



T.C.
Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

ARAÇ AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN
ISIL ANALİZİ VE TASARIMA
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

KEMAL FURKAN SÖKMEN

Doktora Tezi

**ARAÇ AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN
ISIL ANALİZİ VE TASARIMA
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

KEMAL FURKAN SÖKMEN



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ARAÇ AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN ISIL ANALİZİ VE TASARIMA
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

KEMAL FURKAN SÖKMEN

Prof. Dr. Recep YAMANKARADENİZ

DOKTORA TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2013
Her Hakkı Saklıdır.

TEZ ONAYI

Kemal Furkan SÖKMEN tarafından hazırlanan “**ARAÇ AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN ISIL ANALİZİ VE TASARIMA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof.Dr. Recep YAMANKARADENİZ

Başkan: Prof. Dr. Recep YAMANKARADENİZ İmza
U.Ü. Mühendislik Fakültesi,
Makine Mühendisliği

Üye : Prof. Dr. Muhiddin CAN İmza
U.Ü. Mühendislik Fakültesi,
Makine Mühendisliği

Üye : Prof. Dr. Murat HOŞÖZ İmza
Kocaeli Ü. Teknoloji Fakültesi
Otomotiv Mühendisliği

Üye : Yrd. Doç. Dr. Erhan PULAT İmza
U.Ü. Mühendislik Fakültesi,
Makine Mühendisliği

Üye : Yrd. Doç. Dr. Salih COŞKUN İmza
U.Ü TBMYO Elektirik ve Enerji
Bölümü İklimlendirme ve Soğutma
Teknolojisi Programı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ali Osman DEMİR
Enstitü Müdürü
.././....(Tarih)

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.**

.././.....

İmza

Ad ve Soyadı

Kemal Furkan SÖKMEN

ÖZET

Doktora Tezi

ARAÇ AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN ISIL ANALİZİ VE TASARIMA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Kemal Furkan SÖKMEN

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Recep YAMANKARADENİZ

Otomotiv sektöründe plastik malzeme kullanımının artması aydınlatma elemanları için daha önceden karşılaşılmayan ısıl problemlerin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Çalışmada araç aydınlatma sistemlerinin sıcaklık kaynaklı problemlerini ANSYS-CFX yazılımı yardımıyla incelenmiştir. Sonuçlar deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Çalışmada ilk olarak basit geometri analizi ile ısı kaynağı olan ampullerin çözüm kriterleri deneysel ve nümerik çalışmalarla belirlenmiştir. Örnek araç aydınlatma ürünleri için öncelikle eleman sayısından bağımsız çözümler bulunmuştur. Sistem içinde ısı kaynağı olan ampuller etrafında havanın akış karakteristiği belirlenmiştir. LED sistemlerinin ısıl analiz şartları belirlenmiştir. Far içi ön yoğunlaşma analizleri yapılmıştır. Farlar üzerinde güneş etkisi araştırılmıştır. Bütün analizler ANSYS 12.1 yazılımında laminar doğal taşınım, üç boyutlu ve sürekli rejimde gerçekleştirilmiştir. İletim etkileri ve yerçekimi etkileri dikkate alınmıştır. Işınım etkilerini görmek için Monte Carlo ışınım metodu kullanılmıştır.

Çalışma sonunda ön, arka ve sis farı analizleri belirlenen kriterler çerçevesinde yapılmış sonuçlar deneysel verilerle doğrulanmıştır. Eleman tipi, sayısı ve sınır şartlarında belirlenen kriterlerin doğruluğu tespit edilmiştir. Far içinde ısı transferinin büyük oranda doğal taşınım ve ışınım ile olduğu görülmüştür. Doğal taşınım etkisinin malzeme seçimine direkt etkilediği tespit edilmiştir. LED sistemlerinin uygun T_j sıcaklığında çalışabilmesi için far içinde sıcaklığın az olduğu bölgelere yerleştirilemesi gerektiği sonucuna varılmıştır. LEDler için gerekli kanatçık tasarımı geliştirilen makro ile yapılmıştır. Makro ile belirlenen kanatçık şekli ve sayısı analizlerle doğrulanmıştır. LEDlerin soğutulması için her 1 W'a karşılık, 1 cm² devre alanı gerektiği tespit edilmiştir. Ön yoğunlaşma analizinde hava akımının sıkıştığı bölgelerde, akışı rahatlatarak geometrilerin oluşturulması gerektiği belirlenmiştir. Yoğuşma makrosuna göre yapılan hesaplamalarda beklenen bölgede yoğuşma tespit edilmiş ve gerekli tasarım önlemi alınmıştır. Güneş yük etkisi için örnek analiz yapılarak araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Araç aydınlatma, bilgisayar destekli analiz, hız ve sıcaklık dağılımı, tasarım, prototip.

2011, xv + 200 sayfa.

ABSTRACT

PhD Thesis

THERMAL ANALYSIS OF VEHICLE LIGHTING SYSTEM AND INVESTIGATION OF ITS EFFECTS ON THE DESIGN

KEMAL FURKAN SÖKMEN

Uludağ University

Graduate Engineering Faculty

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Recep YAMANKARADENİZ

Increasing of usage plastic material on automotive sector cause never seen thermal problem for lighting systems. In study thermal problems of lighting system analyse with help of Ansys-CFX hardware. Results are compared with experimental results.

First of all, solution criterias of basic geometric analyse & thermal source bulbs define with experimental & numeric studies. Independent solutions from element number find for sample car lighting products. Graphic of air flow around thermal source bulbs has defined inside of system. Thermal analyse circumstances of LED system has defined. pre condensation analyses has done inside of head lamp. Sun effect has searched over head lamp. All analyses has realized with laminar natural conduct, 3 diemension & constant regime on ANSYS 12.1 software. Transmission & gravity effects have considered. Monte Carlo radiation metod has used in order to see radiation effects.

At the end of study, head, rear & fog lamp analyses & results have confirmed with experimental datas defined criterias. Defined criterias has confirmed with element type, number and limit circumstances. High rate of thermal transfer with natural convection and ration has seen. Natural transfer effected directly from material selection has identified. LED system should located into less temperature place in head lamp in order to work at proper T_j temperature. Necessary airfoil has designed with developed makro for LEDs. Makro defined airfoil shape & number has confirmed with analyses. It need 1 W for each 1cm^2 area in order to cool of LEDs. Geometries makes easy the flow should be defined at air flow sticked areas at pre conduct analyse. Conduct has identified at expected areas which are calculated according to conduct makrro & mandatory design action has taken. Light focus risc has searhed with sample analyse done for sun load effect.

Key words: Automotive Lighting, Computer aided analysis, Velocity and temprature distributions, Design, Prototype, Redesign

2011, xv + 200 pages.

TEŞEKKÜR

Uludağ Üniversitesi'ndeki eğitimim sürecince bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, tez çalışmamı yöneterek büyük katkısını gördüğüm Öğretim Üyesi Danışman Hocam Sayın Prof.Dr. Recep YAMANKARADENİZ'e, en yoğun zamanında desteğini esirgemeyen, her daim yanımda olan ve doktora çalışmamın her aşamasında emeği olan saygıdeğer hocam Yrd.Doç.Dr.Erhan PULAT'a, her zaman değerli görüşlerini aldığım hocalarım Yrd.Doç.Dr.Salih COŞKUN ve Doç.Dr. Ömer KAYNAKLI'ya , her zaman yardımlarını aldığım Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünün Değerli Öğretim Üyelerine, Fakülte Dekanlarımız Prof.Dr. İrfan KARAGÖZ ve Prof.Dr. Abdülvahap YİĞİT' e, Bölüm Başkanlarımız Prof.Dr. Muhsin KILIÇ ve Prof.Dr. Nurettin YAVUZ' a, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü çalışanlarına, Doktora tezimin tamamlanmasında destekleri, hoşgörülerini ve emekleri geçen Magnetti Marelli Mako Ar-Ge Müdürü Ali YAZICI'ya, Arge Bölümü çalışanlarına, SANTEZ projemizin denetçisi ve destekçisi Sayın Prof.Dr. Veli ÇELİK hocama en derin saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Benden desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve bu günlere gelmemi sağlayan Aileme başta Annem Hasibe SÖKMEN'e, beni her zaman destekleyen ve yanımda olan Eşim Pınar SÖKMEN'e, kardeşim Tuba SÖKMEN'e ve doktora sürecinde dünyaya gelen ve bana artı motivasyon sağlayan kızım Ayşe Eslem SÖKMEN'e, her zaman desteğini gördüğüm Automotive Lighting ARGE direktörü Sayın Herlin PASCAL'a, Automotive Lighting Amerika analiz mühendisi Jacopo ALAIMO'ya, Automotive Lighting Almanya analiz mühendisi Dr. Peter FICSHER'a, bu süreçte yanımda bulunan isimlerini yazamadığım bütün aile büyüklerim ve dostlarıma çok teşekkür ederim.

Kemal Furkan SÖKMEN

01/11/2013

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
Özet	ix
Abstract	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xvii
1.GİRİŞ	1
2.KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	8
2.1 Araç Ön Aydınlatma Elemanının Detaylı İncelenmesi.....	8
2.1.1 Ön aydınlatmanın içerdiği fonksiyonlar.....	9
2.1.2. Aydınlatma şekillerine göre ön farlar	10
2.1.2.1.Halojen Aydınlatma Sistemleri.....	10
2.1.2.2.HID (Xenon-Bi Xenon) Aydınlatma Sistemleri:	14
2.1.3 Ön aydınlatma farlarında kullanılan ana parçalar ve malzemeleri.....	15
2.2. Araç Arka Görünürlük ve Aydınlatma Farının İncelenmesi.....	16
2.2.1. Arka aydınlatma içerdiği fonksiyonlar.....	17
2.2.2.Arka aydınlatmada kullanılan ampuller	18
2.2.3. Arka aydınlatma sistemlerinin tasarım çeşitleri.....	18
2.2.4. Arka aydınlatma farlarında kullanılan parçalar ve malzemeleri	20
2.3. Sis Farlarının İncelenmesi.....	21
2.3.1. Sis farlarında kullanılan ampuller	22
2.3.2.Sis farlarının tasarıma göre çeşitleri.....	23
2.3.3. Sis farlarında kullanılan ana parçalar ve malzemeleri	24
2.4 LEDli sistemler	25
2.5. Yoğuşma	27
2.6. Araç Aydınlatma Sistemlerinde Meydana Gelen Isıl Problemler.....	28
2.6. Kaynak Araştırması.....	28
3.MATERYAL VE YÖNTEM	60
3.1 Materyal	60
3.1.1 İletimle ısı transferi	60
3.1.1.1.Isıl direnç.....	62
3.1.1.2.Arttırılmış yüzeylerden ısı transferi	64
3.1.1.3 Kanatçık Performansı.....	67
3.1.2 Taşınım ile ısı transferi.....	72
3.1.2.1. Doğal taşınım	75
3.1.3. Işınım ile ısı transferi.....	80
3.1.3.1.Isıl ışınım.....	82
3.1.3.2.Monte Carlo metodu	84
3.1.4. Led sistemlerinin temel hesaplamaları.....	85
3.1.5.Yoğuşma	87
3.1.5.2.Düşey Bir Levhada Yoğuşma	88
3.1.4.Hesaplamalı akışkanlar mekaniği	91
3.1.4.1.HAD tarihi.....	92
3.1.4.2.HAD matematiği	92

3.1.4.3.HAD işleyişi.....	93
3.1.5.Ansys CFX R12.1	95
3.1.5.1.Akış ve ısı transferi için korunum denklemleri.....	96
3.1.5.2.ANSYS CFX programında çözüm metodu.....	96
3.1.6.Sonlu hacimler yöntemi	97
3.2.Yöntem.....	99
3.2.1 Isıl analizler için geometrik basitleştirmenin amaçları	99
3.2.2. Isıl analizler için gerekli geometrik basitleştirmeler.....	99
3.2.3.Temel küp eleman deney tesisatı, CAD modeli.....	103
3.2.4.Temel küp eleman üzerinde incelenecek kriterler	105
3.2.5. Fiziksel modelin kurulması:.....	107
3.2.5.1. Isı Kaynağı:	107
3.2.5.2 Akışkan tanımlaması:.....	107
3.2.5.3. Işınım modeli:	107
3.2.5.4. Yerçekimi kuvvetleri (Buoyancy):.....	107
3.2.5.5. Isı transferi modellemesi:.....	107
3.2.5.6. Malzeme özellikleri:.....	108
3.2.6. Termal kamera test sonuçları	109
3.2.7. Analiz için oluşturulan eleman yapıları	111
3.2.9. Analiz sonuçları	115
3.2.9.1 Isı kaynağı analiz sonuçları karşılaştırması	114
3.2.10. Eleman yapılarının etkilerinin yorumlanması.....	118
3.2.11 Aydınlatma elemanları için uygun hacimsel eleman yapısının belirlenmesi.....	125
3.2.11.1 Örnek far geometrisi:	125
3.2.11.2. Analizde kabul edilen sınır şartları ve ısı kaynağı güçleri	126
3.2.12. Analizde karşılaştırılan hacim eleman yapıları	131
3.2.12.1 Octree mesh yapısı	131
3.2.12.2.Delaunay mesh yapısı	132
3.2.13.Delaunay ve Octree hacimsel elemanları ile yapılan analizlerin karşılaştırılması	135
3.2.13.1. Delaunay ve Octree hacimsel eleman sayıları	135
3.2.13.2 Delaunay ve Octree hacimsel elemanları ile yapılan analiz sonuçları.....	136
3.2.13.3 Delaunay ve Octree hacimsel elemanları ile yapılan analizlerin hata oranları.....	137
3.2.13.4. Delaunay ve Octree hacimsel elemanları ile yapılan analizlerin karşılaştırılması	138
3.2.14. Aydınlatma elemanları için örnek ampul gücü doğrulaması	139
3.2.15. Örnek ön aydınlatma farının ısı analizi.....	144
3.2.15.1. Far geometrisi	144
3.2.15.2. Test ekipmanları ve test ölçüleri	144
3.2.15.3. Sınır şartları ve eleman ağ yapısının kurulması	145
3.2.15.4. Eleman sayılarına göre analiz sonuçları.....	147
3.2.15.5. Eleman sayılarına göre hata oranları.....	148
3.2.15.6 Eleman sayılarına göre çözüm süreleri	148
3.2.16. Örnek arka aydınlatma ve görünürlük elemanının ısı analizi	152
3.2.16.1. Arka aydınlatma eleman geometrisi.....	152
3.2.16.2.Arka aydınlatma elemanında kullanılan malzemeler	152
3.2.16.3.Arka aydınlatma elemanı için test.....	152
3.2.16.4.Sınır şartları ve eleman ağ yapısının kurulması	154

3.2.16.5. Eleman sayılarına göre analiz sonuçları.....	155
3.2.16.6. Eleman sayılarına göre hata oranları.....	155
3.2.16.7 Eleman sayılarına göre çözüm süreleri	156
3.2.17. Örnek sis aydınlatma elemanının ısı analizi	158
3.2.17.1. Sis aydınlatma eleman geometrisi.....	158
3.2.17.2. Sis aydınlatma elemanında kullanılan malzemeler	158
3.2.17.3. Sis aydınlatma elemanı için test.....	158
3.2.18. Örnek led elemanının ısı analizi	161
3.2.19 Güneş yük etkisi.....	166
3.2.20 Yoğuşma	167
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	170
4.1 Ön Aydınlatma Elemanı Analiz Sonuçları.....	170
4.1.1 Uzun hüzmeye fonksiyonu (H4) ısı transferi açısından incelenmesi.....	170
4.1.2. Sinyal fonksiyonu (PY21 W) ısı transferi açısından incelenmesi.....	187
4.1.3. Pozisyon fonksiyonu (W5W) ısı transferi açısından incelenmesi.....	193
4.2. Örnek ön far analizinde far bileşenlerinin ısı transferi açısından sonuçları	198
4.2.1 Lens	198
4.3 Arka Far Elemanı Analiz Sonuçları	206
4.3.1 Stop fonksiyonu (PY21-5 W) ısı transferi açısından incelenmesi	206
4.4. Örnek arka far analizinde far bileşenlerinin ısı transferi açısından sonuçları	217
4.5 Örnek ön sis farı analizinde far bileşenlerinin ısı transferi açısından sonuçları	224
4.5.1 Sis fonksiyonu (H8) ısı transferi açısından incelenmesi	224
4.5.3. Sis farı analizlerinde siyah tepecik (blacktop) etkisi:	227
4.5.4. Sis farı analizlerinde havalandırma deliği etkisi	229
4.6 Led yapılarının ısı yönetimi ve ısı transferi açısından incelenmesi	230
4.7 Güneş yük etkisinin ısı transferi açısından incelenmesi	237
4.7 Yoğuşma etkisinin kütle ve ısı transferi açısından incelenmesi	239
5. SONUÇ	246
5.1 Araç ön aydınlatma sisteminin analizinden elde edilen sonuçlar	246
5.2. Araç arka görünürlük ve aydınlatma sisteminin analizinden elde edilen sonuçlar	248
5.3. Araç ön sis farlarının ısı analizinden elde edilen sonuçlar	249
5.4. Ledlerin ısı analizinden elde edilen sonuçlar	250
5.5. Yoğuşma ön ısı analizinden elde edilen sonuçlar	250
KAYNAKLAR	253
EK-1	2612
EK-2	2634
EK-3	Hata! Yer işareti tanımlanmamış. 5
ÖZGEÇMİŞ	266

