üç farklı tasarımın temelleri yer düzleminde hareketli veya animasyonlu bir aydınlatma elde edebilmek amaçlı tasarlanmıştır.



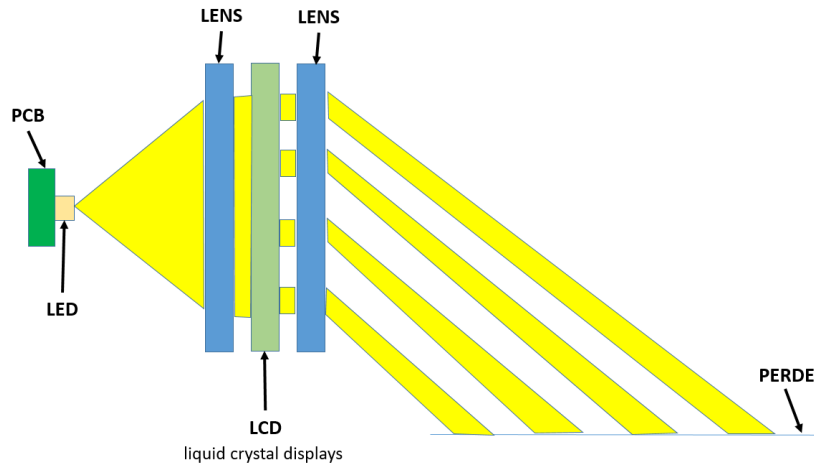
Şekil 3.8. 5 farklı lens kullanılarak yapılan tasarım modeli

Şekil 3.8'de gösterilen tasarımın temelinde bir PCB üzerine yerleştirilmiş birden fazla LED ve lens kombinasyonu yer almaktadır. PCB üzerinde bulunan LED'lerin mikro işlemci tarafından ayrı ayrı kontrol edilerek belirlenen konfigürasyona göre açılıp kapatılması sonucunda yer düzlemini temsil eden perde de dinamik görüntü elde edilebilmektedir. Resimde lens olarak gösterilen komponent, tek bir lens olabileceği gibi farklı lenslerden oluşan lens kombinasyonu da olabilir. Bu aşamada temel tasarımdan bahsedildiği için detaylı lens tasarımından bahsedilmemiştir. Lens kombinasyonu sayesinde LED'den çıkan ışınlar öncelikle toplanmakta ve daha sonra istenen bölgenin aydınlatılabilmesi için prizmalar yardımıyla yönlendirilmektedir. Yer düzleminde animasyonlu logo görseli oluşturma bilmek için bir adet logo filmine de ihtiyaç duyulmaktadır. Logo filmi lens kombinasyonun tasarımına bağlı olarak lens kombinasyonunun arasında da olabileceği gibi lens kombinasyonundan sonra da konumlandırılabilir.



Şekil 3.9. 5 farklı lens kullanılarak yapılan tasarım modeli

Şekil 3.9’da yer alan tasarıma göre bir PCB üzerine yerleştirilmiş sadece bir LED, lens ve hareketli ayna yer almaktadır. Bu tasarıma göre LED den çıkan ışınlar lens vasıtası ile ışığın doğrusal yönde veya ayna yüzeyine odaklanması planlanarak aynanın hareketine göre ayna yüzeyine gelen ışığın yer düzleminde hareketli bir görsellik elde edilmesi sağlanmaktadır. Bu tasarımın en temel ve kritik parçası hareketli aynadır. Doğru lens tasarımı ile hareketli aynanın aynı anda kontrol edilmesi; tasarımı ve kullanılabilirliğini zorlaştırmaktadır.



Şekil 3.10. 5 farklı lens kullanılarak yapılan tasarım modeli

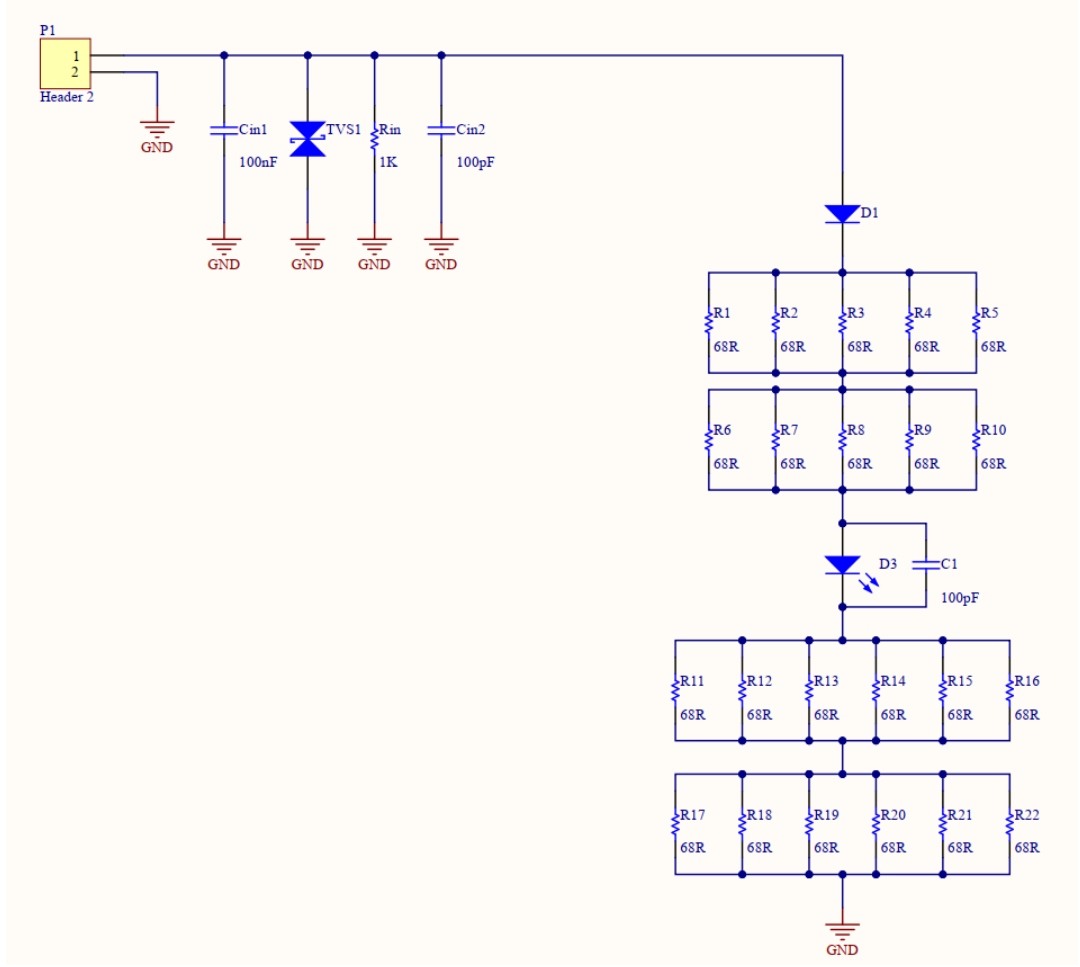
Şekil 3.10’da şematığı gösterilen tasarımda bir PCB üzerine yerleştirilmiş sadece bir LED, iki farklı lens kombinasyonu ve LCD ekran yer almaktadır. LED den çıkan ışığın

ilk olarak etkileşime geçtiği lens ile paralel doğrultuda ilerlemesi sağlanmaktadır. Daha sonra paralel doğrultuda ilerleyen ışık LCD ekran sayesinde bir kısmının engellenerek sadece istenen bölgede ve şekilde ışığın geçişine izin verilmektedir. Daha sonraki lens ile elde edilen bu ışığın yönünü yer düzlemine transfer edilmesi sağlanmaktadır. LCD ekrandaki görsel değıştikçe yer düzleminde animasyonlu ve hareketli bir görsellik oluşturulabilmesi sağlanacaktır. Bu tasarımın zorluğu ise LCD ekran ile lensler arasındaki uyum ve doğru konumlandırılabilmesidir.