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
A	Alan (m^2)
A_{k-t}	Kanatçiksız alan (m^2)
A_k	Kanatçık kesit alanı (m^2)
A_N	Soğutma için gerekli ek alan (m^2)
C	Mol derişikliği ($kmol/m^3$)
D	Çap (m)
D	Hava içindeki su buharının yayılım katsayısı (mm^2/s)
$dQ_{taşınım}$	Birim alandan olan taşınım ile ısı transferi (W)
dA_y	Birim alan (m^2)
E	Işınım neşretme oranı (W/m^2)
E	Delik çapı (m)
g	Yerçekimi ivmesi (m/s^2)
Gr	Grashof sayısı
h	Isı taşınım katsayısı ($W/m^2.K$)
h_m	Ortalama ısı taşınım katsayısı ($W/m^2.K$)
h_m	Kütle geçiş katsayısı (m/s)
\bar{h}	Ortalama kütle geçiş katsayısı (m/s)
H	Yükseklik (m)
ip	İterasyon noktası
K	Kelvin
k	Isı iletim katsayısı ($W/m.K$)
k_s	Havanın ısı iletim katsayısı ($W/m^{\circ}C$)
L	Uzunluk (m)
L_f	Dairesel kesitli kanatçık uzunluğu (m)
m_{1L}	Bir boru ya da birim levha üzerinde yoğuşan su miktarı (kg/h)
m_b	Yoğuşan kütle (kg/h)
N	Kanatçık sayısı
N_A	Mol akısı ($kmol/s.m^2$)
Nu	Nusselt sayısı
Nu_D	Uzun yatay silindir etrafında Nusselt
P	Kanatçık kesit çevresi (m)
P_{ECU}	Güç ünitesi çektiği güç (W)
P	Statik basınç (Pa)
Pr	Prandtl sayısı
$Q_{maksimum}$	Maksimum ısı transferi miktarı (W)
Q_x	Isı transferi miktarı (W)
q_Q	Filaman ısı akısı (W/m^2)
$q_{ışınım}$	Işınım miktarı (W/m^2)
Q_z	Giren enerji (W)
Q_{z+dz}	Çıkan enerji (W)
Q_{kanat}	Sonsuz uzunlukta kanattan olan ısı transferi (W)
R_{tot}	Toplam ısı direnci ($W/^{\circ}C$)
$R_{taşınım}$	Taşınım direnci ($W/^{\circ}C$)

R_{thJC}	Junction ve board arası ısı direnci (W/°C)
$R_{t-iletim}$	İletim direnci (W/°C)
R_a	Rayleigh sayısı
R_k	Kanatçık iletim direnci (W/°C)
R_t	Kanatçık tabanında taşınım direnci (W/°C)
$R_{a_s}^*$	Sabit ısı akısında Rayleigh sayısı
R_{a_s}	Optimum kanatçık aralığı için Rayleigh sayısı
R_{thJA}	Junction – çevre arası taşınım direnci (W/°C)
R_{JC}	Junction – lehim arası taşınım direnci (W/°C)
R_{SB}	Lehim– baskı devresi arası iletim direnci (W/°C)
R_{TIM}	Dolgu malzemesi iletim direnci (W/°C)
R_F	Kanatçık iletim direnci (W/°C)
Re	Reynolds sayısı
S	Kanatçık aralığı (mm)
S_{opt}	Optimum kanatçık aralığı
Sc	Schmidt sayısı
Sh	Sherwood
T_{A-max}	Maksimum çevre sıcaklığı (°C)
T_j	Junction sıcaklığı (°C)
T_{test}	Test sıcaklığı (°C)
T_G	Dış ortam sıcaklığı (°C)
T_t	Giriş sıcaklığı (°C)
T_o	Çıkış sıcaklığı (°C)
T_c	Katot sıcaklığı (°C)
T_1	Silindir uç-1 sıcaklık (°C)
T_2	Silindir uç-2 sıcaklık (°C)
T_{s-1}	Birinci Yüzey sıcaklığı(°C)
T_{film}	Film sıcaklığı (°C)
T_{s-2}	İkinci Yüzey sıcaklığı(°C)
T_y	Yüzey sıcaklığı
T_{∞}	Çevre sıcaklığı (°C)
T_t	Kanatçık dip sıcaklığı (°C)
$T_{dış}$	Dış ortam sıcaklığı (°C)
U_{∞}	Akışkan hızı (m/s ²)
V_{min}	Minimum Voltaj (V)
V_{max}	Maksimum Voltaj (V)
V	Kontrol hacmi
V_{typ}	Ortalama Voltaj (V)
V_{LED}	Led voltajı (V)
$V_{LED min}$	LED'e gelen minimum voltaj (V)
$V_{LED max}$	LED'e gelen maksimum voltaj(V)
V_J	En düşük voltaj değeri (V)
w	Genişlik (m)
t	Kalınlık (m)
ΔT	Sıcaklık farkı (°C)
Δn_i	Yüzey vektör
Δt	Zaman adımı (s)
$\Theta_{b,t}$	Sıcaklık farkı

α	Işınım yutma oranı
ρ	Işınım yansıtma oranı
τ	Işınım geçirme oranı
β	1/T
ρ_b	Buharın yoğunluğu (kg/m ³)
ρ_s	Sıvının yoğunluğu(kg/m ³)
ρ	Yoğunluk (kg/m ³)
η_k	Kanatçık verimi
ϵ_k	Kanatçık etkinliği
ϵ	Emissivity katsayısı
α_λ	Yutma oranı
α	Kinematik vizkosite (m ² /s)
λ	Dalga boyu

Kısaltmalar

Açıklama

PES	Mercekli kısa far (Polyellipsoidal projection)
HID	Xenon lamba
OEM	Ana sanayi
LED	Işık veren diyot (Light Emitting Diyot)
PP GF 30	Yüzde 30 cam elyaf katkılı polipropilen plastik
PC	Polikarbonat plastik
PBT	Polikarbonat /Polibutilen Tereftalat
PC HT	Yüksek sıcaklığa dayanımlı Polikarbonat
PA	Poliamit
ABS	Akrilonitril Bütadien Stiren
PC/ABS	Polikarbonat/ Akrilonitril Bütadien Stiren
PMMA	Polimetil metakrilat; Polimetilmetakrilat
ECE	Avrupa otomotiv standartları
PET GF 35	%35 Cam katkılı Tereftalat Polietilen
CAE	Bilgisayar destekli mühendislik
CAL	Bilgisayar destekli aydınlatma
CFD	Hesaplamalı akışkanlar dinamiği
DRL	Gündüz farı (Daytime Running Lamp)
PCB	Baskı devresi
DOE	Deney tasarımı yöntemi
SA	Isı kalkanı efektif alanı

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. İlk araç aydınlatma sistemi (Bauer 1999)	1
Şekil 1.2. Asimetrik ışık dağılımı (Bauer 1999)	2
Şekil 1.3. 1948 model Tucker Torpedo (Bauer 1999)	3
Şekil 1.4. Tek ve Çift filament (Bauer 1999)	3
Şekil 1.5. Örnek arka sis (Anonim 2013)	4
Şekil 1.6. 1967 model Citroen DS (Bauer 1999)	4
Şekil 1.7. Üçüncü stop (Moore 1998)	5
Şekil 2.1. Örnek ön aydınlatma farları	9
Şekil 2.2. Free form halojen far (Anonim 2011)	11
Şekil 2.3..a) H1 b) H3 c)H4 d) H7 e)H11 (Anonim 2011)	12
Şekil 2.4..Free form farlar (Anonim 2013)	13
Şekil 2.5. PES modül (Anonim 2013)	13
Şekil 2.6.a)Xenon far modülü b)Bi-xenon far modülü (Anonim 2013)	14
Şekil 2.7..Arka aydınlatma elemanları (Anonim 2012)	17
Şekil 2.8.a.) Gövde ile reflektörün bir parça içinde olması b.) Gövde ve reflektörün ayrı olması hali	19
Şekil 2.9.a) Reflektörün gövde içinde yer alan şekli b)Gövde, lens ve reflektörün ayrı olduğu şekli	20
Şekil 2.10.Sis farı (Anonim 2012)	21
Şekil 2.11.Sis farlarında kullanılan ampuller (Anonim 2012)	22
Şekil 2.12.Gövde, lens ve reflektörden oluşan sis farı	23
Şekil 2.13.Gövde (iç yüzey reflektör) , lens ve braketten oluşan sis farı	23
Şekil 2.14.Gövde, lensten oluşan sis farı (gövde iç yüzeyi reflektör)	24
Şekil 2.15.Örnek LED’li ön far (Anonim 2012)	25
Şekil 2.16.LED, Florosan ve Enkandesen ampul ısı yayma şekil oranları	26
Şekil 2.17.Tj sıcaklığındaki değişime göre LED ömrü ve LED aydınlatma oranındaki değişiklik (Anonim 2011).	26
Şekil 2.18.Tj sıcaklığındaki değişime göre fotometrinin etkilenmesi (Anonim 2011)	27
Şekil 2.19.Yoğuşma örneği	28
Şekil 2.20.İsıl analiz ihtiyacı doğuran nedenler (Wulf 1998)	29
Şekil 2.21.Dış lens üzerinde ölçülen sıcaklık dağılımı (Wulf 1998)	30
Şekil 2.22.CAL yazılımı çalışma prensibi şeması (Wulf 1998)	31
Şekil 2.23.CAL yazılımı ile ışık yayılım analizi (Wulf 1998)	32
Şekil 2.24.Işınım ile olan ısı transfer modeli (Moore ve ark. 1999)	34
Şekil 2.25.Dalga boyuna göre birim yüzeyden olan ışınım miktarı(Moore ve Powers 2000).	39
Şekil 2.26.Sis farı ısı transferi şematik gösterimi (Fischer 2005)	46
Şekil 2.27.Ağ yapısı oluşturulmuş sis farı gövde reflektör ve ampul (Fischer 2005)	47
Şekil 2.28.a)Ampul sıcaklık dağılımı b) Ampul içinde olan vektörel sıcaklık dağılımı (Fischer 2005)	48
Şekil 2.29.a) Lens sıcaklık dağılımı b) Gövde reflektör sıcaklık dağılımı (Fischer 2005)	48
Şekil 2.30.Ampul etrafında akış (Fischer 2005)	48
Şekil 2.31.Örnek far şematik gösterimi (Langebach ve ark. 2007)	51
Şekil 2.32.Örnek farın boyutları (Langebach ve ark. 2007)	51
Şekil 2.33.Basit LED yapısı ve ısı yayılma yolu (Bielecki ve ark. 2007)	54

Şekil 2.34.LED-ısı kalkanı görünümü (Bielecki ve ark. 2007)	55
Şekil 2.35.Ön farda yoğunlaşma (Deponti ve ark. 2009)	58
Şekil 2.36.Yoğunlaşma test kabini (Deponti ve ark. 2009)	58
Şekil 2.37.Yoğunlaşma a) Analiz sonucu b) Test sonucu (Deponti ve ark. 2009)	59
Şekil 3.1.Isıl direnç örnek şeması (Incorpera ve Dewitt 2001)	63
Şekil 3.2.a) Çıplak yüzey b)Kanatçıklı ilavesi (Kılıç ve Yiğit 2000)	65
Şekil 3.3 Rastgele şekil ve kesit alanına sahip bir kanatçıklı arttırılmış bir yüzey (Kılıç ve Yiğit 2000).	65
Şekil 3.4 Dikdörtgen kesitli kanatçık (Çengel 2011)	70
Şekil 3.5 Farklı yüzeylerden taşınım ile ısı ve kütle transferi a)Düzlem levha b) Rastgele biçimli bir yüzey (Incorpera ve Dewitt 2001).	72
Şekil 3.6 Kapalı hacimde doğal taşınım (Kılıç ve Yiğit 2000).	76
Şekil 3.7 Incorporera ve Dewitt 2001, s:540	80
Şekil 3.8 Elektromanyetik dalga spectrumu	82
Şekil 3.9.Bir yüzeye gelen ışınımın yayılması yutulması ve geçirilmesi	82
Şekil 3.10.Basit LED yapısı ve ısı direnç devre şeması	86
Şekil 3.11.Dik levhada yoğunlaşma	88
Şekil 3.12.HAD analizinde uygulanan prosedür	91
Şekil 3.13.Bir HAD Analizinin İşleyiş Şeması (Anonim 2010)	94
Şekil 3.14.a) Sayısal ağ eleman sayısı ve çözüm süresi arasındaki ilişki b) Sayısal ağ eleman sayısı ve sonuç arasındaki ilişki (Erşan 2012)	95
Şekil 3. 15.Çözüm ağı içinde integrasyon noktaları ve nodlar	98
Şekil 3.16.Parçalar arası oluşturulan örnek temas	99
Şekil 3.17.Kaliteli mesh yapısı için kalkması gereken radyüsler	100
Şekil 3.18.Uygun eleman ağ yapısı için geometride yapılması gerekenler	100
Şekil 3.19.Uygun eleman yapısı için optiklerin kaldırılması	101
Şekil 3.20. Örnek bir basitleştirme	101
Şekil 3. 21.Örnek gövde basitleştirilmesi	102
Şekil 3.22.Farklı malzeme olup aynı parçayı oluşturan geometriler	102
Şekil 3.23.Deney tesisatı fotoğrafı	103
Şekil 3.24.Deney tesisatı şeması	103
Şekil 3.25.a)m ³ hava ile çevrili temel küp sistemi b) Temel küp sistemi YZ kesiti	104
Şekil 3. 26.ANSYS ICEM CFD	104
Şekil 3.27. Küp için termal kamera test sonuçları. a)Üst görünüş b)Yan görünüş c) Ön görünüş	109
Şekil 3.28.Ampul için a) Termal kamera görüntüsü (Yan görünüş) b) Termal kamera görüntüsü (Üst görünüş) c) Termal kamera görüntüsü (Ön görünüş)	110
Şekil 3.29.Düşük yoğunluklu eleman (Mesh), kritik bölge ayrıştırması detay	111
Şekil 3.30. Düşük yoğunluklu eleman Mesh Kalite dağılımı	111
Şekil 3.31. Orta yoğunluklu eleman (Mesh), kritik bölge ayrıştırması detayı	111
Şekil 3.32. Orta yoğunluklu eleman Mesh Kalite dağılımı	112
Şekil 3.33. Yüksek yoğunluklu eleman (Mesh), kritik bölge ayrıştırması detay	112
Şekil 3.34. Yüksek yoğunluklu eleman Mesh Kalite dağılımı	112
Şekil 3. 35.a) Düşük Yoğunluklu eleman sayısını içeren çözüm b) Orta Yoğunluklu eleman sayısını içeren çözüm c) Yüksek Yoğunluklu eleman sayısını içeren çözüm	113
Şekil 3. 36.a) Düşük Yoğunluklu eleman sayısını içeren çözüm b) Orta Yoğunluklu eleman sayısını içeren çözüm c) Yüksek Yoğunluklu eleman sayısını içeren çözüm	114

Şekil 3.37.Ağ eleman sayısı yoğunluğuna göre analiz hata oranları	117
Şekil 3.38.Ağ eleman sayısı yapısına göre çözüm zamanı	117
Şekil 3.39.Düşük yoğunluklu eleman yapısına prizma uygulaması	118
Şekil 3.40.a)Ampul ve duy arasındaki dengesizlik b) Ampul ve duy birleşme bölgesindeki sıcaklık dağılımı (Üst görünüş)	119
Şekil 3.41.a) Ampul ve duy arasındaki dengesizlik b) Ampul ve duy birleşme bölgesindeki sıcaklık dağılımı (Üst görünüş)	120
Şekil 3. 42.a) Dengesizlik (Imbalance) b) Ampul ve duy birleşme bölgesindeki sıcaklık dağılımı (Üst görünüş)	120
Şekil 3.43.a) Dengesizlik b) Ampul ve duy birleşme bölgesindeki sıcaklık dağılımı (Üst görünüş)	121
Şekil 3. 44. 3,5 ve 10 Katmanlı prizmatik mesh yapıları	122
Şekil 3.45.Çalışmada kullanılan örnek far a) Ön görünüş ve b) Arka görünüş	125
Şekil 3. 46.Çalışmada kullanılan far ölçüleri a) Ön görünüş ve b) Yan görünüş (Ölçüler mm dir.) (Sökmen ve ark. 2012).	126
Şekil 3.47.Çalışmada kullanılan farın Catia V5 R19’da hazırlanmış datası (Sökmen ve ark 2012).	126
Şekil 3.48.Termokupullarda kullanılan bant validasyon deney fotoğrafı	128
Şekil 3.49.Termokupullarda kullanılan bant validasyon deney şeması	128
Şekil 3.50.Termokupulların araç eksenine göre koordinatları	129
Şekil 3.51.Fırın içinde termokupulları yerleştirilmiş bütün fonksiyonları açık ön far	130
Şekil 3.52. a) Geometrik model b)Geometrik modeli kapsayan hacim mesh c)Octree meshin geometrinin yüzeyleri ile kesilmesi d)Octree mesh oluşturulan geometri	132
Şekil 3. 53.Örnek hacim içi Octree yapı	132
Şekil 3.54.Örnek hacim içi delaunay yapı	133
Şekil 3.55.a) Octree hacim mesh b)Delaunay hacim mesh	134
Şekil 3. 56.Delaunay, Octree ve Test sonuçlarının karşılaştırması	138
Şekil 3.57.H8 Ampul validasyonu için tasarlanan deney düzeneği Catia Datası a) Üst görünüş b) İzometrik görünüş	139
Şekil 3. 58.Deney düzeneğinin meshli yapısı	140
Şekil 3. 59.Test aşamasında termokupulların yerleştirildiği bölgeler	140
Şekil 3.60.Test için hazırlanan düzenek	141
Şekil 3. 61.Simulasyon sonuçlarından alınan ölçümler	141
Şekil 3. 62.Deney ve simulasyon sonuçlarının karşılaştırılması 43 W için	142
Şekil 3. 63.Deney ve simulasyon sonuçlarının karşılaştırılması 43x0,85 W için	142
Şekil 3. 64. Termal kamera ile gövde üzerinde maksimum sıcaklık doğrulaması	143
Şekil 3.65.Termal kamera ile lens üzerinde maksimum sıcaklık doğrulaması a)Simulasyon sonucu b)Termal kamera sonucu	143
Şekil 3.66.Test ekipmanları a) Angelantoni C600 iklimik fırın b) APPA-50 termometre	144
Şekil 3.67.Delaunay hacimsel mesh yapısı a)far iç parçaları b)Ampul camı, filaman ve argon gazı c) Okada ve ark. (2002) çalışmasında delaunay mesh örneği	146
Şekil 3. 68.Eleman sayısına göre analiz sonuçlarının test sonuçları ile karşılaştırılması	149
Şekil 3.69. 9,5 milyon hacimsel eleman için lens sıcaklık dağılımı	149
Şekil 3.70. 9,5 milyon hacimsel eleman için gövde sıcaklık dağılımı	150
Şekil 3.71.9,5 milyon hacimsel eleman için estetik çerçeve sıcaklık dağılımı	150

Şekil 3.72.9,5 milyon hacimsel eleman için ana reflektör sıcaklık dağılımı	151
Şekil 3.73.9,5 milyon hacimsel eleman için sinyal reflektörü sıcaklık dağılımı	151
Şekil 3.74.Örnek arka aydınlatma geometrisi	152
Şekil 3. 75.Arka fara yerleştirilen termokupullar	153
Şekil 3.76.Delaunay hacimsel mesh yapısı	155
Şekil 3.77.Eleman sayısına göre analiz sonuçlarının test sonuçları ile karşılaştırılması	156
Şekil 3.78.10 milyon hacimsel eleman için gövde-reflektör sıcaklık dağılımı	156
Şekil 3.79.10 milyon hacimsel eleman için lens sıcaklık dağılımı	157
Şekil 3.80.10 milyon hacimsel eleman için kırmızı lens sıcaklık dağılımı	157
Şekil 3. 81.10 milyon hacimsel eleman için ampul taşıyıcı sıcaklık dağılımı	157
Şekil 3 82.Analizi ve testleri yapılacak olan sis farı geometrisi	158
Şekil 3.83.Sis farı test düzeneyi	158
Şekil 3. 84. ICEM CFD ile elemanlarına ayrıştırılmış sis farı	159
Şekil 3. 85.Test ve eleman sayılarına göre alınan sonuçların karşılaştırılması	161
Şekil 3.86.3.5 milyon elemana göre elde edilen sonuçlar a)Lens sıcaklık dağılımı	
b)Gövde-reflektör sıcaklık dağılımı	161
Şekil 3. 87. LED ısı tasarım analiz rehberi akış şeması	1632
Şekil 3. 88. a) Catia’da modellenmiş LED b)Ortam içinde elemanlarına ayrılmış	1623
Şekil 3. 89. a) Isı dağıtıcısı olmadan yapılan analiz sonucu b) Düz Al ısı dağıtıcı olan analiz sonucu c) Al levha taban sıcaklığı	165
Şekil 3. 90. Elemanlarına ayrıştırılmış güneş efekti datası	166
Şekil 3. 91.Noktasal ışık kaynağı ve ön far datası	167
Şekil 3. 92.Yoğuşma beklenen bölge a)Lens ve estetik çerçeve arası bölge b)Lens ve estetik çerçeve arasında hava akış hızının 0 m/s’ye ye düştüğü bölge c) Okada ve ark. (2002) yoğuşma tahmini bölgesi d)Yoğuşma beklenen bölgenin kesiti	168
Şekil 4.1. Bölgesel dağılım a) Hız dağılımı ve b) Sıcaklık dağılımı (Sokmen ve ark. 2012).	171
Şekil 4. 2.H4 ampul etrafından sıcak havanın a) Hız vektörleri b)Sıcaklık vektörleri ile gösterimi	171
Şekil 4. 3.H4 ampul çevresinde değişken yüzey sıcaklığı sabit çevre sıcaklığına göre Ra sayısı dağılımı	172
Şekil 4.4.Ampul çevresinde sıcaklık dağılımı a) Kreith ve Bohn (2001), Prof. E.R.G. Eckert b) Çalışmada elde edilen dağılım c) Interface fotoğraf Ashjaee ve ark. (2007) d) Yatay uzun silindir interface fotoğraf Newport ve ark. (2001)	173
Şekil 4.5.H4 ampul üzerinde kesit eğrinin a) Sıcaklık dağılımı b) Isı tranfer katsayısı dağılımı	174
Şekil 4.6. Analiz sonucu silindir üzerinde eğride sıcaklık dağılımı	175
Şekil 4. 7.Analiz sonucu silindir üzerinde eğride sıcaklık dağılımı	175
Şekil 4. 8.Analiz sonucu silindir çevresinden açığa bağlı Yerel Nu dağılımı (Incorpera 2001)	176
Şekil 4.9. Nu/Ra ^{1/4} oranında Kreith ve Bohn (2001) ve çalışmanın karşılaştırma grafiği	177
Şekil 4.10.Rayleigh sayısının değişimine göre yerel Nu dağılımı	178
Şekil 4.11. 75 W,52 W, 44 W ve 36 W güçlerde H4 ampul üzerinde x değişkeninde sıcaklık dağılımı	179
Şekil 4. 12. Ampulün değişen gücüne bağlı Gr dağılımı	179

Şekil 4. 13. Ampulün değişen gücüne bağlı Ra dağılımı	180
Şekil 4. 14. Değişken Ra sayısına göre yerel Nu sayısı dağılımı	180
Şekil 4. 15. a) H4 ve W5W silindir ampul konumu, b) H4 ampulün W5W ampul açık durumunda sıcaklık akım resmi, c) Zhao ve Zhang (2000) aynı ekseninde olmayan doğal akış	181
Şekil 4.16. H4 silindir ampul üzerinde W5W silindir ampul kapalı ve açık durumuna göre yerel Nu değişimi	182
Şekil 4.17. a) H4 ampul ve ana reflektor sıcaklık dağılımı b) Ana reflektor üzerinde oluşan sıcak bölgeye H4 ampulden olan ısı akışı c) Ahuja ve Wakchaure (2012)	183
Şekil 4. 18. Uzun hüzmeye (H4) ampul kaynaklı doğal taşınım ile ısı transferinin lens üzerine etkisi	184
Şekil 4. 19. a) Lens üzerinde H4 kaynaklı doğal taşınım ile oluşan sıcak bölgeler b) H4 kaynaklı sıcak iç havanın lense taşınımı	184
Şekil 4.20. Enkandesen ampuller için ısı transferi oranları	185
Şekil 4.21. H4 ampulden çevreye olan a) Toplam ısı transferi b) Taşınım ile olan ısı transferi c) Işınım ile olan ısı transferi	186
Şekil 4.22. H4 siyah tepecikli ampul	186
Şekil 4.23. Renkli ampüller için ışık geçirgenlik grafiği	187
Şekil 4.24. PY21W ampul için bölgesel dağılım a) Sıcaklık dağılımı b) Wang ve ark. (2009) b) dağılımı	188
Şekil 4.25. PY21W ampul etrafından sıcak havanın a) Hız vektörleri b) Sıcaklık vektörleri ile gösterimi	189
Şekil 4. 26. a) Analiz sonucu silindir çevresinden açığa bağlı yerel Nu sayısı dağılımı b) Okada ve ark. (2002) c) Song ve ark. (2012)	190
Şekil 4.27. a) PY21W ampul ve sinyal reflektörü sıcaklık dağılımı b) Sinyal reflektörü üzerinde oluşan sıcak bölgeye PY21W ampulden olan ısı akışı	191
Şekil 4.28. Sinyal fonksiyonu (PY21W) ampul kaynaklı doğal taşınım ile ısı transferinin lens üzerine etkisi	192
Şekil 4.29. a) Lens üzerinde PY21W kaynaklı doğal taşınım ile oluşan sıcak bölgeler	192
Şekil 4. 30. PY21W ampulden a) Çevreye olan toplam ısı transferi miktarı b) Taşınım ile olan ısı transferi miktarı c) Net ışınım ile ısı transferi miktarı	193
Şekil 4. 31. W5W ampul için bölgesel dağılım a) Hız dağılımı ve b) Sıcaklık dağılımı	193
Şekil 4.32. W5W ampul etrafından a) Sıcak havanın akış hız vektörleri b) Havanın sıcaklık dağılım vektörleri	194
Şekil 4.33. Analiz sonucu silindir çevresinden açığa bağlı yerel Nu sayısı dağılımı	195
Şekil 4.34. a) W5W ampul ve ana reflektör sıcaklık dağılımı b) Ana reflektor üzerinde oluşan sıcak bölgeye W5W ampulden olan ısı akışı	196
Şekil 4.35. Pozisyon fonksiyonunun (W5W) doğal taşınım lens üzerine etkisi	196
Şekil 4.36. W5W ampulden çevreye a) Toplam ısı transferi miktarı b) Taşınım ile gerçekleşen ısı transferi c) Net ışınım ile gerçekleşen ısı transferi	197
Şekil 4.37. a) Lens üzerine gelen ışınım ile ısı transferi miktarı b) Lens üzerinde net ışınım ile ısı transferi miktarı	198
Şekil 4.38. a) Lens üzerine taşınım ile gelen ısı b) Doğal taşınım ile lens üzerinde oluşan sıcak bölgeler	200
Şekil 4.39. a) Gövde üzerine ışınım ile ısı transferi b) Gövde üzerinde net ışınım miktarı	200

Şekil 4.40.a) Gövde üzerine taşınım ile gelen ısı b) Doğal taşınım ile gövde üzerinde oluşan sıcak bölgeler	201
Şekil 4. 41.a)Estetik çerçeve üzerine gelen ışınım ile ısı transferi miktarı b) Estetik çerçeve üzerinden olan net ışınım ile ısı transferi miktarı	201
Şekil 4.42.a)Estetik çerçeve üzerinden çevreye taşınım ısı transferi (ön görünüş) b) Estetik çerçeve üzerinden çevreye taşınım ısı transferi (arka görünüş)	202
Şekil 4.43.Ampullerden estetik çerçeve üzerine gerçekleşen sıcak hava akışı a)Ön görünüş b)Arka görünüş	202
Şekil 4.44.a)Ana reflektör üzerine gelen ışınım ile ısı transferi miktarı b) Ana reflektör üzerinden olan ışınım ile ısı transferi miktarı	203
Şekil 4.45.a)Ana reflektör üzerinden taşınım ile olan ısı transferi miktarı b)Reflektör sıcaklık dağılımı	204
Şekil 4.46.a) Sinyal reflektörü üzerine gelen ışınım ile ısı transferi miktarı b) Sinyal reflektörü üzerine gelen ışınım ile ısı transferi miktarı c)Sinyal reflektörü üzerinden olan taşınım ile ısı transferi	205
Şekil 4.47.Bölgesel dağılım a) Hız dağılımı ve b) Sıcaklık dağılımı c) Wang ve ark. (2009)	207
Şekil 4.48.PY21-5W ampul etrafından sıcak havanın a) Hız vektörleri b)Sıcaklık vektörleri ile gösterimi	208
Şekil 4. 49.PY21-5W ampul çevresinde değişken yüzey sıcaklığı sabit çevre sıcaklığına göre Ra sayısı dağılımı	209
Şekil 4.50.H4 ampul üzerinde dairesel kesitin a) Sıcaklık dağılımı b) Isı transfer katsayısı dağılımı	209
Şekil 4.51. Analiz sonucu dairesel kesit üzerinde sıcaklık dağılımı	210
Şekil 4.52. Analiz sonucu dairesel kesit çevresinden açığa bağlı Yerel Nu dağılımı	211
Şekil 4.53.H4 (silindir) ve PY21-5W (küre) ampullerinin $Nu/Ra^{1/4}$ oranlarında karşılaştırma grafiği	212
Şekil 4.54.24,5 W,17 W, 14,5 W ve 10 W güçlerde PY21-5W ampul üzerinde -x değişkeninde sıcaklık dağılımı	213
Şekil 4.55.Ampulün değişen gücüne bağlı Gr dağılımı	214
Şekil 4.56.Ampulün değişen gücüne bağlı Ra dağılımı	214
Şekil 4. 57.Değişken Ra sayısına göre yerel Nu sayısı dağılımı	215
Şekil 4.58.a) Arka far PY21-5W ampul çevresinden sıcaklık dağılım profili b)Ön far H4 ampul çevresinden sıcaklık dağılım profili c)Ön far sinyal PY21W ampul çevresinden sıcaklık yayılım profili	216
Şekil 4.59. PY21-5W ampul kesitinden sıcaklığın iç hacimdeki dağılımı	216
Şekil 4. 60.Sinyal ampulü PY21W ampul kesitinden sıcaklığın iç hacimdeki dağılımı	217
Şekil 4. 61.Lensler üzerine a) Şeffaf lense gelen ışınım miktarı b) Şeffaf lenste net ışınım miktarı c) Kırmızı lens üzerine gelen ışınım d)Kırmızı lens üzerinde net ışınım	218
Şekil 4.62.Lensler üzerine a) Şeffaf lensin taşınım ile ısı transferi miktarı b) Kırmızı lensin ile ısı transferi miktarı	219
Şekil 4.63.Gövde üzerine a) Kaplamalı alana gelen ışınım miktarı b) Kaplamalı alanda net ışınım miktarı c) Kaplamasız alana gelen ışınım d) Kaplamasız alanda net ışınım	220
Şekil 4.64.Gövde üzerinden gerçekleşen taşınım ile ısı transferi	221
Şekil 4.65.Reflektör üzerine a) Gelen ışınım miktarı b) Net ışınım miktarı	221
Şekil 4.66.Yansıtıcı yüzeyler üzerinden gerçekleşen taşınım ile ısı transferi	222

Şekil 4.67.Baskı devresi üzerinden ampul taşıyıcıya olan ısı iletim miktarı	223
Şekil 4.68. Baskı devresi üzerinden a)Taşınım ile gerçekleşen ısı transferi b)Gerçekleşen net ışınım miktarı	223
Şekil 4. 69. H8 ampul üzerinden sıcak havanın iç hacime dağılımı	224
Şekil 4. 70.Sis farı test fikstürü	225
Şekil 4.71.a)Termal kamera ile ölçülen sıcaklık b)Analizden elde edilen lens sıcaklığı c) Langebach ve ark. (2007)	226
Şekil 4.72.Lens için a) Gelen ışınım miktarı b) Net ışınım miktarı c) Taşınım ile gerçekleşen ısı transferi	226
Şekil 4. 73.a.)Lens için siyah tepciği olan ampul ile yapılan analiz sonucu b.) Lens için siyah tepciği olmayan ampul ile yapılan analiz sonucu	227
Şekil 4.74.a.) Reflektör için siyah tepciği olan ampul ile yapılan analiz sonucu b.) Reflektör için siyah tepciği olmayan ampul ile yapılan analiz sonucu	228
Şekil 4.75.a.) Siyah tepciği olan ampullü sis farının içinde olan ışınım ile ısı transferi b.) Siyah tepciği olmayan ampullü sis farının içinde olan ışınım ile ısı transferi	228
Şekil 4. 76.a.) Göce-reflektör ısı taşınım miktarı b.) Gövde-reflektör net ışınım miktarı	229
Şekil 4. 77.a.) Havalandırma deliği olan sis farında iç hava sıcaklığı b.) Havalandırma deliği olmayan sis farında iç hava sıcaklığı	230
Şekil 4. 78.a.) 24 dairesel kesitli kanatçık için analiz sonuçları b) 36 adet dairesel kanatçık için analiz sonuçları c) 2 Adet dikdörtgen kesitli kanatçık için analiz sonuçları d) 3 Adet dikdörtgen kesitli kanatçık için analiz sonuçları	231
Şekil 4.79.a.) S= 6 mm aralıklı, 36 adet dairesel kesitli kanatçık analiz sonucu b) S= 6 mm aralıklı, 36 adet dairesel kesitli kanatçıklar arası hız profili	232
Şekil 4.80.Değişken çevre sıcaklığına göre ısı taşınım katsayısı dağılımı	233
Şekil 4.81. Değişken çevre sıcaklığına göre Rayleigh sayısı dağılımı	233
Şekil 4.82.Çevre sıcaklığına göre değişen ısı taşınım katsayısı değerine göre Tjunction değerinin değişimi	234
Şekil 4.83.Değişken çevre sıcaklığına göre çevreye atılan ısı miktarı	234
Şekil 4. 84.LED ısı tasarım rehberine göre a)ADIM-2 b)ADIM-3 sonuçları	235
Şekil 4.85.100°C çevre sıcaklığında 0,8 W LED sıcaklık analizi Tj:137°C	236
Şekil 4. 86.100°C çevre sıcaklığında 0,8 W LED sıcaklık analizi Tj:137°C	237
Şekil 4. 87.100W güneş ışığı altında kalan lens üzerinde oluşan sıcaklık	238
Şekil 4.88.Güneş yükü a) Analiz sonucu b) Test sonucu	238
Şekil 4.89. Yoğuşma bölgesi iç hava sıcaklığına göre Gr sayısı değişimi	241
Şekil 4.90.Yoğuşma bölgesi iç hava sıcaklığına göre yoğuşan su miktarı değişimi	241
Şekil 4.91.Yoğuşma bölgesi iç hava sıcaklığına göre Tçığ sıcaklığı değişimi	242
Şekil 4.92. Yoğuşma bölgesi iç hava sıcaklığına göre Sherwood sayısı dağılımı	242
Şekil 4.93. Değişen yüzey sıcaklığına göre Gr sayısı değişimi	243
Şekil 4.94.Değişen yüzey sıcaklığına göre yoğuşan su miktarı değişimi	243
Şekil 4.95.Yoğuşmayı engellemek için açılan delik geometrisi a)Önce b)Sonra c)Ürün üzerinde	244
Şekil 4.96.Lens iç yüzey sıcaklığı a)Geometri değişikliği öncesi b) Geometri değişikliği sonrası	245
Şekil 4. 97.İç hava vektörel hız dağılımı a) Geometri değişikliğinden önce b) Geometri değişikliğinden sonra	245
Şekil 5.1.XCAL enerji ve ANSYS CFX sıcaklık dağılımı karşılaştırılması	247