3.4. Elektronik Devre Tasarımları

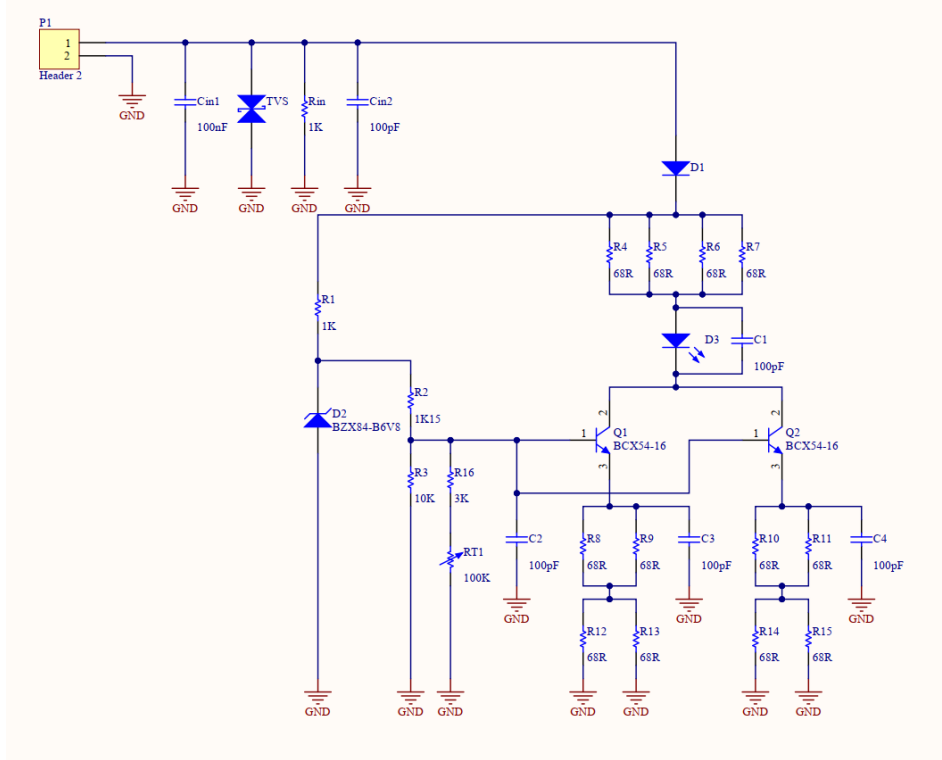
Bu tez kapsamında daha verimli ve performanslı sonuçlar elde edebilmek için üç farklı PCB tasarımının yapılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Nasıl farklı lens tasarımının yapılması optik sonuçları etkiliyorsa, PCB tasarımının da bu çalışmayı etkilediği görülmüş ve farklı PCB tasarımların çıktısında elde edilen optik sonuçlar karşılaştırılmıştır. PCB tasarımının farklılığı yer düzleminde oluşan görüntünün parlaklığını (kontrast) etkilemektedir. Aydınlatmanın az olması yer düzleminde oluşan logo görselinin insan gözü tarafından net fark edilememesine yol açtığından farklı PCB tasarımlarına ihtiyaç duyulmuştur. PCB devreleri hem maliyet ve hem de verimlilik başlıklarını kapsayacak şekilde tasarlanmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır.

Otomotiv sektöründe, binek araçlarında bulunan aydınlatma ürünlerinin araç üzerindeki çalışma voltajı 12 Volt, fakat karanlık odada yapılan fotometri testleri ise 13.5 Volta göre yapılmaktadır. Ayrıca araç üzerinde bu tarz parçaların ana kontrol ünitesi üzerinden çekeceği akım sınırlaması bulunabilmektedir ve logo lambaları için bu değer ortalama 200 mA ile sınırlı kalmaktadır. Bu anlamda yapılan üç farklı elektronik devre tasarımı bu değerler temel alınarak hazırlanmıştır. Akım sınırlamasının olup olmayacağı araç üreticisi tarafından belirlenmekte ve bu değer araç üreticisine bağlı olarak değişmektedir. Akım değerinde sınırlandırma olması genellikle araç tarafından oluşan hataları kontrol edebilmek ve sürücüyü uyarmak için tasarlanmıştır.

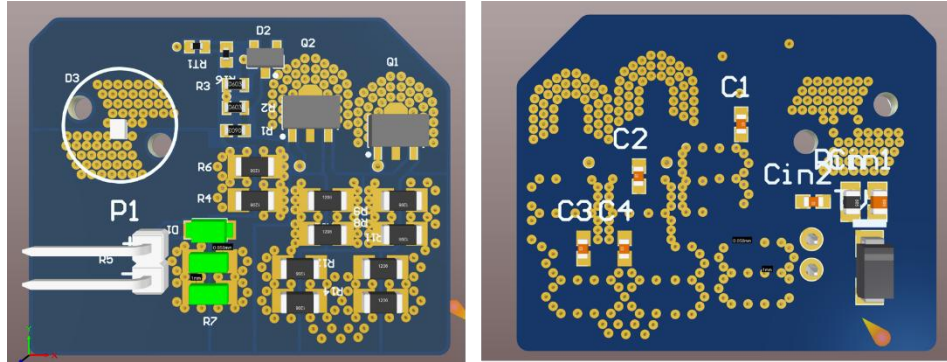


Şekil 3.11. Sadece dirençli elektronik devre tasarımı

Şekil 3.11’de direnç temelli elektronik devre tasarımı görülmektedir. Bu devre tasarımının yapılmasında en önemli etken maliyeti minimize etmek hedeflenmiştir. Direnç maliyetleri diğer elektronik komponentlere göre daha ucuz olduğundan ilk elektronik tasarım sadece dirençleri temel alan bir yapıda tasarlanmıştır. Devrenin girişinde ters akıma ve beslemeden kaynaklı oluşacak hasarı minimize etmek için koruma (filtre) devresi de eklenmiştir. Fazla sayıda paralel direnç kullanımı PCB üzerindeki ısı-güç dağılımını dengelemek amacıyla yapılmıştır. LED’e paralel olarak bağlanan kapasitör de EMC (electromagnetic compatibility- elektromanyetik uyumluluk) koruması göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir.