ÇİZELGELER DİZİNİ

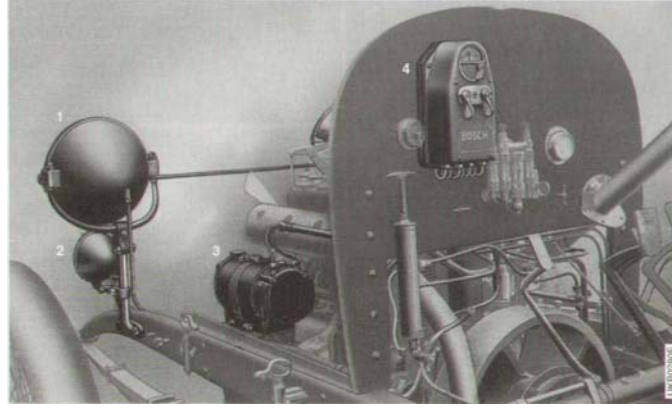
Sayfa

Çizelge 2.1. Analiz ve ölçüm sonuçları (Moore ve ark. 1999)	35
Çizelge 2. 2. HID ampul ısıl analiz sonuçları (Moore ve Powers 2000)	40
Çizelge 2. 3. HID sis farı bileşenlerine göre sıcaklık analiz sonuçları (Moore ve Powers 2000)	40
Çizelge 2. 4. Farda kullanılan ampullerin teknik verileri (Wulf ve Reich 2002)	42
Çizelge 2.5. Far üzerinde sıcaklık ölçümleri (Wulf ve Reich 2002)	44
Çizelge 2.6. Far üzerinde sıcaklık ölçümleri (Wulf ve Reich 2002)	44
Çizelge 2.7. Faktörler (Bielecki ve ark. 2007)	55
Çizelge 3. 1. Yatay dairesel bir silindir üzerinde doğal taşınımına ilişkin x eşitliğindeki sabitler (Incorpera ve Dewitt 2001).	79
Çizelge 3.2. Eleman yoğunluğuna karşılık maksimum sıcaklık	115
Çizelge 3.3. Eleman yoğunluğuna karşılık sıcaklık değişimi	115
Çizelge 3. 4. Temel küp elemanı üst görünüşten alınan analiz sonuçları	115
Çizelge 3. 5. Temel küp elemanı yan görünüşten alınan analiz sonuçları	115
Çizelge 3. 6. Temel küp elemanı ön görünüşten alınan analiz sonuçları	116
Çizelge 3. 7. Temel küp elemanı arka görünüşten alınan analiz sonuçları	116
Çizelge 3. 8. Analiz Hata dağılımı karşılaştırma	116
Çizelge 3.9. Çözüm zamanı karşılaştırma	117
Çizelge 3.10. Prizma katman sayısına bağlı maksimum sıcaklık	122
Çizelge 3. 11. Prizma katman sayısına üst-alt sıcaklık değişimi	122
Çizelge 3.12. Temel küp elemanı üst görünüşten alınan analiz sonuçları	123
Çizelge 3.13. Temel küp elemanı yan görünüşten alınan analiz sonuçları	123
Çizelge 3.14. Temel küp elemanı ön görünüşten alınan analiz sonuçları	123
Çizelge 3. 15. Prizma sayısına göre hata oran dağılımı	124
Çizelge 3. 16. Deney cihazları ve özellikleri (Sökmen ve ark. 2012)	127
Çizelge 3.17. Termokupulların yerleştirildiği konumlar	129
Çizelge 3.18. Termokupulların yerleştirildiği koordinatlar	130
Çizelge 3.19. Termokupullardan alınan ölçümler	131
Çizelge 3.20.a) Delaunay hacim mesh ile oluşan eleman sayısı b) Octree hacim mesh ile oluşan eleman sayısı	135
Çizelge 3.21. Delaunay hacim mesh analiz sonuçları (termokupullar ile aynı koordinatlarından alınan ölçümler)	136
Çizelge 3.22. Octree hacim mesh analiz sonuçları (termokupullar ile aynı koordinatlarından alınan ölçümler)	136
Çizelge 3.23. Delaunay hacim mesh analiz sonuçları ve test ölçümleri arasındaki hata oranları	137
Çizelge 3.24. Octree hacim mesh analiz sonuçları ve test ölçümleri arasındaki hata oranları	137
Çizelge 3. 25. Deney ve simulasyon sonuçlarının karşılaştırılması	141
Çizelge 3.26. Termokupulların yerleştirildiği konumlardan alınan sıcaklık değerleri	145
Çizelge 3. 27. Farklı hacim eleman sayılarına göre elemanların dağılımı	147
Çizelge 3. 28. Eleman sayısına göre analiz sonuçları ve ölçüm sonuçları	148
Çizelge 3. 29. Eleman sayısına göre analizlerin hata oranı	148
Çizelge 3. 30. Eleman sayısına göre analizlerin çözüm süreleri	148
Çizelge 3. 31. Termokupulların far üzerinde yerleştirildiği konumlar	153

Çizelge 3. 32.Termokupulların yerleştirildiği koordinatlar	153
Çizelge 3. 33.Termokupulların yerleştirildiği konumlar	154
Çizelge 3. 34.Eleman sayısına göre analiz sonuçları ve ölçüm sonuçları	155
Çizelge 3. 35.Eleman sayısına göre analizlerin hata oranı	155
Çizelge 3. 36.Eleman sayılarına göre termokupul bağlı 5 farklı noktanın simulasyon sonucu	160
Çizelge 3. 37.Eleman sayılarına göre hata oranları	160
Çizelge 4.1. Hava için kullanılan basitleştirilmiş doğal taşınım bağıntıları	172
Çizelge 4.2.Değişen çevre sıcaklığına göre parametrelerin değişimi	233
Çizelge 4.3. Kanatçık çeşidine göre Tj değerleri	236
Çizelge 4.4.Değişken iç hava sıcaklığına bağlı parametrelerin değişimi.....	240
Çizelge 4.5.Değişken yüzey sıcaklığına bağlı parametrelerin değişimi	240
Çizelge 4.6.%50 izafi neme göre parametrelerin değişimi	240

1.GİRİŞ

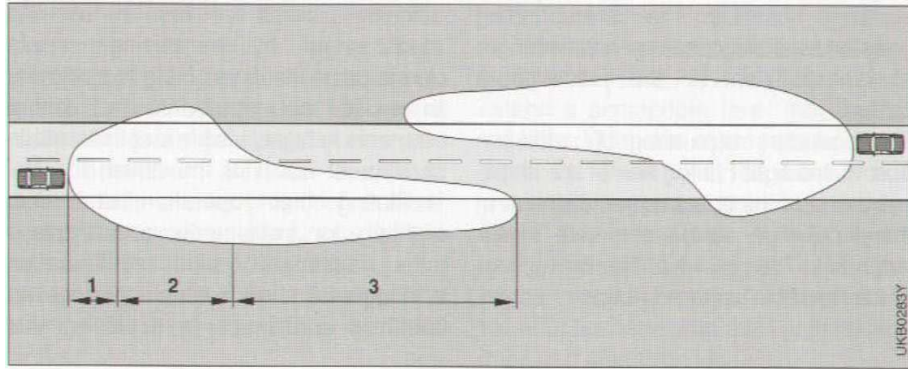
İlk motorlu araçlar 19. yüzyılın sonlarında görülmeye başladığı sıralarda araç aydınlatma teknolojisi otomotiv endüstrisi içinde küçük bir role sahipti. Gece sürüşlerinin tehlikeli sayıldığı o günlerde aydınlatmaya ilk adım mum ışığından faydalanarak başlamıştır. Otomobilde dinamonun 1908’de kullanılmaya başlanması ile birlikte elektrikli ampuller de kullanılmaya başlandı. Bu ampullerin en kötü yanı aniden ve sıkça bozuluyor olmasıydı. Farda ışığı yola direkt olarak yansıtan parabolik aynalar kullanılıyordu. Işığın dağılımı o kadar kötüydü ki, gece karşılaşan iki otomobilden biri durmak zorunda kalıyordu (Bauer 1999). İlk aydınlatma cihazlarından biri Şekil 1.1’de görülmektedir. Bosch tarafından geliştirilen bu modül dört ana parçadan oluşmuştur (Wulf ve Reich 2002).



Şekil 1.1. İlk araç aydınlatma sistemi (Bauer 1999)

Sonraki yıllarda ilk reflektörler tasarlandı. Parabolik aynalardan oluşan bu yapılar, önceki teknolojiye göre yolu daha rahat görmeye ve gece sürüşlerini daha az tehlikeli hale getirmiştir. Daha çok bir fener görevi yapan bu aydınlatma şeklinde ampul odak noktasından çıkan ışık, yansıtıcı parabol aynalar vasıtası ile yola yansımaktaydı. Yansıtıcı yüzey ve ampul koruma görevi yapan cam lensler mevcuttu. Bu aydınlatma sistemlerinde uzun ve kısa hüzmeye ayarları yapmak mümkün değildi. 1911 yıllarının başında sürüş güvenliğini adım adım iyileştiren ve daha uygun görüş alanı oluşmasını sağlayan özel kaplamalı metal reflektörler geliştirilmiştir (Bauer 1999). Özel kaplamalı metal reflektör ve yeni ampul soketlerinin kullanılmaya başlanması ile bu reflektörlerde daha gelişmiş odaklama ayarları yapılabilir hale geldi. (Wulf ve Reich2002).

Bu gelişmeler doğrultusunda ampuller günden güne daha parlak olmaya başladı. Bunun sonucu olarak gece sürüşlerinde sürücü gözünü alma gibi problemler ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu sorun özellikle yolun ıslak olduğu zamanlar kazalara neden olmaktadır. Bunun üzerine yapılan çalışmalar yoğunlaşmış (Bauer 1999) ve 1919 yılında kısa ve uzun far için ayrı ayrı reflektörler kullanılmaya başlanmıştır. Bu düzenleme ile birlikte ışığın dağılımı sorunu da kısmen çözülmüş oldu. İlerleyen yıllarda Ar-Ge çalışmalarının devamlılığı ile kısa ve uzun far ışığının aynı reflektörde üretilmesi için yapılan çalışmalar sonuç vermeye başladı (1925). Böylece maliyet daha da azaltılabilecekti. Aynı yıllarda ilk stop lambası kullanılmaya başlandı (1926) (Wulf ve Reich 2002). Değişen hava koşullarına göre yolun daha iyi aydınlatılması için ilk ön sis farı kullanılmaya 1931 yılında başlandı. Sis farı özel optik yapısı ile kısa farın aksine yüzeyi aydınlatıyor, ışığın sisten geri yansımalarını engelleyebiliyordu. Otomotiv sektöründeki gelişmeler, araçların daha hızlanması, artan trafik yoğunluğu araç aydınlatma sistemlerinin yetersiz kalmasına sebep oluyordu. Özellikle ampul üretici firmalar daha fazla aydınlatma yapabilen ampuller bulmak için daha fazla rekabet eder oldular. Bu yıllarda uzun hüzmeye aydınlatma alanını karşıdan akan trafiği tehlikeye atmamak için 1945 yılında asimetrik ışık deseninin kısa farlarda kullanılmaya başlanması ile yolun sağ tarafına daha fazla ışık yansıtılması sağlanarak karşıdan gelen trafiğin üretilen ışıktan rahatsız olması engellendi (Şekil 1.2) (Bauer 1999, Wulf ve Reich 2002).



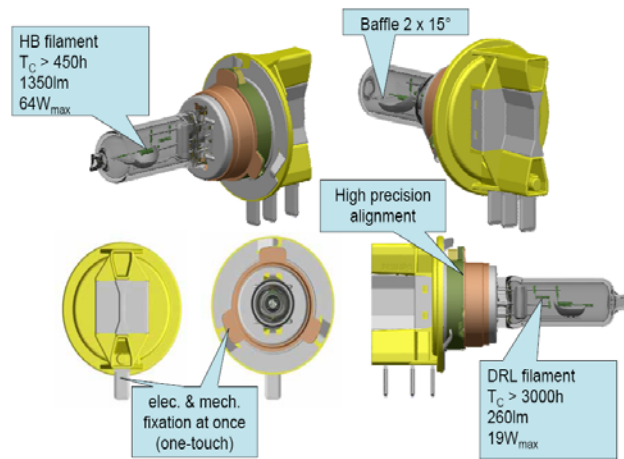
Şekil 1.2. Asimetrik ışık dağılımı (Bauer 1999)

Bilinen ilk sürüşe uyumlu far, 1948 yılında ABD'li Preston Thomas Tucker tarafından üretilen Tucker Torpedo'da (Şekil 1.3) kullanılmıştır. Ortada bulunan üçüncü far ön tekerleklerin açısına bağlı olarak sağa-sola dönebiliyordu.



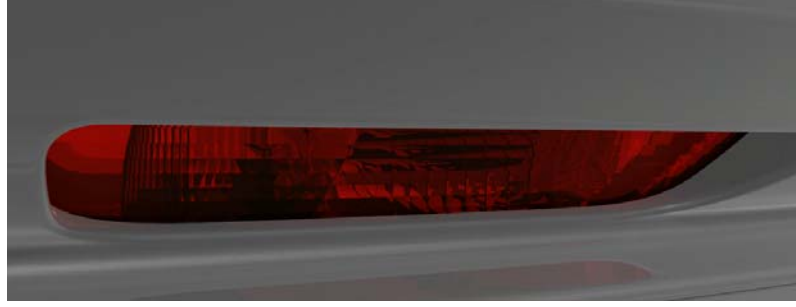
Şekil 1.3. 1948 model Tucker Torpedo (Bauer 1999)

1958’de Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu (UNECE), yayınladığı tüzükler ile üye ülkeler tarafından uyulması gereken otomobil aydınlatmasının tüm standartlarını belirledi (Wulf ve Reich 2002). İlerleyen yıllarda üretilen ampullerin zamanla opaklık oluşturma sorunları ortaya çıkmaya başladı. Bu ortaya çıkan donukluk problemi zamanla ampulün verimliliğini ve ömrünü azaltıyordu. Bu sorunları çözmek amacıyla araç aydınlatmasında ilk halojen ampuller (Şekil 1.4) 1962’de ilk olarak H1 modeli ile kullanılmaya başlamıştır. Çalışma prensibi olarak bir tungsten tel üzerinden akım geçmesi sonucunda ısınarak ışık vermesi mantığına dayanmaktadır. Bu esnada telin ısısı 3000 °C, ampulün metal socketinin ısısı 500 °C civarına kadar yükselmektedir. Ardından sırasıyla 1967 yılında H3, 1971 yılında ilk çift filamentli H4 ampulleri üretilmiştir.



Şekil 1.4. Tek ve çift filament (Bauer 1999)

1966'da arka sis farı kullanılmaya başlandı (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. Örnek arka sis (Anonim 2013)

Araç aydınlatma sistemlerinde yeni bir dönemde, ayarlanabilir farların 1948 yılından sonra tekrar ve daha uygunabilir yöntemlerle otomotiv dünyasına girmesiyle başlamıştır. Avrupa'da bu konuda ilk ilerleme Fransa'da kaydedildi (Moore 1998). 1967'de makyajlanan Citroen DS'te direksiyon yönüne göre dönebilen uzun farlar kullanıldı (Şekil 1.6). Bu sistem yasal sınırlamalardan dolayı sadece uzun farlarda kullanılabildiği için diğer üreticiler tarafından pek ilgi görmedi.



Şekil 1.6. 1967 model Citroen DS (Bauer 1999)

1971 Yılında kullanılmaya başlayan H4 çift filamentli ampuller hem kısa hem uzun hüzmeye için kullanılmaya başlamıştır. Otomotiv endüstrisi kendi içinde ilerlemesine devam ederken tıp dünyasında yapılan bir araştırma, araç aydınlatma sistemlerine yeni bir kapı açmış oldu. Bir psikolog tarafından yapılan araştırmada 3.stop lambasının gerideki sürücüyü daha iyi uyaracağını tespit edilmiştir. Bu araştırma sonuçlarına göre otomobil aydınlatma sistemleri 1974 yılında 3. stop lambasıyla tanışmıştır (Şekil 1.7) (Moore 1998).



Şekil 1.7. Üçüncü stop (Moore 1998)

1983 yılında Elipsoidal far üretildi. 1988’de free form far üretildi. Ampul teknolojisinin gelişmesiyle çift filamentli H4 ampullerden sonra ilk defa H7 ampuller 1992 yılında üretildi. Bu dönemde ilk Xenon far BMW 7 serisinde uygulandı. Ledli 3. stop lambası ilk defa BMW 3 Cabrio'da kullanıldı. Son yıllara gelindiğinde araç aydınlatma sistemleri gelişim hızını arttırarak günümüze kadar teknolojik anlamda büyük mesafeler katetti. Özellikle 90’lı yılların başlarından günümüze olan gelişmeleri özetleyecek olursak şunları söyleyebiliriz (Moore 1998).

1993 yılında şeffaf ön camlı free form far üretildi. 1997 yılında mavimsi ışık veren ampuller ve Xenon gazı içeren yüksek performanslı halojen ampuller üretildi. 1999’da H8, H9, H11 ampulleri üretildi. 2000 senesinde Bi-Xenon far ilk defa Saab 9.5 serisinde kullanıldı. 2001 yılında merkezi aydınlatma sistemlerinin ilk denemeleri gerçekleştirildi. Bu sistemde otomobil içinde merkezi olarak bulunan Xenon ampulünün ışığı fiberoptik kablolarla farlara dağıtılmaktaydı (Moore 1998). Statik ve dinamik dönebilen farların geliştirilmesi 2002’de tamamlanmıştır. Bu sistemde far ışıkları direksiyon pozisyonu ve virajın durumuna göre 15° açı ile yön değiştirebiliyordu. 2003 yılında dönen farlar Avrupa ülkelerinde kullanılmak üzere onay aldı. Ledli park ve gündüz sürüş farı (DRL) ilk defa Audi A8’de kullanıldı. Statik ve dinamik dönebilen far ilk defa Opel Signum’da birlikte kullanıldı. 2005’de yasal yeterliliğe sahip ilk LED’li kısa far prototipi üretildi. 2007 senesinde bütün fonksiyonları LED’le çalışan far ilk defa Audi R8’de kullanıldı (Bauer 1999).

Bütün bu gelişmelerin ardından artan araç hızlarıyla kombine olmuş sürekli artan trafik yoğunluğu, sürücülerin ihtiyaçlarının ve sürüş koşullarının sürekli değişimi araç aydınlatması ile ilgilenen firmalar için oldukça detaylı çalışmayı beraberinde getirdi.

Sürücülerin potansiyel sürüş koşullarının değişimine ve korunmasına karşı sürekli bir gelişme içinde olması gereken aydınlatma sistemlerinden beklenen yol üzerinde değişen koşullardan bağımsız aydınlatma görevini yapması, sürücünün görüş açısını hava ve diğer koşullara rağmen koruması, gece sürüşlerinde ayrıca bir güvenlik elemanı olması araç aydınlatma sistemlerinin önemini giderek arttırmaktadır. Günümüzde ön ve arka aydınlatma elemanları olarak ikiye ayrılan araç aydınlatma sistemleri temel olarak “Gör ve Görül” kuralına uygun çalışmaktadır. Bu nedenle araç aydınlatma cihazları son yıllarda sadece gece görüşü için değil (Derlofske ve ark. 2007) aynı zamanda bir güvenlik elemanı haline gelmiştir (Honeywill 2007). Tasarım anlamında aydınlatma sistemleri Ön aydınlatma ve arka aydınlatma anlamında incelenecek olursa, ön aydınlatmanın öncelikli görevi yolu aydınlatmak, sürücünün yolu değişen koşullara göre görebilmesini sağlamak ve bütün bunları zamanında yapmaktır. Ayrıca karşıdan gelen trafiğe karşı aracın tanınmasını sağlamaktadır. Arka aydınlatma ise arka trafikte farkındalık oluşturmak ve durumunu belirtmek görevindedir (Bauer 1999, Wulf ve Reich 2002, Moore 1998).

Araç aydınlatma sistemlerinin ısı analizleri ve aydınlatma elemanlarının sıcaklık dağılımlarının tespiti üzerine yapılan araştırmalara ihtiyaç duyulmasının temel bazı sebepleri mevcuttur. Bu sebepler araç aydınlatma sistemlerinin tasarım ve stil anlamında sürekli geliştirilmesi, düşük maliyetli plastik malzemelerin otomotiv sektörüne girmesi ile direkt olarak ilgilidir. Araç aydınlatma sistemlerinde plastik malzeme kullanımının artması ve aydınlatma elemanı içinde sıcaklık üreten bir kaynağın olması nedeniyle; araç üzerinde plastik malzemelerin deformasyonu söz konusu olmuştur. Araştırmalar sonucunda sıcaklık dağılımlarının doğru tahmin edilebilmesi, gerçeğe yakın değerlerin analizler sonucu elde edilebilmesi tasarım ve maliyet açısından avantajlar sağlamaktadır. Özellikle aydınlatma elemanlarını oluşturan bileşenlerin üzerinde oluşan sıcak noktaların belirlenmesi, bileşenlerin sıcaklık dağılımına göre dayanıklılığının tespiti son yıllarda oldukça dikkat çeken ve üzerine araştırma yapılan bir konu haline gelmiştir. Konu üzerine yapılan doğru araştırmalar özellikle tasarımda etkisini göstermektedir. Tasarımı ve stili doğrudan etkileyen sıcaklık dağılımının doğru hesaplanması yüksek maliyetli prototip üretiminin de önüne geçmektedir (Bauer 1999, Wulf ve Reich 2002, Moore 1998).

Bu doktora çalışmasının hedefleri:

Malzeme teknolojisindeki gelişmeler, otomobil sektöründe yoğunlukla kullanılmaya başlanan plastik malzemeler ve bu malzemelerin araç aydınlatma ürünlerinde kullanılması, araç üreticilerinin maliyet düşürme politikaları araç aydınlatma ürünlerinde gerek maliyet, gerek Ar-Ge anlamında daha fazla çalışılması gerektiğini ortaya koymuştur. Çalışmada araç aydınlatma sistemlerinin temel problemi olan sıcaklık problemi sonlu hacimler metodunu kullanan hesaplamalı akışkanlar mekaniği (CAE) yöntemiyle analiz edilmiş ve tasarıma yön verilmiştir.

1. Çalışmada öncelikli olarak aydınlatma cihazlarında ısıl analizi için gerekli olan geometrik özellikler belirlenecektir. Uygun eleman yapısının ve kalitesinin yakalanması için geometride yapılacak olan temel değişiklikler prensip haline getirilmiştir.
2. Geometrik olarak hazırlanan verilerin uygun eleman yapısına bölünmesi için, eleman yapılarının uygunluk çalışması deneysel ve nümerik (sayısal) analiz sonuçların karşılaştırılması ile yapılmıştır.
3. Deneysel sonuçları ile en uygun yaklaşımı veren eleman yapısına göre öncelikli olarak örnek ön aydınlatma elemanı için eleman sayısından bağımsız çözüm elde edilmiştir.
4. Belirlenen eleman sayısına göre alınan sonuçlarda ön aydınlatma elemanı içinde sıcak havanın akış karakteristiği incelenecektir. Isı kaynağı ampul çevresindeki havanın akışı aydınlatma elemanı içinde ısının yayılış şekli detaylı olarak incelenmiştir.
5. Aydınlatma elemanı içinde bulunan Alüminyum kaplı, şeffaf ve siyah yüzeylerin iç hacimde olan ısı transferine karşı davranışları incelenecektir. Her parça için temel davranış prensipleri oluşturulmuştur.
6. Belirlenen prensipler örnek projeye uygulanacak kabul edilen şartların doğrulanması yapılmıştır.
7. Çalışma ön aydınlatma, arka aydınlatma ve sis aydınlatma ürünleri için ayrı ayrı yapılmıştır.
8. Doğrulama çalışmalarında belirlenen prensipler kullanılarak, analizler ve testler sonucunda ürünlerde sıcaklık problemleri ortadan kaldırılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

Otomobiller üzerinde kullanılan ön aydınlatma ve arka görünürlük sistemleri birbirinden farklı görevlere, malzemelere ve çalışma prensiplerine sahiptir. Ön aydınlatma elemanlarının temel görevi trafikte yol aydınlatması iken arka görünürlük sağlayan elemanların görevi daha çok trafiğe farkındalık ve yön bildirmektir. Ön ve arka ışık kaynakları aynı zamanda birer güvenlik parçasıdır. Kötü hava koşullarında görüşü sağlayan, trafiğe kendini farkettilen sistemler çalışmada ön aydınlatma, Arka görünürlük ve sis farları olarak incelenmiştir.

2.1 Araç Ön Aydınlatma Elemanının Detaylı İncelenmesi

Araç ön aydınlatma elemanlarının en önemlisi ön aydınlatma farlarıdır (Şekil 2.1). Ön aydınlatma farları trafikte farkındalık oluşturmanın yanı sıra en önemli görevi olan aydınlatmayı da sağlamak zorundadır. Trafikin yoğunluğu, hava şartlarının kötü oluşu çalışmasını engellemelidir. Arkada bulunan arka far elemanlarından farklı aydınlatma görevi yapmaları ve sis ve arka aydınlatma ürünlerine nazaran daha büyük hacime sahip olmalarıdır. Aydınlatma birinci görevi olduğu için güçlü ampuller kullanılır. Güç ile doğru orantılı olarak iç hacimde yüksek sıcaklıklara neden olurlar. Sis ve arka farlara göre kullanılan malzemeler bakımından daha yüksek dayanım sıcaklığına sahip malzemeler kullanılmalıdır. Uzun hüzme, kısa hüzme, pozisyon, sinyal, DRL (day time running lamp) olmak üzere belli başlı fonksiyonları içermektedir. Ön aydınlatma elemanlarında DRL fonksiyonunun görevi aynı arka farlarda olduğu gibi özellikle gün ışığında karşı trafikte farkındalık oluşturmaktadır. Çoğu zaman çift filamanlı ampul seçimi ile uzun hüzme ya da kısa hüzme fonksiyonuyla ortak kullanılır (Anonim 2009, Anonim 2012).

Ön farlarda tasarım durumuna göre fara dahil ya da hariç yan ve arka trafiğe farkındalık oluşturacak yan işaret lambası (side marker) yerleştirilir. Ön farlar kullanılan ışık kaynağına göre çeşitlenirler. Arka farlarda ve sis farlarında kullanılan ışık kaynakları genelde halojen ampuller iken, ön farlarda Xenon, Bi-xenon ve halojen olmakla birlikte bir çeşitlenme söz konusudur. Son yıllarda LED teknolojisindeki gelişmelerle birlikte

LED’li yapıların kullanımı söz konusu olmuştur. Öncelikle ön farların içinde genel itibari ile varolan fonksiyonları ve montaj kurallarını incelenmiştir.



Şekil 2.1.Örnek ön aydınlatma farları (Anonim 2012)

2.1.1 Ön aydınlatmanın içerdiği fonksiyonlar

Uzun hüzme: Uzun hüzme fonksiyonu trafikte sürekli açık olmayan bir fonksiyondur. Karşı trafikte şoförlerin gözünü almakta ve tehlike oluşturmaktadır. Genelde aydınlatma olmayan şehirler arası yollarda, uzak mesafeleri aydınlatmak amacı ile kullanılan fonksiyondur. Uzun hüzme ampulleri güçlü ampullerdir. Far içinde oluşan ısının ana kaynaklarından biridir. Rengi beyazdır ve araçta 2 veya 4 adet kullanılırlar.

Kısa hüzme: Kısa hüzme fonksiyonu hava karardığında kullanılan uzun hüzmeye göre daha az mesafe aydınlatabilen ve karşı trafiğin gözünü almayan bir fonksiyondur. Kısa hüzme ampulü uzun hüzmeye göre daha az güç çeken ampuldür. Rengi beyazdır ve araçta 2 adet bulunur.

Pozisyon fonksiyonu: Pozisyon fonksiyonu ön far ile yanan ve sürekli açık olan fonksiyondur. Trafik için aracın sınırlarının bilinmesini sağlar. Rengi beyazdır ve araçta 2 adet bulunur.

Sinyal: Sinyal fonksiyonu trafikte yön değiştirmelerde kullanılır. Sürekli açık olmayan sinyal fonksiyonu sarı ve turuncu renklere de olabilir. Rengi beyazdır ve araçta 2 adet bulunur.

Yan işaret lambası (Side marker): Yan işaret lambası olarak adlandırılan fonksiyonda belirli açılarda ve ölü nokta olarak adlandırdığımız bölgelerden karşı trafiğin aracı farketmesi için yerleştirilen daha çok güvenlik özelliği önde olan fonksiyondur. Yukarıda bahsi geçen fonksiyonların araç üzerine montaj şartları ve diğer özellikleri aşağıda verilmiştir.

2.1.2. Aydınlatma şekillerine göre ön farlar

2.1.2.1.Halojen Aydınlatma Sistemleri

Halojen ampullerin içine halojen, iodyen, bromine ve diğer gaz karışımları doldurulmuştur. Tungsten tel üzerinden akım geçmesi sonucunda ısınarak ışık verir. Bu esnada telin ısısı 3000 °C, ampulün metal soketinin ısısı 500 °C civarına kadar yükselmektedir. Arka stoplar, sinyaller, plaka ışıkları, araç içindeki harita okuma lambaları hep halojen temellidir. Piyasadaki araçların %80 gibi büyük bir çoğunluğunda hala halojen temelli aydınlatma ürünleri kullanılmaktadır. Halojen ampuller çeşitli şekillerde bulunabilir. Ön farlarda kullanılan ampuller genelde H tipiyle (H1-H3-H4 gibi) kodlanır. Eski tip bazı ampuller sadece rakamla da kodlanabiliyordu (9006-9005 gibi) ancak bunlar artık çok yaygın değildir. Araç üreticileri far tasarımlarına en uygun ampul tipini belirlerler. Her ampul tipinin kendine göre avantajları ve dezavantajları bulunur. Yani en iyisi H4 ya da H1 tip ampuldür demek pek mümkün değildir. Otomobillerde genelde 55 watt gücünde halojen ampul kullanılır. 100-150 wattlık halojen ampuller de vardır ancak bunların kullanımı reflektörünüzün kararmasına sebep olacaktır. 55 wattlık halojen bir ampul genelde 1300-1600 lümen (ışık miktarı birimi) ışık verir. Bu değer ampulün tipine, performans ya da uzun ömür ampul olup olmasına göre değişebilir. Halojen ampulün içinde oluşan bu kimyasal aktarımlar, kullanıma ve üretime bağlı olarak ampulün ömrünü önemli ölçüde etkilemektedir (Anonim 2009, Anonim 2012). Halojen ampullerin davranışı, çektikleri voltajlarda değişir.

Normalden %5 fazla voltaj uygulandığında :

Verdiği ışık %15 artar

Harcadığı güç %8 artar
Ömrü yarı yarıya düşer
Normalden %5 az voltaj uygulandığında :
Verdiği ışık %15 azalır
Harcadığı güç %8 azalır
Ömrü iki kat artar

a. Halojen aydınlatma sistemlerinin avantajları:

Çok kısa ısınma süresine ihtiyaç duyarlar. Farlarınızı açtıktan 1 saniye sonra farlarınız maksimum gücüne ulaşmış olur. Bu durum kısa farlar için çok bir öneme sahip gözükmesine bile ayrı bir reflektöre sahip uzun huzmesinde hayati bir öneme sahiptir. Selektörde hemen tepki verir. Bu sebeple uzun farlarda bağımsız reflektör kullanan araçlarda sadece kısalara xenon takılabilir. Ucuzdur, her yerde bulunur. Ayrı bir ateşleyiciye, balasta ihtiyaç duymaz. Tak-çalıştır bir sistemdir. Patlayan bir ampülü kendiniz bile rahatça değiştirebilirsiniz. Xenon sistemlerin aksine, halojen bir far ömrünün sonuna kadar parlaklığını biraz kaybetse de aşağı yukarı aynı parlaklığı koruyacaktır.

b. Halojen aydınlatma sistemlerinin dezavantajları:

Işık gücü xenon sistemlere oranla daha düşüktür (Şekil 2.2).. Ömrü xenon sistemlere oranla daha kısadır.



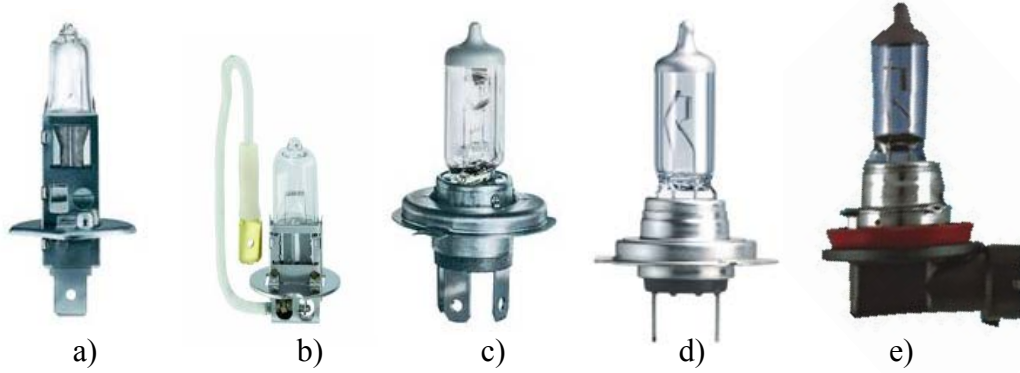
Şekil 2.2. Free form halojen far (Anomim 2011)

c. En yaygın Halojen ampul tipleri:

a) H1: Uzun-kısa ve sis farlarında kullanılabilir. Genelde sis farları ve uzun farlarda kullanılır. Ancak bazı araçların kısa farları da H1'dir (Fiat Bravo gibi). Tek flamanlıdır. Uzun için ayrı, kısa için ayrı reflektörü olan araçlarda kullanılır (Şekil 2.3.a)).

b) H3: Genelde sis farlarında kullanılır. (Şekil 2.3.b)).

c) H4: Çift flamanlı bir ampuldür. Yani tek ampulün içerisinde 2 adet tungsten filaman bulunur. Bunlardan birisi kısa birisi uzun ışık huzmesi içindir. Yani uzun-kısa görevleri aynı ampule yüklenmiştir. Uzun far için bağımsız bir reflektör kullanmayan araçlarda kullanılır. (Şekil 2.3.c)).



Şekil 2.3.a) H1 b) H3 c) H4 d) H7 e) H11 (Anonim 2011)

d) H7: Genelde kısa farlar için kullanılır. Tek flamanlıdır. (Şekil 2.3.d)).

e) H11: Genelde sis farlarında kullanılır. Kısa farlarda da kullanıldığı görülebilir. Tek flamanlıdır. (Şekil 2.3.e)).

d. Halojen temelli far tipleri:

a) Parabolik tip farlar:

Bu tip farların camları desenlidir. Işık dağılımı reflektörün yanı sıra desenli olan bu cam vasıtasıyla ayarlanır. Eski tiptir. Artık kullanılmamaktadır.

b) Free Form tip farlar:

Günümüzde hala en sık kullanılan far tipidir (Şekil 2.4). Far camı tamamen şeffaftır ve üzerinde hiçbir desen yoktur. Işık dağılımı tamamen reflektör sayesinde ayarlanır. Parabolik camlı farlar çoğunlukla kare-dikdörtgen ağırlıklı tasarımlara izin verirken free form camlı farlar sayesinde üreticiler daha özgür bir şekilde far tiplerini tasarlayabilmişlerdir.