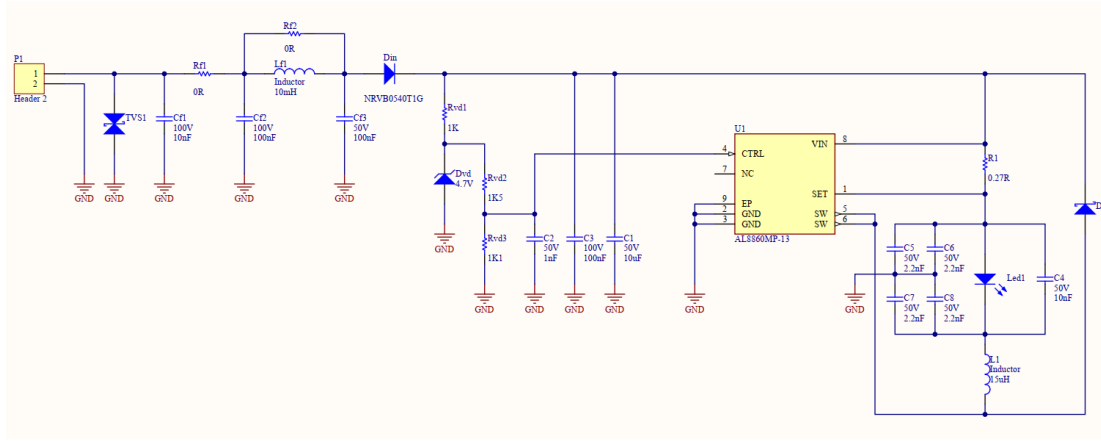
Şekil 3.12. NTC (transistörlü sabit akım) sıcaklık sensörlü elektronik devre tasarımı



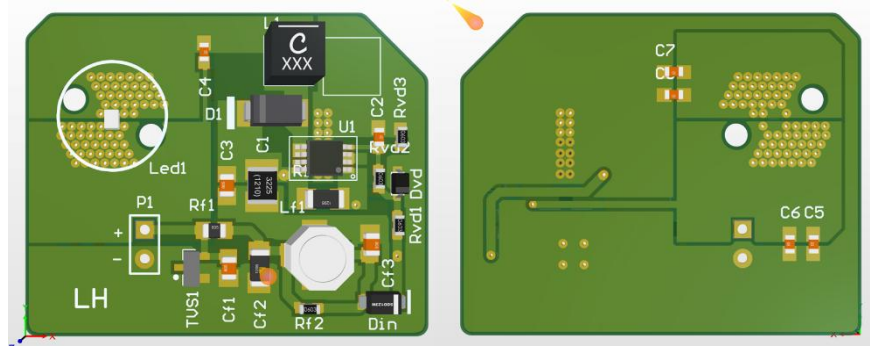
Şekil 3.13. NTC (transistörlü sabit akım) sıcaklık sensörlü PCB tasarımı

Şekil 3.12’de NTC (transistörlü sabit akım) sıcaklık sensör temelli elektronik devre tasarımı ve Şekil 3.13’de PCB tasarımı görülmektedir. Bu devre tasarımının yapılmasında en önemli etken küçük hacimden kaynaklı PCB de aşırı ısınma oluşmasıdır. Oluşan bu ısınmadan kaynaklı da devre üzerinden geçen akım devamlı değişmektedir. Akım değerini sabit tutmak için devre tasarımında NTC komponentinin kullanılması ön görülmüştür. NTC sayesinde PCB sıcaklığı devamlı takip edilmekte ve

eşik değere ulaştığında devre üzerinden sabit akım geçmesi sağlanmaktadır. NTC'li devre maliyetleri bir önceki dirençli devre tasarımına göre azda olsa ek maliyet yaratmaktadır fakat devre üzerinden hem sabit hem de daha fazla akım çekebilmemize olanak tanımaktadır. Aynı şekilde, devrenin girişine ters akıma ve beslemeden kaynaklı oluşacak hasarı minimize etmek için koruma (filtre) devresi ve EMC koruması da eklenmiştir.



Şekil 3.14. Buck converter kullanılmış elektronik devre tasarımı



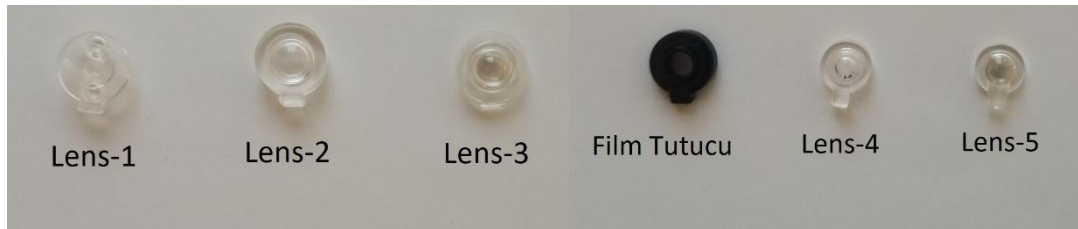
Şekil 3.15. Buck converter kullanılmış PCB tasarımı

Şekil 3.14'de buck converter (düşürücü dönüştürücüsü) temelli elektronik devre tasarımı ve Şekil 3.15'de PCB tasarımı görülmektedir. Buck converter tipik olarak girişinden çıkışına gerilimi düşüren bir DC-DC güç dönüştürücüsüdür. Devre girişindeki voltajı düşürerek devrenin devamında daha yüksek akım değerine sahip olmamıza fayda sağlamaktadır. Araç üzerinde akım sınırlaması olması sorununun,

devrede buck converter kullanarak aşılması hedeflenmiştir. Giren ve çıkan toplam güç birbirine eşit olması gerektiğinden devre üzerindeki voltaj düşürölüp akım değerin artması sağlamaktadır. Artan akım değeri ile de LED üzerinden daha fazla akım geçmesi sağlanmış ve buna bağlı olarak da yer düzleminde daha parlak aydınlatma sağlanmıştır. Bu devrede kullanılan buck converter yapısı diğer devrelerde kullanılan komponentlere nazaran daha pahalıdır ve bu yüzden de devre maliyeti yüksek çıkmaktadır.

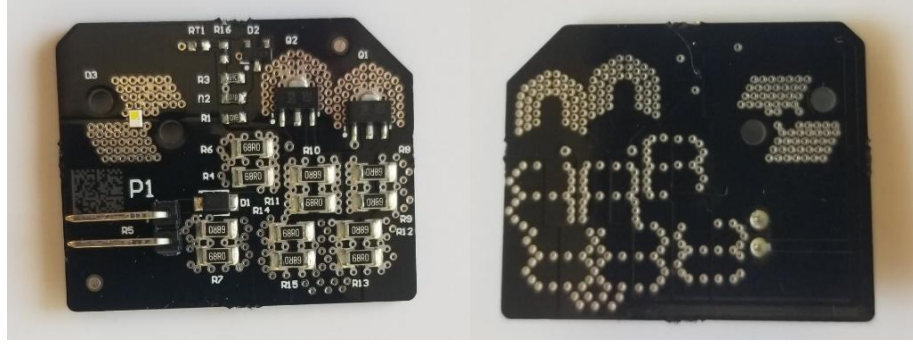
3.5. Prototip Üretimi ve Fotometri Ölçümü

Bu tez çalışmasının çıktısı olarak beş lensli optik tasarım çalışmasının ilk örnek üretimi gerçekleştirilmiştir. Simülasyon sonuçlarından ve çıktılardan yola çıkarak beş farklı lens tasarımının kullanılmasına karar kılınmıştır. Lensler beş eksenli CNC işleme makinesinde PMMA ve PC bloklarından milling yöntemi ile işlenerek üretilmiştir. İşlenmesi yapılan lens boyutlarının küçük ve hassas olmasından kaynaklı 0,15 mm çapındaki elmas uçlar kullanılmıştır. Lens üretiminden sonra da lens yüzeyine 3M marka 09376 kodlu parlatma kimyasalı ile polisaj işlemi uygulanarak lens yüzeyinde oluşan kılcal çizikler giderilmesi ve daha parlak lensler elde edilmesine sağlanmıştır. Prototip üretimi yapılan lensler daha sonra kalite laboratuvarında 3D LAZER tarama makinesi ile taramaları yapılarak CAD data çizimleri ile örtüştürülmesi yapılmıştır. LAZER taraması ile üretim hatası olup olmadığı ve ne kadar hassas üretildiğinin sayısal değerleri elde edilerek karşılaştırma yapılması sağlanmıştır. Şekil 3.16'da üretimi gerçekleştirilmiş olan lensler ve film tutucu sırasıyla gösterilmiştir.