Şekil 2.4..Free form farlar (Anonim 2013)

c) Merceкли farlar (PES Modüllü farlar):

Görünüş itibari ile xenon farlara benzeyen fakat halojen ampul kullanılan farlardır. Xenon farların yapısında da yer alan PES (Polyellipsoidal) modül kullanılarak PES modüllerin avantajları estetik anlamda araca xenon far görünümü kazandırmakla birlikte ısı anlamında da fara avantaj sağlamaktadır (Şekil 2.5). PES modülün merceği cam olup yüksek sıcaklık dayanımına sahiptir. Bu da lens üzerine ışınım ile toplanacak ısının belirli bir miktarının engellemektedir. PES modül içinde kullanılan galvaniz çelikler ise ısıyı üzerlerine toplamaktadır. Böylelikle sıcaklığı üzerine soğurmaktadır.



Şekil 2.5. PES (Polyellipsoidal) modül (Anonim 2013)

2.1.2.2.HID (Xenon-Bi Xenon) Aydınlatma Sistemleri:

HID (High Intensity Discharge), yani yüksek yoğunluklu boşaltım anlamına gelmektedir. Bir çok alanda kullanılır. Otomotiv aydınlatmalarının yanı sıra sokak lambalarında, büyük sabit spotlarda da kullanılmaktadır. Otomotiv sektöründeki HID sistemlere genel olarak xenon denmesinin sebebi ampulün içerisinde bulunan xenon gazıdır. Sokak lambalarında ve spotlarda argon gazı bulunur. Bu sebeple ısınıp tam güce ulaşmaları dakikalar sürer. Otomotiv sektöründe xenon gazının kullanımı da bu sebeptedir (Şekil 2.6 a). Xenon gazı sayesinde HID sistemler maksimum güce ve parlaklığa saniyeler içerisinde ulaşabilir.

Xenon sistemler genel olarak 3 parçadan oluşur: Ampul, ateşleyici ve balast. Ampul tipine göre ateşleyici ampule entegre olabilir ya da olmayabilir. Balast ise basitçe anlatmak gerekirse xenon ampulünün ateşlenmesi için gereken yüksek akımı sağlayan ve ampulün yanık kalması için gerekli beslemeyi yapan parçadır. Otomobil üreticileri 35 watt gücünde xenon kullanırlar. 35 watt D1S-D2S ampuller 3000-3200 lümen ışık yayarlar. Yani halojen farlardan 2 kat güçlüdürler.



Şekil 2.6.a)Xenon far modülü b)Bi-xenon far modülü (Anonim 2013)

Sadece kısalar için xenon sistem kullanan araçların yanı sıra bi-xenon far olarak adlandırdığımız kısa ve uzun hüzmelerin bir fonksiyonda toplandığı aydınlatma

sistemine sahip araçlar da vardır. Bi-xenon sistem araçlarda uzun-kısa genellikle tek mercekle üzerinden gerçekleşir (Şekil 2.6 b).

a. Xenon Aydınlatma Sistemlerinin Avantajları:

Halojen far ampullerinden 2 kat daha fazla ışık yayarlar. Ömürleri halojen ampullerden yaklaşık 3.5 kat daha fazladır. Renk seçenekleri daha fazladır.

b. Xenon Aydınlatma Sistemlerinin Dezavantajları:

Aydınlatma kalitesini ampul haricinde balast da etkiler. Xenon ampuller halojen ampullere göre çok daha pahalıdır. Örneğin Osram marka standart bir H1 ampul 7-10 TL arasına bulunabilirken, Osram marka D2S ampul yaklaşık 160 TL, D1S ampul yaklaşık 200 TL'dir. Aynı zamanda balastlar da yüksek fiyatlıdır (Sıfır, AL-Bosch marka bir balastın tanesi 500 TL civarındadır. 2 tane gerekir). Dolayısıyla herhangi bir parça bozulduğu zaman değiştirmek çok masraflıdır. Ömürleri 3000 saat civarı olmasına rağmen, teorik ömrünün yarısına gelen bir xenon ampul parlaklığının neredeyse %50'sini kaybedecektir. Yani 1500 saat yanma süresine sahip bir D2S ampul, halojen ampullerle aşağı yukarı aynı güçte yanacaktır.

2.1.3 Ön Aydınlatma Farlarında Kullanılan Ana Parçalar ve Malzemeleri

a) Lens: Ön aydınlatma farlarında kullanılan dış lensler için sert kaplama prosesi kullanılır. Ön farlar trafikte farkındalık oluşturma görevinin yanı sıra yolu aydınlatma görevini birincil olarak yerine getirmektedir. Trafikte çalışmaması büyük tehlike oluşturacağı için lensin dış etkilere karşı dayanıklı olması gerekir. Ayrıca içeride oluşan sıcaklık sebebiyle estetik yönden de zarar görmesi istenmeyen parçadır. Malzeme olarak genel itibari ile PC kullanılmaktadır.

b) Reflektör: Reflektörler ışığı yola yayan, üzerlerinde optik yüzeylere sahip parçalardır. Isı kaynağının taşıyıcısı durumundadırlar ve yüksek sıcaklıkta çalışmaları söz konusudur. Bu yüzden yansıtıcı özelliklerinin bozulmaması gerekir. Genelde BMC

malzemesi kullanılır. Isı dayanımı yüksek bu malzeme reflektörler için şu an en uygun malzeme konumundadır.

c) Gövde: Gövde farın bütün iç bileşenlerini taşıyan rijit olması gereken sıcaklık etkisi ile geometrisinin değişmemesi istenen parçadır. Gövde üzerindeki bağlantı noktalarından araca bağlandığı için titreşime dayanıklı, dış darbeleri sönümleyen bir yapısının olması istenir. Sıcaklık etkisi ile plastik deformasyon yaşamaması istenir. Malzeme seçiminde genellikle ön aydınlatmada PP GF 30 malzemesi seçilmektedir.

d) Estetik çerçeve: Estetik çerçeve gövde içinde yerleştirilmiş bileşenlerin dışarıdan görülmesini engellemek için kullanılan, adı gibi estetik bir parçadır. Fakat üzerinde oluşacak bir deformasyon aracın görünümünü olumsuz etkileyeceği için malzeme seçimi açısından önemli yer tutmaktadır. Ön aydınlatma ürünlerinde genel itibari ile PBT malzeme seçimi yapılır. Eğer sıcaklık değerleri yüksek ise PC HT denilen yüksek sıcaklığa dayanan plastik malzemeler kullanılır.

Ön aydınlatma farları arka ve sis farları için daha karmaşık ve çeşitlidir. Isıl davranışlarının tespitinde farın hangi çeşit far olduğu kullanılan ampuller doğru şekilde tanımlanmalıdır. Bütün bu sınıflandırma ve ürün analizinden sonra ısıl analiz için doğrulama çalışmaları yapılarak ısıl analize ilk adım atılır.

2.2. Araç Arka Görünürlük ve Aydınlatma Farının İncelenmesi

Arka aydınlatma farları ön aydınlatma elemanlarına nazaran daha çok farkındalık oluşturmak için kullanılan farlardır (Şekil 2.7). Bu yüzden güvenlik anlamında daha önemlidirler. Genelde renkleri kırmızı ve turuncu üzerinde yoğunlaşır çünkü bu renklerin oluşturduğu farkındalık beyaz renge nazaran daha yüksektir. Sis farları küçük bir hacimde sadece bir ampulden oluşurken, arka aydınlatma sistemleri bir hacim içinde stop, sinyal, pozisyon, geri vites ve geri sis gibi fonksiyonları içerir. Şartnamelere göre geri sis ve geri vites fonksiyonları sadece birer adet olabileceğinden bu fonksiyonlar arka tamponun yere yakın yerine sağa ve sola olmak kaydıyla birer adet

yerleştirilebilirler. İç hacimde farklı ve birden fazla ampul, yani ısı kaynağı olduğu için ısıl problemleri sis farlarına göre daha fazladır.



Şekil 2.7. Arka aydınlatma elemanları (Anonim 2012)

Arka aydınlatma farlarında yukarıda bahsedilen fonksiyonlara ek olarak ampul içermeyen ama yansıtıcı özelliği kullanılarak arkadan gelen araçlarda farkındalık oluşturan refleks adı verilen ayrı bir fonksiyon vardır. Bu fonksiyon bir arıza sırasında arkadan gelen araçların öndeki aracı farketmeleri içindir. Arka aydınlatma elemanlarında geri vites ve geri sis fonksiyonu bir adet bulunabilmekte fakat diğer fonksiyonlardan 2 adet bulunması şart koşulmaktadır.

2.2.1. Arka Aydınlatma İçerdiği Fonksiyonlar

a) Pozisyon fonksiyonu: Pozisyon fonksiyonu ön far ile yanar ve sürekli açık olan fonksiyondur. Trafik otomobili farketmesi ve sınırlarını görmesi için kullanılır. Rengi kırmızıdır ve araçta 2 adet bulunmaktadır.

b) Stop fonksiyonu: Frenleme yapıldığında arkadaki trafiği uyararak sürekli açık olmayan fonksiyondur. Stop fonksiyonu 3. stop adı verilen ve otomobilin arka tarafında bagaj kapağı üzerine takılan ek bir fonksiyonla desteklenir. Rengi kırmızıdır. Araçta 3. stop dahil 3 adet bulunur.

c) Sinyal fonksiyonu: Aracın yön değiştirmede arkadaki trafik tarafından farkedilmesini sağlayan fonksiyondur. Sürekli yanmamakla birlikte belli bir frekansta yanıp söner. Rengi sarıdır. Araçta 2 adet bulunmaktadır.

d) Geri vites fonksiyonu: Geri vitesin aktif durumda olduğunu arkadaki trafiğe uyarıcı fonksiyondur. Araç arkasında bir adet bulunması kafidir. Rengi beyazdır. Araçta 1 veya 2 adet bulunur.

e) Geri sis fonksiyonu: Sis farlarının aracın arkasına yerleştirilen türüdür. Ön sis farları güçlü ampullerden oluşurken arka sisler sadece farkındalık oluşturmak zorunda oldukları için sadece renkli ve renkli ışık ihtiva etmeleri yeterli olmaktadır. Rengi kırmızıdır. Araçta 2 adet bulunmaktadır.

f) Refleks fonksiyonu: Ampul içermeyen ve herhangi bir ampul arızasında daha verimli görev yapan fonksiyondur. Refleks arka aydınlatma grubu içine yerleştirilen yansıtıcı bir lenstir. Arkadaki trafikten gelen ışığı farklı açıda yansıtıp arkadan gelen trafikte farkındalık oluşturur.

2.2.2.Arka aydınlatmada kullanılan ampuller

Arka aydınlatma fonksiyonları ECE 37 standardına göre seçilmektedir.

Fonksiyonlarına göre seçilen ampuller aşağıda yazılmıştır.

Stop: W21W, P21W

Geri sis: P21/4W, W21W, P21W, W21/5W, P21/5W.

Stop ve Pozisyon: P21/4W, W21/5W, P21/5W.

Pozisyon: W5W, T4W, C5W, R5W, R10W, P21W.

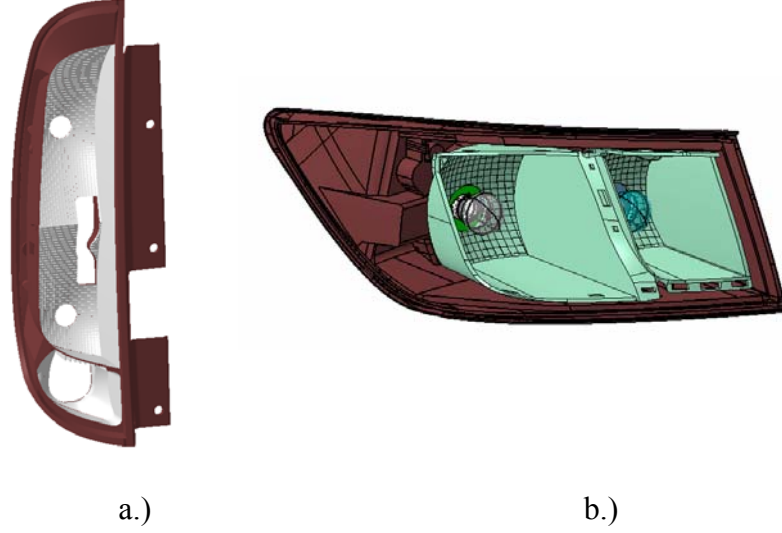
Geri vites: W16W, W21W, P21W, W21/5W, P21/5W

Sinyal: W16W, W21W, P21W, PY21W, H21W.

2.2.3. Arka aydınlatma sistemlerinin tasarım çeşitleri

Arka aydınlatma sistemleri ön aydınlatma sistemine göre daha basit, sis farlarına göre daha karmaşık yapıya sahiptir. Küçük bir hacim içinde 5-6 fonksiyonu içinde barındıran bir sistemin tasarımı da farklı şekillerde yapılmaktadır. Araç aydınlatma sistemlerinde lens, reflektör ve gövde ana parçalar halinde sıralanabilir. Bu parçalar arka aydınlatma

sistemlerinde de mevcuttur. Sadece tasarlanacak sisteme göre farklılaşabilmektedirler. Arka aydınlatma sisteminin temel elemanlarından bahsetmek gerekirse sırasıyla, lens, gövde, reflektör, estetik çerçeve ve ampul taşıyıcı olarak sıralayabiliriz. Ampul taşıyıcı genelde bütün arka aydınlatma sistemlerinde mevcuttur. Tasarımda farklılık reflektörün gövdeden ayrı olması ya da gövde ile aynı olması şeklinde ayrılır (Şekil 2.8).

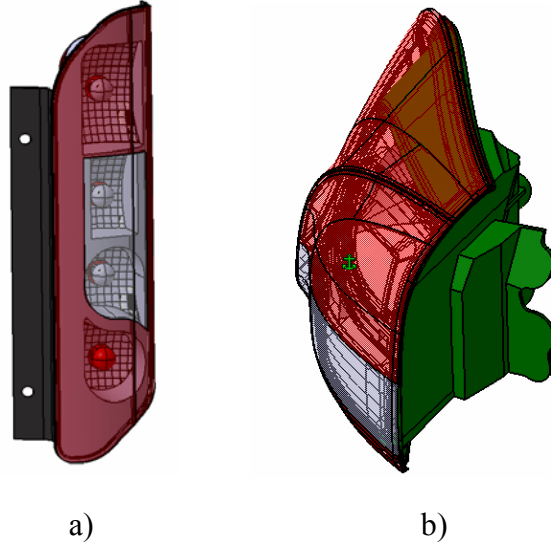


Şekil 2.8.a.) Gövde ile reflektörün bir parça içinde olması b.) Gövde ve reflektörün ayrı olması hali

Ana sanayi isteğine göre ve arka aydınlatma sisteminin karasore montaj şekline bağlı olarak bu tasarımlardan biri seçilir. Genelde ticari araçlarda gövdenin içinde yansıtıcı yüzey kullanılır. Binek araçlarda ise reflektör ve gövde ayrı ayrı tasarlanmaktadır. Her iki tasarımda, gövdeleri üzerindeki sabitleme noktaları üzerinden karosere monte edilmektedir.

a) Gövde ile reflektörün bir parça içinde olduğu sistemler: Araca montaj esnasından gövde üzerine yerleştirilmiş tutucular kullanılır. Bu yüzden ekstra parça tasarımı yapılmaz. Reflektör görevini yapan yansıtıcı yüzeyler gövde üzerine işlenmiştir (Şekil 2.8 a, Şekil 2.9 a).

b) Gövde, reflektör ve diğer parçaların ayrı olduğu tasarım: Bu tasarımlarda genelde bütün parçalar ayrıdır. Reflektör ve gövde ayrı parçalardır. Bu tasarım genelde ticari olmayan binek araçlarda kullanılır. Araca gövde üzerinden yada nadiren de olsa bir braket üzerinden montaj edilmektedir. (Şekil 2.8 b, Şekil 2.9 b).



Şekil 2.9.a) Reflektörün gövde içinde yer alan şekli b)Gövde, lens ve reflektörün ayrı olduğu şekli

2.2.4. Arka Aydınlatma Farlarında Kullanılan Parçalar ve Malzemeleri

a) Lens: Arka aydınlatma lambalarında kullanılan dış lensler için sert kaplama prosesi kullanılmasına gerek yoktur. Çünkü, arka stop lambasındaki lensin dış etkenlere karşı durumu ön fardaki lens gibi değildir. Stop lambasındaki dış lensler genelde PMMA olarak seçilmekte ve değişik renkler kullanılmaktadır.

b) Reflektör: Arka aydınlatmada genelde ayrı bir yansıtıcı kullanılmaz, gövde üzerine prizmalar yapılır ve gövde üzerindeki prizmalar yansıtıcı görevini alırlar. Genelde stop lambalarında sadece alüminyum kaplama prosesi kullanılır. Çünkü, gövde malzemesi olarak plastik malzemeler kullanılır. Plastik malzeme kalıplarının yüzey kalitesi oldukça iyidir ve sadece alüminyum kaplama yapılarak istenilen ışık dağılımı elde edilir. Bazı arka aydınlatma fonksiyonlarında daha önce bahsettiğimiz gibi ayrı olarak reflektör tasarlanabilir. Bu reflektörler için genelde yüksek ısı dayanımı olan PC malzemeleri kullanılmaktadır. Sıcaklığın etkisinin fazla çıkması hallerinde ise PA malzemesi tercih edilmektedir.

c) Gövde: Arka aydınlatmada gövde, hem araca sabitlemede hem de yansıtıcı olarak kullanılmaktadır. Stop lambalarında gövde lense sıcak kaynak ultrasonik kaynak veya

vibrasyon kaynağı kullanılarak birleştirilir. Sıcak kaynak yöntemi; gövde de oluşturulan kaynak seti yüksek sıcaklıklarda eritilir ve hemen lens ile sıkıştırılıp eriyen kısmın lense yapışması sağlanır. Vibrasyon kaynağı ise; gövde ile lens birbirlerine sürtünerek gövde ve lensin birbirine kaynaması sağlanır. Ultrasonik kaynak ise; gövde ile lens birbirlerine yüksek frekanslı ultra akustik sayesinde birbirlerine tutturulur. Stop lambalarının gövde malzemeleri, büyüklüğüne bağlı olarak ABS, PC/ABS veya PC olarak kullanılabilir. Eğer gövdenin hacmi az ise gövde üzerine konumlandırılan fonksiyonlar fazla ısınacak bu durumda da ısıya dayanıklı PC malzeme kullanılması gerekecektir. Stop lambalarının gövdeleri araç üretici istemlerine bağlı olarak siyah, kırmızı veya gri olarak kullanılabilir.

d) Ampul taşıyıcı: Ampul taşıyıcı parçası bütün arka aydınlatma ürünlerinde kullanılmaktadır.