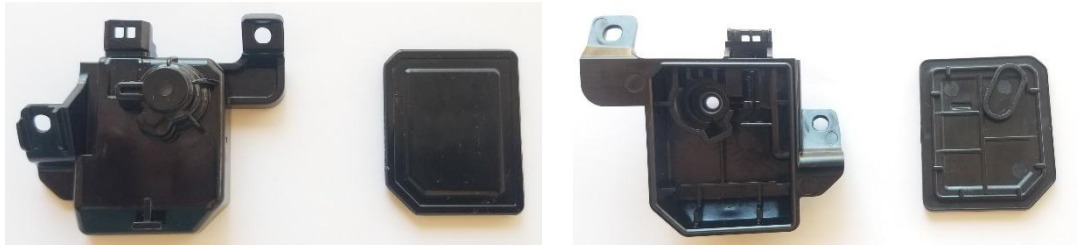
Şekil 3.16. Prototip lenslerin ve film tutucunun resmi

Elde edilecek olan prototipin simülasyon sonuçlarına daha yakın ve gerçekçi olması için PCB prototipleri seri PCB üretim hattında en hassas şekilde ve seride kullanılacak olan gerçek parçalar ile üretilmiştir. Hızlı prototip PCB malzeme kalitesi ve bakır kalınlığı seride kullanılanlardan farklı olduğu için sonuçlarda uyumsuzluk görülme olasılığı yüksek olacağından hızlı prototip PCB üretimi yapılmamıştır. Şekil 3.17’de dirençli yapıya sahip prototip PCB görseli yer almaktadır.



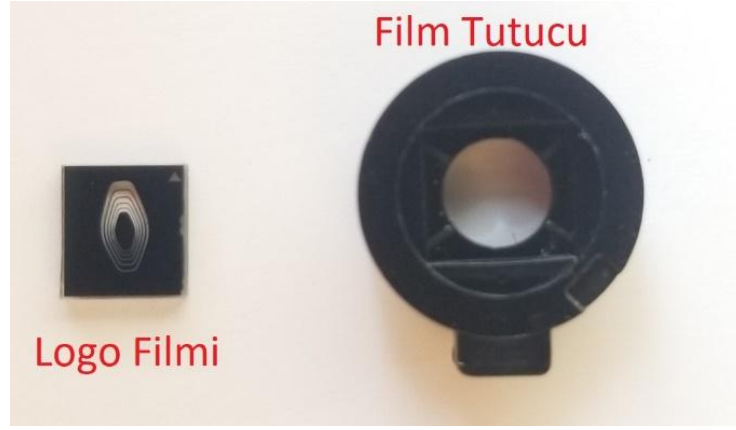
Şekil 3.17. NTC’li yapıya ait prototip PCB görseli

Gövde malzemesi HP Jet Fusion 3D Printer makinesinde üretilmiştir. Üretimi yapılan gövdenin üretim teknolojisinden kaynaklı parça yüzeyinde oluşan mikron seviyesindeki pürüzlülüğün giderilmesi için polisaj işlemi yapılmıştır ve dış yüzeyi gerçek üretimdeki görsele sahip olması için siyah parlak boya ile boyanmıştır. Ayrıca prototip gövde ve gövde kapağının daha rahat yapılandırılabilmesi için de gövde ve gövde kapağına kanal detayı da işlenmiştir. Şekil 3.18’de 3D printer makinesinde üretilmiş olan gövde ve gövde kapağının önden ve arkadan görünümü yer almaktadır.



Şekil 3.18. Prototip gövde ve gövde kapağının önden ve arkadan görünüşü

Diğer bir kritik parça olan logo filmi ise cam malzeme üzerine litografi yöntemi ile desen baskısı yapılmıştır. Yer düzleminde aydınlatılacak olan kısımlarda kaplama olmayacak fakat diğer yüzeylerde ise ışığın geçişini engelleyecek olan kaplama yapılmıştır. Bu sayede de yer düzlemine daha önceden sanal ortamda hazırlanmış olan logo görselinin görünmesi sağlanmıştır. Şekil 3.19’da prototip logo filmi ve film tutucunun yakından görünümü yer almaktadır.



Şekil 3.19. Logo filmi ve film tutucunun gösterimi

İlk örnek üretiminin son adımı olarak da tüm parçalar hassas bir şekilde toplanarak montajı yapılarak karanlık oda laboratuvarında TASI marka lüks metre ölçüm cihazı ile logo görseli yer düzlemine yansıtılmış ve fotometri ölçümleri yapılmıştır. Şekil 3.20’de fotometri ölçümü yapılan TASI marka lüks metre yer almaktadır.



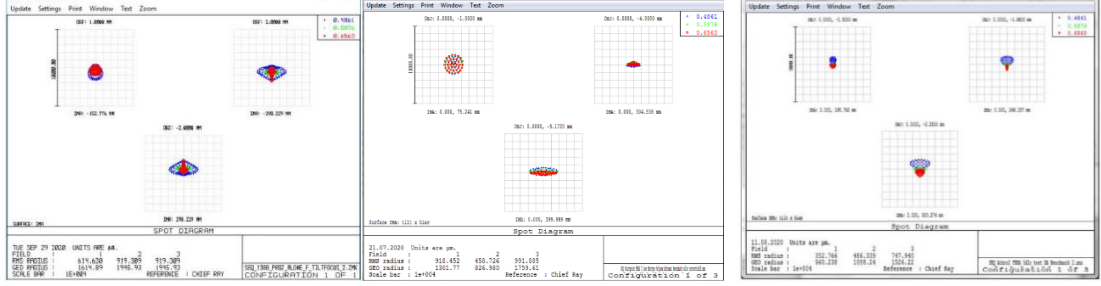
Şekil 3.20. TASI marka lüks metre fotoğrafı

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde Zemax 13 Professional optik tasarım programı ile yapılan tasarımlar sonrasında alınan simülasyon çalışma sonuçları ve sayısal değerleri gösterilmiş ve bölüm 3'te verilmiş olan tasarım detaylarının doğrulaması aktarılmıştır. Ayrıca prototip çalışmalar sonrasında elde edilen gerçek parça üzerinden alınan fotometri ölçüm görselleri ve sonuçları da yer almaktadır.

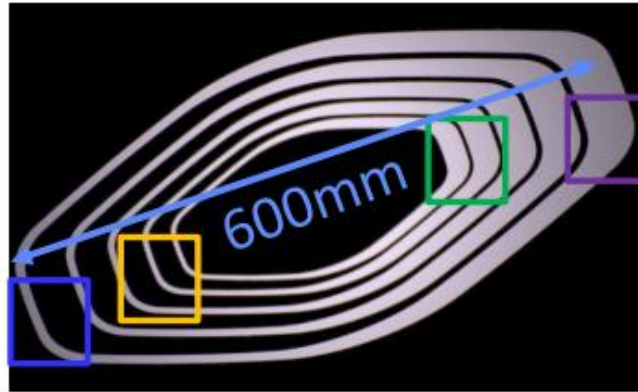
4.1. Simülasyon Çalışmalarından Elde Edilen Çıktılar