2.3. Sis Farlarının İncelenmesi

Sis farları yağmur, sis, toz ve kar gibi kötü şartlarda, görüş mesafesinin en aza düştüğü şartlarda yol ve yol yüzeyini düşük hızlarda aydınlatan fardır. Görüşün azaldığı sisli, yağmurlu hava koşullarında yol yüzeyini, şerit çizgilerini ve işaretleri daha iyi görmeyi sağlar. Kısa ya da uzun far ışıkları yağmur veya sisteki yoğunlaşma nedeniyle parlak yansımalar oluşturduğundan verimli bir aydınlatma sağlanamaz. Islak bir yol yüzeyi ışığın %85'ini yuttuğu için sis farı otomobilde yere daha yakın (Şekil 2.10) bir noktaya monte edilerek yüzey aydınlatmasının etkisi artırılmaktadır.



Şekil 2.10. Sis farı (Anonim 2012)

Ön sis farları yolun üst bölgesinden keskin bir çizgiyle ile ayrılır. Yolun yüzeyinde geniş ve keskin bir görüş sağlar. Genel olarak sisli ve yağmurlu havalarda kullanılır ve montajı arabanın ön farının paralelinde aracın yola yakın kısmına yapılır. Işık tercihi olarak genelde beyaz veya sarı seçilir. Lakin bazı araçlarda sis farı kullanılmaz bunun birinci nedeni ülke farklılığıdır. İkinci nedeni ise kısa hüzmelin ayarlarının ECE standartlarına düşürülmesiyle kısa hüzmelin sis farı gibi kullanılmasına imkan sağlanabilmesidir. Bazı ülkelerde ise görüşün azalmasında büyük bir düşme olmadığı için sürücülerin gözlerini alması yüzünden kullanımı yasaktır (Örnek: İngiltere). Ön farda bulunan sürüş farları ile sis farları sık sık karıştırılır. Karışıklığı önlemek için sis farlarının renk seçimi değiştirilmez. Çünkü renkli ampul kullanımı ışık kırılmasına sebep olduğu için sis farları için de ön farda kullanılan ampul renkleri kullanılır. Bu yüzden üreticiler, yedek parça imalatçıları ön far ampulleri ile sis farı ampullerini birbirlerinin yerine kullanmaktadırlar. Bazı ülkelerde sis farı kullanımı için herhangi bir düzenleme mevcut değildir. Bu yüzden bazı ülkelerde sis farı kullanımı araçta sadece aracın estetik görüntüsü açısından önem arz etmektedir.

2.3.1. Sis farlarında kullanılan ampuller

Otomobil üreticileri sis farlarında, ECE R37'e uygun, boyasız ampul markalarını kullanılır (Şekil 2.11). Boyalı ampullerin kullanılması ve xenon kit takılması düzensiz ışık kırılmalarından dolayı karşıdan gelen sürücülerini zor durumda bırakacaktır.

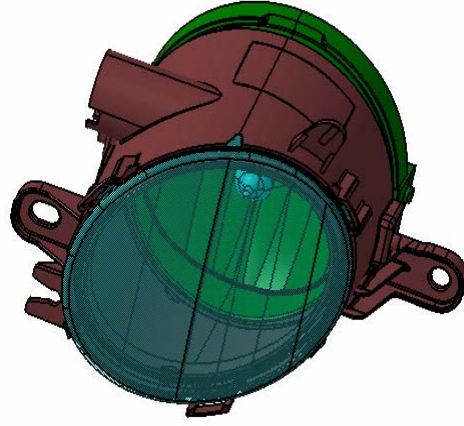


Şekil 2.11. Sis farlarında kullanılan ampuller (Anonim 2012)

2.3.2. Sis Farlarının Tasarıma Göre Çeşitleri

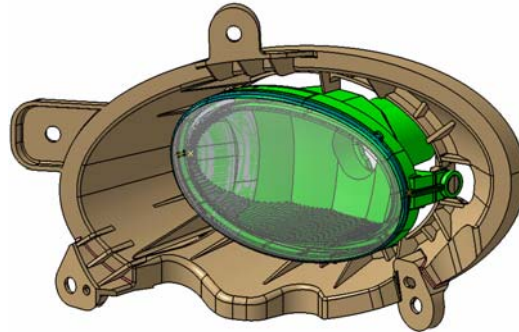
Sis farları tasarlanırken ön far ve arka stop farlarına göre daha kolay ve kısa bir süreçten geçmektedir. Sis farlarının bileşenleri genel itibari ile lens, gövde, reflektör ve araca montaj şekline göre braketten oluşmaktadır. Tasarım şekline göre sis farlarını şöyle sınıflandırabiliriz.

a) Reflektör, lens ve gövdeden oluşan sis farları: Araca montaj esnasında gövde üzerine yerleştirilmiş tutucular kullanılır. Bu yüzden braket tasarımı yapılmaz. Sadece bir reflektör , bir lens ve hem gövde, hem braket görevi yapan bir gövdeden ibarettir (Şekil 2.12).



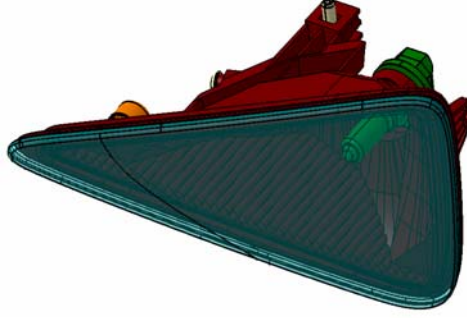
Şekil 2.12.Gövde, lens ve reflektörden oluşan sis farı

b) Reflektör, lens ve braketten oluşan sis farları: Reflektör ve lens biribine montaj halinde olup, braket bunları çevreleyecek şekilde tasarlanır. Braket araca montaj noktasında kullanılan bileşendir (Şekil 2.13).



Şekil 2.13.Gövde (iç yüzey reflektör) , lens ve braketten oluşan sis farı

c) **Sadece gövde ve lensten oluşan sis farları:** Bu tip farlarda reflektör gövdenin iç yüzeyidir. Ayrıca gövde braket görevi de Şekil 2.14’de görülmektedir.



Şekil 2.14. Gövde, lensten oluşan sis farı (gövde iç yüzeyi reflektör)

Ön sis farlarının araç üzerine yerleştirilmesi regülasyonların tanıdığı izinler çerçevesinde yapılır.

2.3.3. Sis farlarında kullanılan ana parçalar ve malzemeleri

a) **Lens:** Sis farlarının araç üzerinde yere yakın yerleştirilmesi nedeniyle dış etkenlere karşı dayanımı ön far ve stop farlarına göre daha fazla olmalıdır. Bu yüzden sert kaplama prosesi ile dayanıklılığı artırılmaktadır. Kullanılan ampullerin güçlü olması sebebi ile de lensin sıcaklığa dayanıklı olması gerekir. Bu yüzden sis farlarının lens malzemesinde sıcaklığa ve darbelere dayanıklı olma özelliği aranmaktadır. Genel olarak da cam ve yüksek sıcaklığa dayanıklı polikarbonat (PC HT) kullanılması tavsiye edilmektedir.

b) **Reflektör:** Reflektör sis farlarında ön ve arka farlarda olduğu gibi yansıtıcı yüzeyi içeren parçalardır. Sıcaklığa dayanımlarının yüksek olması gerekmektedir. Bu yüzden Alüminyum, PES, PC-ABS, Ultem gibi özel malzemeler kullanılmaktadır. Reflektör tasarımı optik açıdan belirlenen fakat ısıl analiz tarafından sınırlanan bir tasarımdır.

c) **Gövde:** Gövde daha çok reflektörü çevreleyen sis farının iç kesimini dış etkilerden koruyan bir parçadır. Bazı sis farlarında gövde braket yerine de kullanılmaktadır. Sıcaklıkla doğrudan temas ettiği tasarımlar genelde gövdenin iç yüzeyinin reflektör olarak kullanıldığı tasarımlardır. Bu nedenle reflektör ve gövdenin aynı olduğu

tasarımlarda gövde malzemesi olarak Alüminyum gibi sıcaklığa dayanıklı malzemeler kullanılır. Reflektör ve gövdenin aynı olmadığı durumlarda ise gövde malzemesi Grivory, PET GF 35, PBT gibi malzemelerden seçilmektedir.

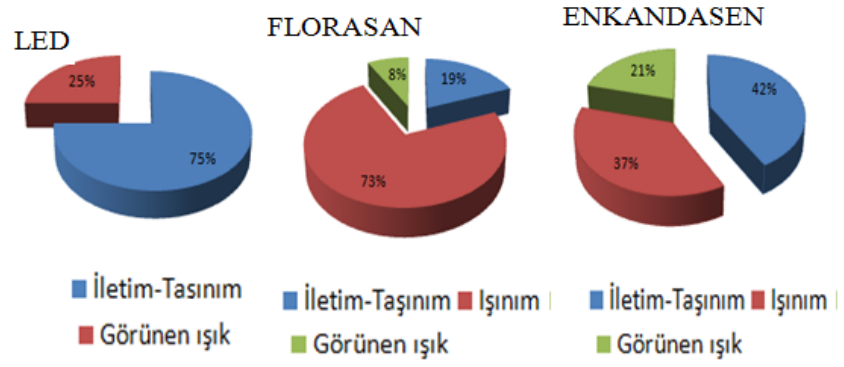
2.4 LED'li sistemler

LED (Light Emmitting Diode) sistemler daha önceden cep telefonu sektörü, araç iç aydınlatma sektörü gibi sektörlerde kullanılan elektronik yapılardır. Son yıllarda araç aydınlatma sektöründe düşük ışık çıkışının istendiği fonksiyonlarda yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Şekil 2.15). Geliştirilen power LED teknolojisi ile LED'ler artık araç aydınlatmasında hemen hemen her fonksiyonun yerine kullanılmaya başlamıştır. Halojenler, enkandesen ampul yapılarına nazaran oldukça avantajlı ürünlerdir. Ürettikleri ısı ve ışık gücü açısından halojen ampullere alternatif olmuşlardır. LED'lerin, kullanıma bağlı olarak 100.000 saate kadar ömrü olması, enerjiyi daha etkin kullanabilen LED'lerde sıcaklık 110 °C'den daha düşükken, halojen ampullerde 3000 °C, xenon ampullerde 700 °C'ı bulması LED'lerin avantajı haline gelmiştir (Bielecki ve ark. 2007).



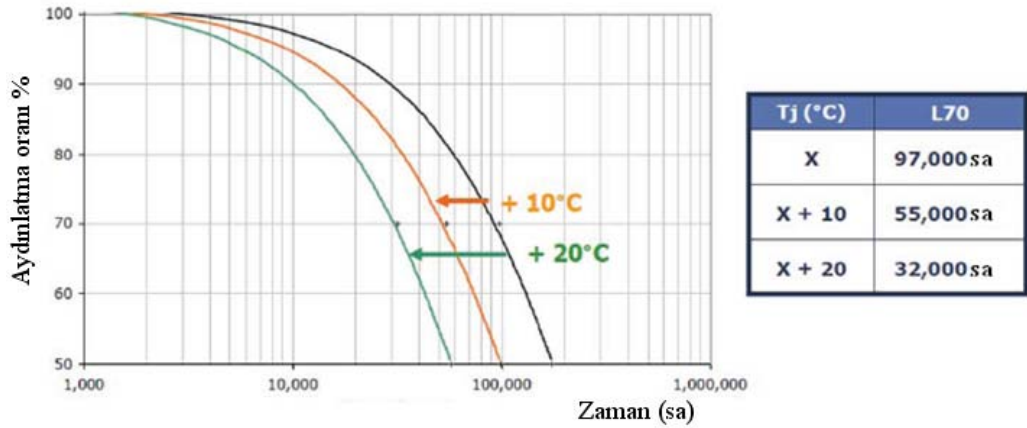
Şekil 2.15.Örnek ledli ön far (Anonim 2012)

Ledler ampullere nazaran ısılarını iletim ve taşınım yoluyla üzerlerinden atabilmektedir. Ürettikleri ışığın dalga boyuna göre ışıyım yapma oranları oldukça azdır. Şekil.2.16'da ledlerin ısı transferi açısından iletim, taşınım ve ışıyım oranlarını karşılaştırmalı olarak verilmektedir.



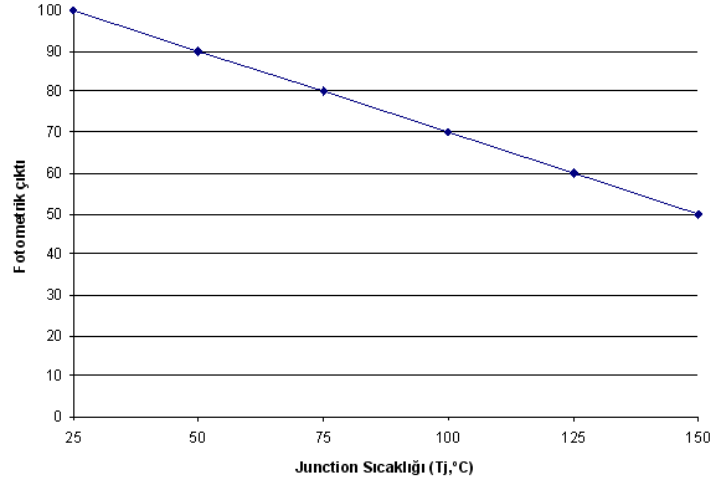
Şekil 2.16.LED, Florosan ve Enkandesen ampul ısı yayma şekil oranları

Ledler için önemli parametre jonksiyon sıcaklığıdır, uygun değerlerde tutulması için ledlerin soğutulması büyük önem arz etmektedir. Jonksiyon sıcaklığının değeri ledin ömrünü, aydınlatma gücünü ve fotometrik değerini direk olarak etkilemektedir. Şekil 2.17’de T_j sıcaklığının 10°C ’lik değişimlerinde led’in ömür ve aydınlatma gücü anlamında etkisi görülmektedir (Anonim 2011).



Şekil 2.17. T_j sıcaklığındaki değişime göre led ömrü ve led aydınlatma oranındaki değişiklik (Anonim 2011).

Yine T_j sıcaklığının fotometrik değerler üzerindeki etkisi Şekil.2.18’de verilmiştir.



Şekil 2.18. Tj sıcaklığındaki değişime göre fotometrinin etkilenmesi (Anonim 2011)

Ledlerin üzerlerinde oluşan sıcaklığı dağıtmak bakır, alüminyum ya da ısı iletim katsayısı yüksek plakaların kullanılması ile eğer uygun sıcaklıklar yakalanmazsa, kanatçık ilavesi ile mümkün olmaktadır. Ledlerin farlar içinde halojen ampullerle kullanılması son zamanlarda yaygınlaşmıştır. Normal şartlar altında ısıyı kanatçıklarla iletim ve taşınım ile üzerinden atan LED sistemlerinin halojen ampullerle kullanılması ısıl anlamda büyük risklere yol açabilir. Bu yüzden LED kullanımından ziyade, kanatçık tasarımları büyük önem arz etmektedir (Anonim 2011).

2.5. Yoğuşma

Yoğuşma araç aydınlatma sistemlerinde son zamanlarda dikkat çeken ve estetik, optik açıdan olumsuz etkileri olan bir konudur. Far içinde oluşan suyun drenajı, yoğuşmanın ortadan kaldırılması birinci önceliktir. Değişken hava şartları, far iç hava ve dış hava arasında oluşan yüksek sıcaklık farkları, far ya da arka aydınlatma elemanı içinde hava akışının yavaşlaması, hava sirkülasyonunun zayıflaması yoğuşmanın başlıca sebebi olarak görülmektedir. Örnek bir yoğuşma olayı Şekil 2.19'da verilmiştir.