Şekil 4.1 de sırasıyla üç, dört ve beş lens sayılarına göre yapmış olduğumuz tasarım sonucunda elde edilen spot diyagramlar gösterilmiştir. Spot diyagram sayesinde 486, 587 ve 656 nm dalga boylarındaki üç farklı temel ışıkların, ışık dağılımları ve odaklanmasını göstermektedir. Bu sayede optik tasarımın kalitesini ve aberasyon miktarını yorumlamamıza yardımcı olmaktadır. Üç lensli tasarımın 486 nm dalga boyuna karşılık RMS yarıçap değeri 614 μm ve GEO yarıçap değeri 1614 μm , 587 nm dalga boyuna karşılık RMS yarıçap değeri 919 μm ve GEO yarıçap değeri 1945 μm ve 656 nm dalga boyuna karşılık RMS yarıçap değeri 919 μm ve GEO yarıçap değeri 1945 μm olarak ölçülmüştür. Dört lensli tasarımın 486 nm dalga boyuna karşılık RMS yarıçap değeri 918 μm ve GEO yarıçap değeri 1301 μm , 587 nm dalga boyuna karşılık RMS yarıçap değeri 458 μm ve GEO yarıçap değeri 826 μm ve 656 nm dalga boyuna karşılık RMS yarıçap değeri 991 μm ve GEO yarıçap değeri 1759 μm olarak ölçülmüştür. Beş lensli tasarımın 486 nm dalga boyuna karşılık RMS yarıçap değeri 352 μm ve GEO yarıçap değeri 960 μm , 587 nm dalga boyuna karşılık RMS yarıçap değeri 486 μm ve GEO yarıçap değeri 1098 μm ve 656 nm dalga boyuna karşılık RMS yarıçap değeri 747 μm ve GEO yarıçap değeri 1526 μm olarak ölçülmüştür.



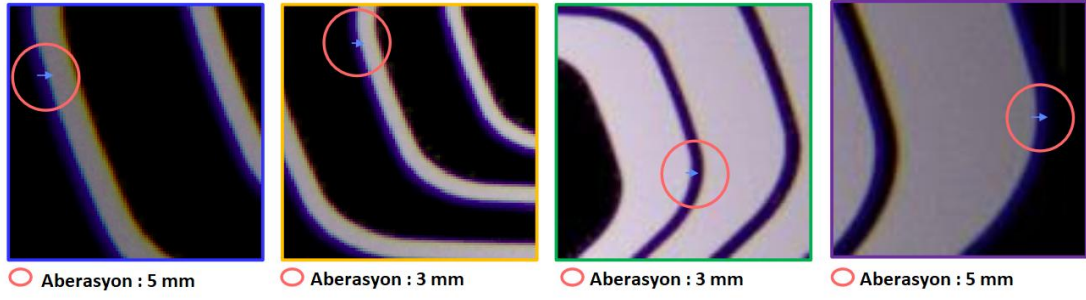
Şekil 4.1. Üç farklı tasarıma ait spot diyagram çıktıları

Şekil 4.2’de optik tasarım sonrası yer düzleminde oluşacak logo görselinin stil görünümü ve bu görsellik üzerinde aberasyon ölçümlerinin yapıldığı dört farklı nokta gösterilmiştir. Simülasyon sonuçlarına göre yer düzleminde oluşan logo çapı 600 mm olarak ölçülmüştür.

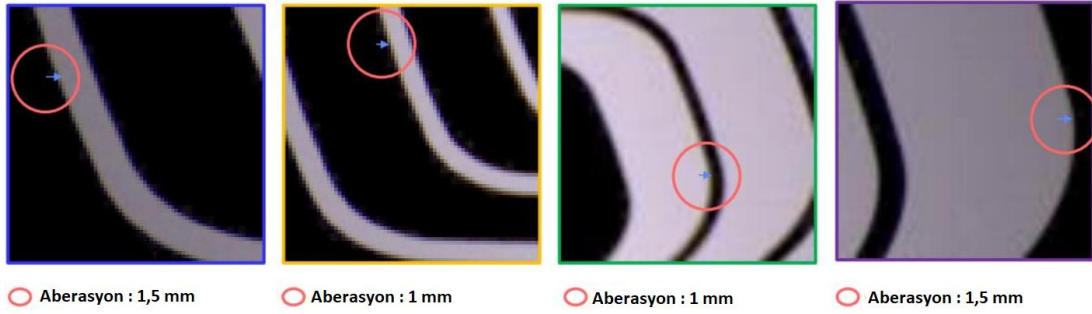


Şekil 4.2. Simülasyon sonrası logo lambasının stil görünümü ve ölçüm noktaları

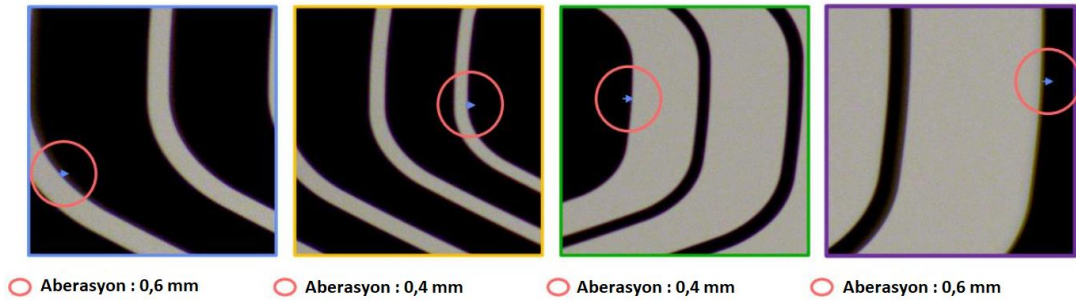
Optik tasarım sonrasında elde edilecek aydınlatmanın daha kontrastlı, minimum aberasyonlu ve daha keskin olması için yapılan farklı lens sayılarına ait simülasyon görseli Şekil 4.3 ile Şekil 4.5 arasında gösterilmiştir. Bu şekillerde dört farklı noktadan alınan aberasyon değerleri karşılaştırılmalı olarak gösterilmiştir. Üç lensli optik tasarım sonrasında aberasyon değeri 5 mm olarak ölçülmüştür. Daha sonra iyileştirmek amaçlı yapılan dört lensli optik tasarımda ise bu aberasyon miktarı ortalama olarak 1,5 mm seviyesine gerilemiştir. Son olarak beş lensli optik tasarım sonrasında aberasyon miktarının ortalama 0,5 mm seviyelerine kadar düştüğü ölçülmüştür.



Şekil 4.3. Üç lensli optik tasarımın simülasyonu sonrası elde edilen aberasyon miktarının gösterimi



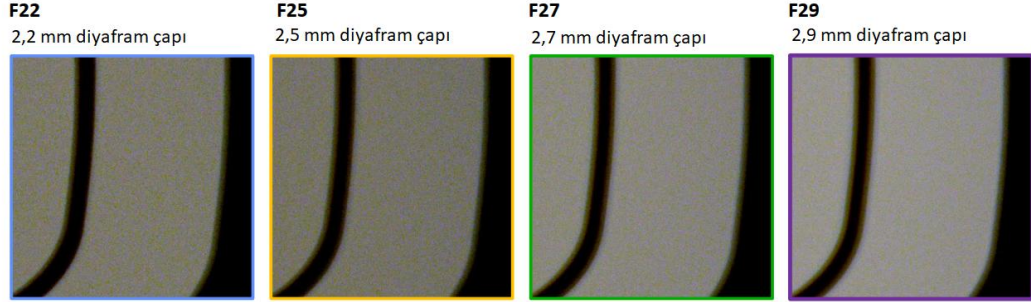
Şekil 4.4. Dört lensli optik tasarımın simülasyonu sonrası elde edilen aberasyon miktarının gösterimi



Şekil 4.5. Beş lensli optik tasarımın simülasyonu sonrası elde edilen aberasyon miktarının gösterimi

Aydınlatma keskinliğini ve aydınlatma miktarını etkileyen diğer bir parametre ise diyafram açıklığıdır. Mekanik ve optik tasarım esnasında 2,2 mm, 2,5 mm, 2,7 mm ve 2,9 mm olmak üzere dört farklı diyafram çalışmalarına ait elde edilen simülasyon

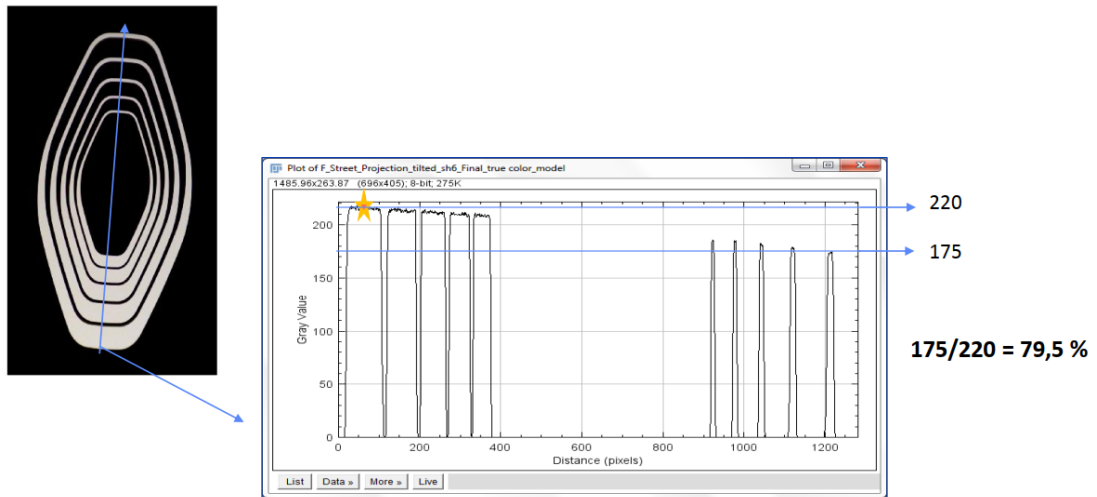
sonuçları Şekil 4.6’da gösterilmiştir. Sonuçlar üç farklı PCB tasarımına karşılık elde edecek olan aydınlatma miktarlarının karşılaştırılmasını göstermektedir.



Şekil 4.6. Farklı diyafram açıklığına bağlı olarak elde edilen aydınlatma değerlerinin karşılaştırılması

Çizelge 4.1. Farklı diyafram açıklığına ve PCB tasarımına bağlı olarak elde edilen aydınlatma değerlerinin karşılaştırılması

	F22	F25	F27	F29
Dirençli Tasarım	17,2 lux	22,0 lux	24,7 lux	26,7 lux
NTC’li Tasarım	22,4 lux	28,5 lux	32,1 lux	34,7 lux
Buck Converter’lü Tasarım	53,8 lux	68,4 lux	77,0 lux	83,3 lux



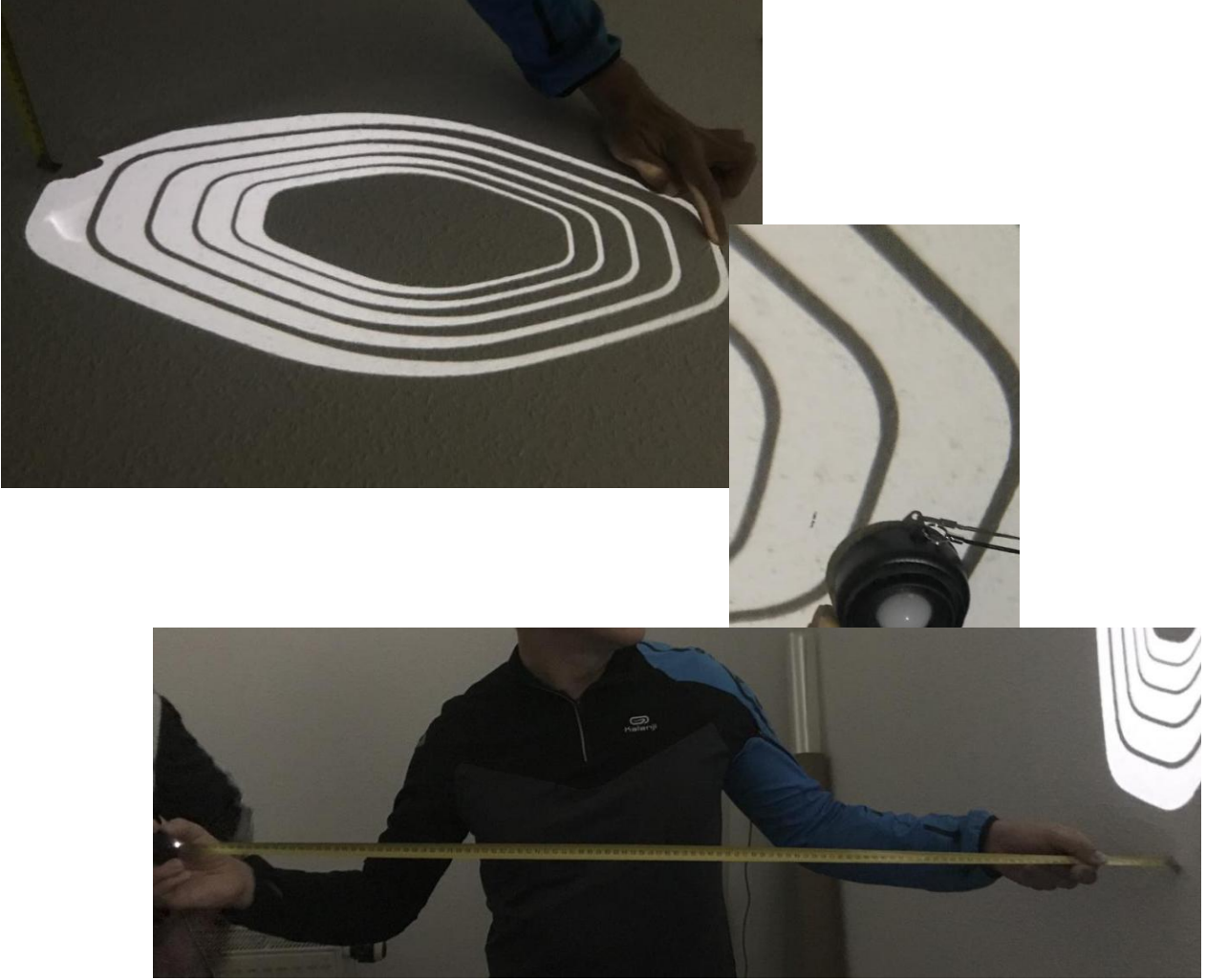
Şekil 4.7. Simülasyon sonuçlarına göre kontrast değerin karşılaştırılması

Yapılan simülasyon çalışmalarının son basamağı olan ve yer düzlemine düşürülen logo stil aydınlatması üzerinden alınan yatay kesite karşılık kontrast değerinin karşılaştırılmasıdır. Logo lambasının kalın duvarına ait stil aydınlatmasının gri değeri 220 birim iken ince duvarına ait olan gri değeri 175 birim olarak ölçülmüştür ve Şekil 4.7’de gösterilmiştir. İnce duvar ile kalın duvarda ölçülen gri değerlerin oranı ise %79,5 olarak ölçülmüştür.

4.2. Prototip Çalışmalarından Elde Edilen Çıktılar

Bölüm 3’te mekanik, elektronik ve optik detayları verilen ve prototipi üretilen statik logo lambasından elde edilen aydınlatma ve ölçüm görselleri Şekil 4.8’de gösterilmiştir. Ölçüm öncesinde logo lambası CAD datada olduğu konum detaylarına göre pozisyonlanmış ve duvar yüzeyi aydınlatılmıştır. Logo lambası ile duvar arasındaki mesafe 1270 mm olacak şekilde konumlandıktan sonra duvarda 600 mm çapında logo aydınlatması oluşmuştur. Bu logo aydınlatmasının farklı noktalarından ve üç farklı tasarımına göre üretilen PCB’ler kullanılarak fotometri ölçümleri yapılmıştır. Tüm fotometri ölçümleri, güç verildikten yarım saat sonraki stabilizasyon anında ve 2,5 mm diyafram açıklığına sahip gövde tasarımına göre ölçülmüştür. Dirençli tasarım yapısına sahip olan PCB de 20,9 lüks, NTC li tasarıma sahip PCB’de 27,3 lüks ve buck converter’lü yapıya sahip PCB’de ise 69,8 lüks aydınlatma değeri ölçülmüştür. Lüks sensor yüzeyinin büyük olmasından kaynaklı duvar yüzeyinde oluşan logo görselinin kontrast değeri doğru bir şekilde ölçülememiştir ve simülasyon sonuçları ile karşılaştırması yapılamamıştır.

Şekil 4.8’de projeksiyon logo lambasından çıkan aydınlatma görseli görünmekte ve keskinlik- kontrast oranı ölçülerek kıyaslanabilmektedir.



Şekil 4.8. Üretimi yapılmış olan prototip logo lambasının aydınlatma görseli.

5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında otomotiv dünyasında hızla gelişmekte olan otonom araçlarda kullanılmak üzere; statik ve dinamik projeksiyon lambalarının optik lens sistemlerinin tasarımının detayları araştırılmış, tasarlanmış, analiz edilmiş ve bir statik projeksiyon lambasının prototip üretimi gerçekleştirilmiştir. Optik lens sistemlerinin tasarımı esnasında Zemax 2013 Professional programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir ve LucidShape optik tasarım ve analiz programından da yararlanılmıştır. Ayrıca 3D mekanik tasarımlar CATIA V5 2018 programı kullanılarak yapılmıştır. Tasarlanan sistemlerin simülasyonları da yine bu program kullanılarak yapılmıştır. Statik projeksiyon lambasının prototipi üretilmeden önce sırasıyla 3, 4 ve 5 farklı lense sahip kompleks optik mercek sistemleri tasarlanmış ve simülasyonları yapılmıştır. Bu sayede farklı lens sayısına sahip optik sistemlerin hem parlaklık hem de aberasyon miktarlarını karşılaştırma imkânı bulunmuştur. Aberasyon miktarı en düşük olan beş lensli optik sistem, prototip üretimi için referans parça olarak seçilmiştir.

Lenslerin üretimi beş eksenli CNC işleme makinesinde PMMA ve PC bloklarından milling yöntemi ile işlenerek üretilmiştir. İşlemesi yapılan lens boyutlarının küçük ve yüzeylerin hassas olmasından kaynaklı 0,15 mm çapında elmas uçlar kullanılmıştır. Lens üretiminden sonra da lens yüzeyine 3M marka 09376 kodlu parlatma kimyasalı ile polisaj işlemi uygulanarak lens yüzeyinde oluşan kılcal çizikler giderilmesi ve daha parlak lensler elde edilmesine sağlanmıştır. Prototip üretimi yapılan lenslerin, kalite laboratuvarında 3D LAZER tarama makinesi ile taramaları yapılarak 3D CAD data çizimleri ile örtüştürülmesi yapılmıştır. LAZER taraması ile üretim hatası olup olmadığı ve ne kadar hassas üretildiğinin sayısal değerleri elde edilerek karşılaştırma yapılması sağlanmıştır. Bu tarama sonuçlarına göre prototip üretimi yapılan lensler $\pm 1\%$ kalınlık toleransları içerisinde olduğu gözlemlenmiştir.

Üç lensli optik tasarım simülasyonu sonrası elde edilen aberasyon miktarı minimum değer 3 mm olarak ölçülmüştür. Aberasyon miktarını iyileştirmek için yapılan dört lensli optik tasarım simülasyonu sonrası elde edilen sonuçlarda bu değer 1 mm olarak ölçüldüğü gözlemlenmiştir. Son olarak beş lensli yapılan optik tasarım sonrası

simülasyonlarından elde edilen aberasyon değeri ise minimum 0,4mm olarak bulunmuştur. Kompleks lens sistemlerinde lens sayısındaki artışlar aberasyon sonuçlarını olumlu yönde etkilediği görülmüş ve doğrulanmıştır.

Simülasyon ölçümlerinin öncesinde logo lambası 3D CAD datada olduğu konum detaylarına göre pozisyonlandırılmıştır. Bu simülasyon sonuçlarına göre yer düzleminde oluşan logo aydınlatmasının çapı 600 mm olarak ölçülmüştür. Logo lambası ile yer düzlemi arasındaki mesafe 1270 mm olacak şekilde konumlandıktan sonra analizler gerçek araç boyutlarına göre yapılmıştır. Logo lambasının kalın duvarına ait stil aydınlatmasının gri değeri 220 brim iken ince duvarına ait olan gri değeri 175 brim olarak ölçülmüştür. İnce duvar ile kalın duvarda ölçülen gri değerlerin oranı ise %79,5 olarak ölçülmüştür.

Aydınlatma keskinliğini ve aydınlatma miktarını etkileyen diğer bir parametre olan diyafram açıklığı için; dört farklı değerde tasarım ve simülasyon çalışmaları yapılmıştır. Sırasıyla 2,2mm, 2,5mm, 2,7 mm ve 2,9 mm olmak üzere gerçekleştirilen simülasyon sonuçları incelendiğinde diyafram açıklığı arttıkça aydınlatma miktarında doğrusal olarak arttığı fakat yer düzleminde oluşan keskin kontrast değerinin ise azaldığı görülmüştür. Diyafram açıklığı ile farklı PCB tasarımları arasındaki bağı değerlendire bilmek için elde edilen aydınlatma değerlerinin karşılaştırması da yapılmıştır. Buck converter devresinde LED üzerinden daha yüksek akım geçmesine olanak tanıdığı için en yüksek aydınlatma değerine bu devre tasarımı ile ulaşılmıştır. Fakat buck converter devresi diğer iki elektronik devrelere nazaran daha maliyeti olduğu sonucu çıkmıştır.

Prototip ürünün tüm fotometri ölçümleri: güç verildikten yarım saat sonraki stabilizasyon anında ve 2,5 mm diyafram açıklığına sahip gövde tasarımına göre yapılmıştır. Dirençli tasarım yapısına sahip olan PCB de 20,9 lüks, NTC li tasarıma sahip PCB’de 27,3 lüks ve buck converter’lü yapıya sahip PCB’de ise 69,8 lüks aydınlatma değeri ölçülmüştür. Gerçek parçadan ölçülen değerler daha önceden yapılan simülasyon değerleriyle kıyaslandığında; dirençli tasarım için fark -1.1 lüks, NTC’li tasarım için fark -1.2, buck converter’lü PCB için fark +1,4 lüks çıkmıştır. Buna göre,

simülasyon değerlerinin; doğru malzeme tanımı yapıldığında gerçek değere oldukça yakın sonuç verdiği ifade edilebilir.

Bu kadar hassas komponentlere sahip ürünlerin montajı esnasında da çok dikkat edilmesi gerekmektedir. Prototip parçanın montajı esnasında elde edilen bilgiler:

- Üretim temiz odada yapılmalı
- Her komponent montajlanmadan önce iyonize hava ile temizlenmeli
- Temizlenmeyen veya toz kaçan parçaların aydınlatmasında büyük bozulmalar ve gölgeler oluşmaktadır
- Lens montajları el ile yapılmamalı aksi takdirde lekeler oluşmaktadır
- Her bir lens kendisine özel fikstürler ile montajlanmalı
- Montaj esnasında lenslerin konumunda kaçıklık olursa yer aydınlatmasında oluşan logo görseli bulanık ve farklı boyutlarda oluşmaktadır
- Lensler tasarımda belirlenenden farklı malzemeler ile üretilmemeli aksi takdirde aberasyon miktarı çok fazla olmakta ve bulanık bir görsellik oluşmaktadır
- Logo filmin montajında dikkat edilmeli ve muhakkak poka-yoke kuralları dikkate alınarak logo filminin yanlış montajı engellenmelidir aksi takdirde yer düzleminde oluşan görsellik farklı yönde oluşmaktadır.
- Diyafram kısmı 2K kalıp üretimine göre üretilmeli, aksi takdirde 1K üretimlerin kaynak edilmesinden oluşan tolerans fazlalığından ötürü aydınlatmada kontrast sorunu oluşmaktadır
- PCB üzerinde bulunan LED ile optik lenslerin aynı merkezde yer almasına dikkat edilmeli bunun için birden fazla sıcak ezmeli veya ultrasonik kaynaklı referanslama pimleri eklenmelidir.
- Referanslama pimi olmayan PCB lerde odak kayması görülmekte ve oluşan aydınlatma ile tasarlanan aydınlatmanın görselinde ve değerlerinde tamamen farklılıklar oluşmaktadır.

KAYNAKLAR

- Anonim. (2012, 06 05). Elektromanyetik dalga tayfi. Retrieved from Wikipedia: https://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:Elektromanyetik_dalga_tayf%C4%B1.png
- Anonim. (2015, 10 09). Lumens for the laymen. Retrieved from <http://rsagencies.co.za/lumens-for-the-laymen/>
- Anonim. (2021, 01 03). Elektromanyetik Spektrum, Işık, Radyofrekans, Ultrason, Lazer. Retrieved from <https://www.hakanbuzoglu.com/elektromanyetik-spektrum-isik-radyofrekans-ultrason-lazer>
- Anonim. (n.d.). Edmund Optics. Retrieved from Contrast: <https://www.edmundoptics.com/knowledge-center/application-notes/imaging/contrast/>
- Anonim. (n.d.). Wikipedia. Retrieved from Image resolution: https://en.wikipedia.org/wiki/Image_resolution
- Azouigui, S., Barbedette, B., Saudrais, S., Sortais, Y., Bordel, S., Neumann, C., & Jahn, P. (2019). Impact of Advanced Lighting Function based on Road Projection for Departing Indication in Parking Lots. International Symposium on Automotive Lighting (pp. 375-384). Darmstadt: Prof. Dr.-Ing. habil. Tran Quoc Khanh.
- Bremer, C., Lewerich, B., Hendricks, F., & Neumann, C. (2019). LCoS projection system. International Symposium on Automotive Lighting (pp. 331-341). Darmstadt: Prof. Dr.-Ing. habil. Tran Quoc Khanh.
- Goddijn, H., Broggi, A., & Levandowski, A. (2020, 12 6). History of Self-driving Cars. Retrieved from Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_self-driving_cars
- Kumar, A., Shivani, B. A., Nath, A., Singh, A., & Tengli, N. S. (2020, Mart). SELF-DRIVING CAR USING A SIMULATOR. (I. J. Science, Ed.) International Journal of Advanced Research in Computer Science, 11. doi:ISSN No. 0976-5697
- Neumann, R. (2017). Challenges and opportunities with future headlamp performance requirements. International Symposium on Automotive Lighting (pp. 83-87). Darmstadt: Prof. Dr.-Ing. habil. Tran Quoc Khanh.

- Rosenauer, M., Khrushchev, S., Gasser, H., Holzinger, S., & Austerer, M. (2019). Exterior Surrounding Lighting - From Static Logo Projection to 360 Dynamic Content Visulation. International Symposium on Automotive Lighting (pp. 699-708). Darmstadt: Prof. Dr.-Ing. habil. Tran Quoc Khanh.
- Serway, R., & Jewett, J. (2004). Physics for Scientists and Engineers. Thomson-Brooks/Cole.
- Sieler, M., Fischer, S., Schreiber, P., Dannberg, P., & Brauer, A. (2013, 11 18). Microoptical array projectors for free-form screen application. OPTICS EXPRESS, 21(23). doi:10.1364/OE.21.028702
- Studený, C. (2019). New Trends and Functionalities in Signal Lighting. International Symposium on Automotive Lighting (pp. 147-156). Darmstadt: Prof. Dr.-Ing. habil. Tran Quoc Khanh.
- Uhlenberg, G., Müller, J., Chiu, H.-P., & Wang, A. (2017). Design Considerations on Logo and Pattern Projection. International Symposium on Automotive Lighting (pp. 773-781). Darmstadt: Prof. Dr.-Ing. habil. Tran Quoc Khanh.
- Weber, M. (2014, May 18). Where to? A History of Autonomous Vehicles. Retrieved from Computer History Museum: <https://computerhistory.org/blog/where-to-a-history-of-autonomous-vehicles/?key=where-to-a-history-of-autonomous-vehicles>

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mehmet Fatih ATAŞALAN

Doğum Yeri ve Tarihi : Gaziantep / 26.10.1987

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : 2005, Gaziantep Atatürk Lisesi

Lisans : 2012, Gaziantep Üniversite, Müh. Fakülte, Fizik Müh. (ING)

Yüksek Lisans : 2018, Bursa Teknik Üniveristesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İleri Teknolojiler Bilim Dalı, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Fizik Mühendisi (2013-2015), Ar-Ge, SANKO Holding, Bursa

Optik Tasarım ve Analiz Mühendisi (2015-2020), Ar-Ge, FEKA Otomotiv, Bursa

Optik Tasarım Şefi (2020-...), Ar-Ge, FEKA Otomotiv, Bursa

İletişim (e-posta) : mfatasalan@gmail.com

Yayınları :

- Çobanoğlu, Ö., Eryılmaz, J., Ataşalan, M. F., & Kazanç, S. (2015). Projection of sciences onto textile and fashion: nano-technology and chargeable fabric example. 2015 (Volume: 22), 97.
- Ataşalan, M. F., Korucu, A., Kamaş, İ., & Karşlıoğlu, T. (2015). Plaka Lambası Fotometrisi. 10. Uluslararası Aydınlatma Kongresi.
- Ataşalan, M. F., KAMAŞ, İ., Korucu, A., Gürsoy, C., & Yavuz, C. (2015). Işık Perdeli Stop Lambası. IV. Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi ve Sergisi.
- Ataşalan, M. F., Kocabıyık, E., & Kamaş, İ. (2015). Investigation Of Polymer Ceramic Composite Based Light Diffuser Materials And Application Example in Automotive Sector. 11. Uluslararası Aydınlatma Kongresi.
- Ataşalan, M. F., Çevik, Ö., Kocabıyık, E., Bakcan, M. R., & Yılmaz, G. (2015). Front Fog and Corner Lamp Enhancing Driving Safety by Using a Common LED and Reflector Design. International Research, Development, Innovation and Technology Management Congress.
- Ataşalan, M. F., (2018) Production And Optical Characterization Of Colored PMMA Plates To Improve Optical Design And Analysis In The Automotive Lighting Industry. OTEKON.
- Ataşalan, M. F. (2018). Otomotiv aydınlatma sektöründe optik tasarım ve analizlerin iyileştirilmesi için renkli PMMA plakaların üretimi ve optik karakterizasyonu (Master's thesis, Bursa Teknik Üniversitesi).