Şekil 2.19.Yoğuşma örneği

2.6. Araç Aydınlatma Sistemlerinde Meydana Gelen Isıl Problemler

Araç aydınlatma ve görünürlük sistemleri incelendiğinde kapalı hacim içinde bir veya birden fazla ısı kaynağı görülmektedir. Kapalı hacim içerisinde üretilen ısının dışarı atılması, havanın dolaşımının sağlanamaması bir takım sıcaklık problemlerine sebebiyet vermektedir. Meydana gelen ısı kaynaklı problemler aşağıda verilmektedir:

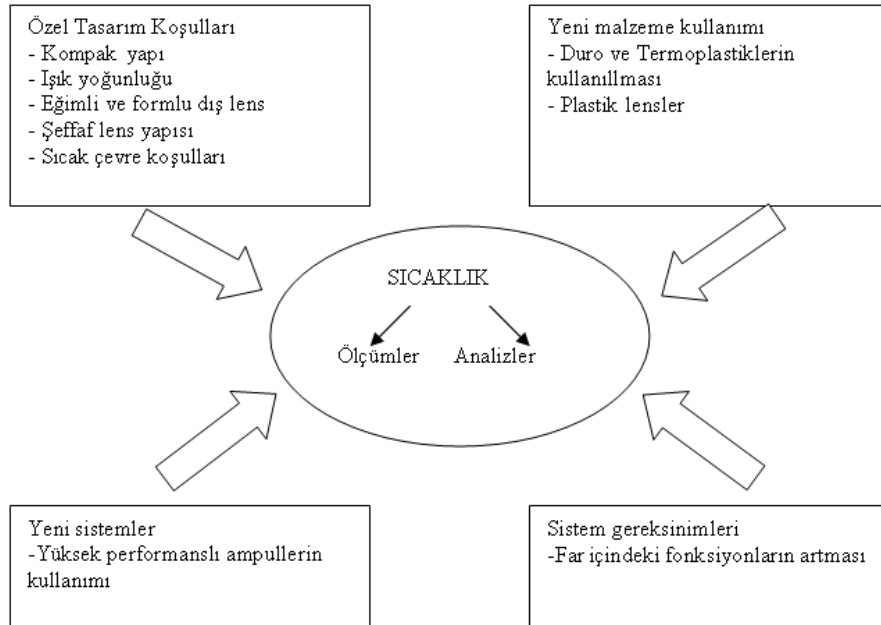
- a) Alimünyum kaplı malzemelerde sıcaklık nedeniyle kaplama deformasyonu
- b) Sıcaklık etkisiyle malzemede kalıcı deformasyon
- c) Ampul diplerinde malzemenin erimesinden kaynaklı gaz çıkışı
- d) Lens üzerinde ışıınım etkisi ile göçme
- e) Yansıtıcı yüzeylerin sıcaklığı lens üzerine odaklaması
- f) LED'li sistemlerde ampul sıcaklıklarının LED sistemini etkilemesi
- g) Led T_j değerinin katalog değeri aşması için ısı dağıtıcı sistem tasarımı
- h) Güneş etkisi ile far içinde sıcaklık odaklanması
- i) Yoğuşma, buzlanma

2.6. Kaynak Araştırması

Özellikle iç sıcaklık üretimi sonucu oluşan doğal taşınım son yıllarda araştırma konusu olmuştur. Yerkes ve Faghri'ye (1992) göre tanımlanan bir diğer problem, kapalı hacim içinde gerçekleşen karışık ısı transferidir. Sun ve Emery (1997) ısı taşınımı, iç ısı kaynakları ve iç yapıdaki ısı akış modelleri ile ilgili çalışma yapmışlardır. Bu çalışmayı kapalı bir dikdörtgenler prizması üzerinde gerçekleştirmişlerdir. Barozzi ve Corticelli

(2000) yapılan araştırmalara iki boyutta kapalı bir dikdörtgen hacimde nümerik bir çalışma ile devam etmişlerdir.

Bu konu üzerine ilk yapılan ve konunun temelini oluşturan araştırma, Wulf (1998) tarafından Bosch Lighting firmasının desteği ile yapılmıştır. Araç aydınlatma sistemlerinden istenen özelliklerin artması ve bu isteklere karşı araştırılması gereken önemli konulardan birinin, sistem içindeki sıcaklık dağılımları olduğu belirtilmiştir. Araştırmada “Neden ısıl analizlere ihtiyaç var?” sorusu iki basamakta cevaplanmıştır. Birinci neden otomobil üreten firmaların maliyet düşürme istekleri, stil özelliklerinin daha karmaşık hale gelmesi gibi unsurlar, eskiye nazaran daha kompleks tasarımların yapılmasıdır. Bunun sonucu olarak ikinci neden; maliyet düşümü olarak plastik malzemelerin kullanımı, ışık kaynaklarının daha güçlü bir yapıya sahip olmaları gibi benzer sebeplerle far içi ısıl yüklerin öneminin artmasıdır. Şekil.2.20’de ısıl analizlerin yapılma sebebi kısaca özetlenmiştir. Bütün bu nedenler bir araya geldiğinde ısıl analizlerin gerekliliği göze çarpmıştır. Analizlerin CAE yardımı ile yazılım ortamında yapılmasının birçok sorunun erken farkedilmesine sebep olacağı belirtilmiştir. Isıl analizler için CAE sistemlerinin faydaları, araştırmada aşağıdaki gibi sıralanmıştır.



Şekil 2.20. Isıl analiz ihtiyacı doğuran nedenler (Wulf 1998)

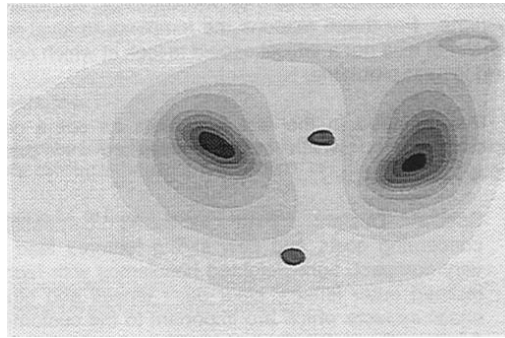
Araştırmada ısıl analizler için CAE sistemlerinin faydaları aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

1. Tasarım değişikliklerine sağlıklı ve hızlı cevap verilebilir
2. CAE sistemin davranışlarının erken farkedilmesine yardımcıdır
3. Hata ve kritik noktalar erken farkedilebilir
4. Parametrik çalışmalara ve optimizasyona gidilebilir
5. Ölçümü zor olan bölgelerin sıcaklıkları elde edilebilir
6. Prototip masraflarından kurtulunabilir

Sıcaklık ölçümleri için her otomobil üreticisinin farklı istekleri olmasına rağmen sıcaklık testleri aşağıdaki beş değişkene bağlı olarak yapılır (Wulf 1998).

1. Çevre sıcaklığı
2. Testteki çevrim sayısı
3. Farklı ışık kaynaklarının durumu
4. Her ampulün enerji tüketimi
5. Dış lens ışığı iletim katsayısı

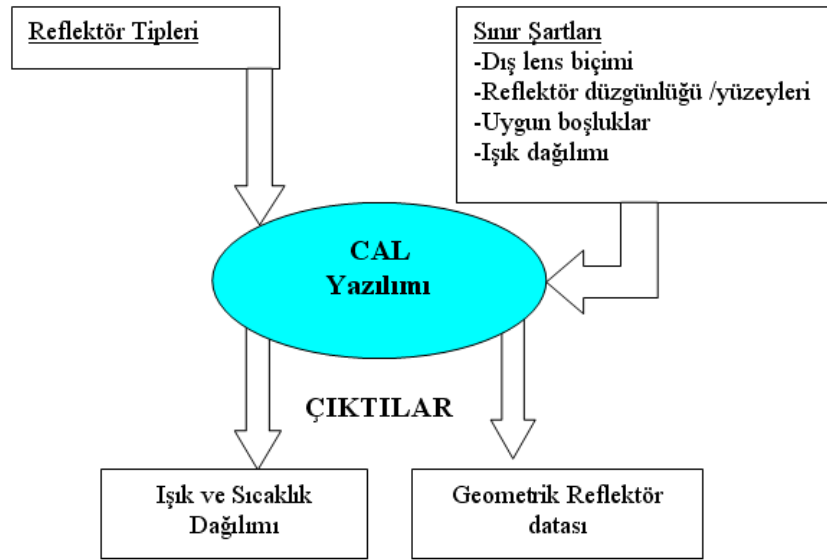
Araştırmada bu değişkenlere göre yapılan ölçümlerde far üzerinde dış lenste oluşan sıcaklık dağılımı Şekil.2.21’de verilmiştir. Analizi yapılan farda kısa hüzme ve uzun hüzme için H7 ve H1 ampulleri kullanılmıştır. Test için kısa hüzme ampülü bir saat boyunca 12,8 V’da çalıştırılmıştır. Çevre sıcaklığı 293 K olarak alınmıştır.



Şekil 2.21 Dış lens üzerinde ölçülen sıcaklık dağılımı (Wulf 1998)

Yüksek sıcaklık bölgelerinin iki farklı bölgede oluştuğu görülmüştür. Test sırasında oluşan en yüksek sıcaklık $T_{\text{test}}=354$ K olarak tespit edilmiştir. Sıcak bölgeler şekilde

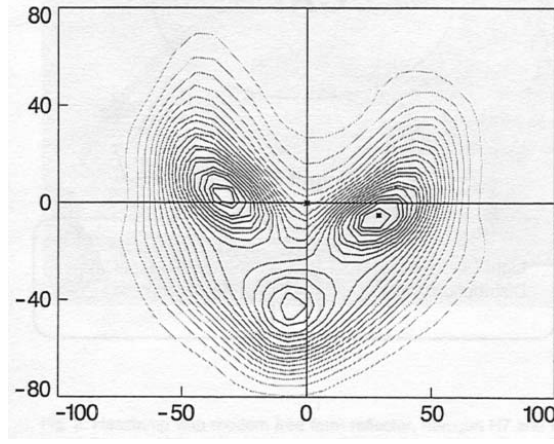
siyah noktalar olarak belirlemiştir. Bu sıcaklık merkezlerinin kısa ve uzun huzme ampullerin optik merkezleri doğrultusunda olduğu görülmüştür. Testler sonucu ortaya çıkan sıcaklık değerinin lensin yapısını oluşturan PC malzemesinin maksimum dayanım sıcaklığından düşük olduğu görülmüştür. Araştırmada bu yazılımlara CAL bilgisayar destekli aydınlatma yazılımı adı verilmiştir. Bu yazılımlar yardımıyla reflektörden olan ışığın yayılımının, yoğunluğunun hesap edilir hale geldiği belirtilmiştir. Bu yazılımların reflektör tasarımında filamanın, ampulün konumu, reflektörün parabolülüğü gibi konularda çözümler ürettiği ifade edilmiştir. Son yıllarda bu yazılımlara sıcaklık dağılım modüllerinin de eklendiği çözümlerin artık ışık dağılımı ile beraber yapılabilirdiği anlatılmıştır. Yazılımlarda dış lens üzerinde oluşması gereken uygun aydınlanma oranlarının yakalanması gerektiği anlatılmıştır. Bilgisayar destekli aydınlatma sistemlerinin çalışma prensibi girdi ve çıktılarıyla Şekil.2.22’de verilmiştir.



Şekil 2.22.CAL yazılımı çalışma prensibi şeması (Wulf 1998)

Araştırmada CAL yazılımları yardımıyla yapılan dış lens ışık dağılımı analiz sonuçları Şekil.2.23’de verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere ışık yayılımı Şekil.2.21’de verilen sıcaklık yayılımı ile uyumlu bir durumdur. Bilgisayar destekli aydınlatma programlarının sıcaklık dağılımlarını detaylı olarak inceleyememesi, özellikle far içinde gerçekleşen ışınım, doğal taşınım, bileşenlerin ısıyı tekrar yayması gibi durumların söz konusu olmasıyla yazılımların yetersizliğinden bahsedilmiştir. Sistemin daha iyi

anlaşılması için sonlu elemanlar yöntemini temel alan programların kullanılması gerektiği anlatılmıştır.



Şekil 2.23.CAL yazılımı ile ışık yayılım analizi (Wulf 1998)

Bilimsel olarak sistem çözümlerinin farklı metotlarla yapılabildiği, basit problemlerin çözümünde sınır şartlarına bağlı durağan yapıların çözümünün kolaylığından fakat far iç hacminde meydana gelen karmaşık ısı transferi çözümlerinin CAL sistemleriyle güçlüğünden bahsedilmiştir. Zamana bağlı değişen sıcaklık ve ısı transferi problemlerinin sonlu elemanlar yöntemi ile çözülmesi tavsiye edilmiştir. Bu yöntemin avantajları araştırmada aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

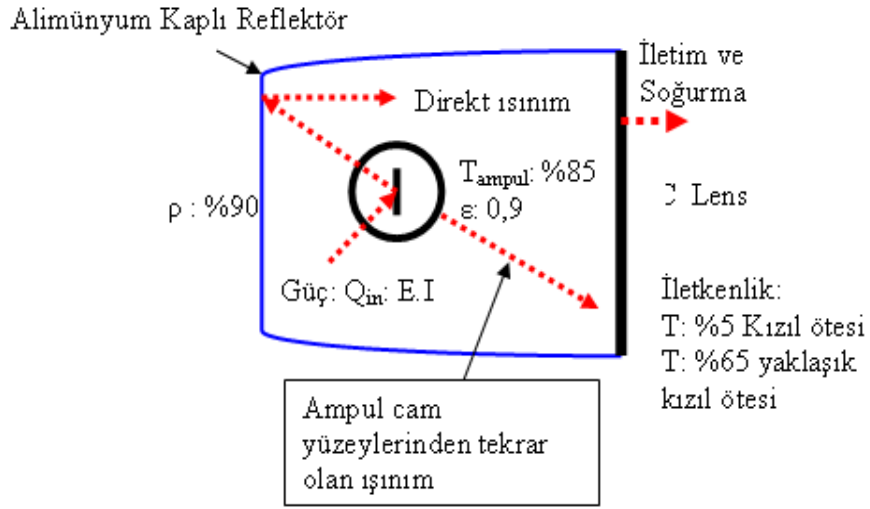
1. Karmaşık geometrilerin çözümlenebilmesi
2. Farklı malzeme parametrelerinin tanımlanabilmesi
3. Isı iletim katsayısı, ısı kapasite, ısı taşınım katsayısı ve diğer kanunlara bağlı veri girişi yapılabilmesi
4. Simülasyon sonuçlarının kritik bölgeleri belirleyebilmesi

Araç aydınlatma sistemlerinin ısı analizi ve sıcaklık dağılımlarının tespitini temel alan araştırmalardan biri de Moore ve ark. (1999) tarafından yapılmıştır. Araştırmada kullanılan analiz araçları CFD yazılımı kullanılmıştır. Araştırmada ADINA-F için geliştirilen CFD kodu ile yüzeyler arası ışınım ile gerçekleşen ısı transferini ve doğal taşınım ile gerçekleşen ısı transferini araştırmışlardır. Araştırmada kullanılan CFD kodu sayesinde birleşik ısı transferi olan aydınlatma elemanında gerçeğe yakın sonuçlar alınabilmiştir. Reflektörün parabolik yapısı ve alüminyum kaplı yüzeyi burada olan

ışınımla olan ısı transferini doğal olarak belirgin bir hale getirmektedir. Araştırmada ayrıca bir diğer önemli konu olan ışığın dalga boyunun belirlenmesi ve lensten olan ışıdır. Ampul ve filament kendi aralarında ayrı ayrı farklı dalga boylarında farklı sıcaklık ve ısı yayılımları oluşturmaktadır. Dalga boylarındaki farklılıklar yüzünden renk analizlerinin yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Araştırmada ampul datası Unigraphics (UG) yazılımında tasarlanmıştır. MSC Patran yazılımı içine transfer edilmiştir. Tüm yüzeylerin ağ modelleri iki boyutlu, ampul ve hacimsel hava elementleri üç boyutlu olarak MSC Patran yazılımı aracılığı ile ağ yapısına bölünmüştür. Sıkıştırılmayan akış modeli, doğal taşınımlı akış modeli olarak belirlenmiştir. Sıcaklık analizlerinde sürekli kararlı itaretif çözüm metodu kullanılmıştır.

Analizler oda şartlarında normal çevre sıcaklığında yapılmış ve sonuçlar ampul, gövde ve lens için alınmıştır. Maksimum ampul yüzey sıcaklığı ADINA-F yazılımı ile %10 hata oranında analiz sonuçları elde edilmiştir. Analiz geometrisi, park ve sinyal fonksiyonunu içinde barındıran aydınlatma elemanı olarak tasarlanmıştır. Geometri katı modeli Unigraphics (UG) yazılımında, yüzey modellemeleri Pro-engineer yazılımında basitleştirilmiştir. Tasarımlar, ağ yapısı, ağ yapı özellikleri, malzeme özellikleri ve sınır şartları belirlendikten sonra MSC PATRAN yazılımında ağ yapısının oluşturulması ve sınır şartlarının girilmesi işlemleri yapılmıştır. Çözümler; aydınlatma elemanı içindeki hava hacmi, gövde, ampuller ve filaman için yapılmıştır. MSC PATRAN ile çözüme hazırlanan geometri, ADINA-F yazılımında çözüm için hazırlanmış CFD kodu ile çözümlenmiştir. Fonksiyonlardan biri gündüz farı olarak anılan ve 2011 yılından sonra araçlarda kullanılması zorunlu hale gelen DRL fonksiyonudur. Gündüz sürüş ışığı olarak bilinen fonksiyon, araçların gündüz güvenliği ve farkındalığını arttırmak adına önemli bir fonksiyondur. Sonlu elemanlar yöntemine göre ampul içindeki hava 200.000 tetra elemana bölünmüştür. Araştırmada ışıdır ile ısı transfer modeli temel alınarak Şekil.2.24'de gösterilen ışıdır modeline göre gerçekleştirilmiştir. Sistemin çalışma döngüsü filamana uygulanan güç ile hacimsel ısı üretimiyle başlamıştır. Ampulün ısı kaynağı olarak ürettiği ısıyı, ışıdır ve doğal taşınım yoluyla yaydığı görülmüştür. Filamandan yayılan ısının ışıdır ile olan transferinde bir miktar ısının ampulün cam yüzeyleri tarafından absorbe edildiği görülmüştür. Kalan ısı ise reflektör ve lense doğru yayılmıştır. Ayrıca filamandan iletim ve taşınım yolu ile halojen gazı dolu ampul iç

hacminden, ampulü çevreleyen cam yüzeylere ısı transferi olmaktadır. Filaman ve ampulden olan ışınlama ısı transferi alimünyum kaplı reflektörün etkisi ile lense doğru transfer olmuştur. Ampulün cam yüzeylerinin kendi sıcaklıklarını ışınlama yaymaya devam ettiği görülmüştür. Lensin, reflektörün ve ampulün ışınlama özelliği dalga boyuna bağlıdır. Bu da spektral analizin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Dalga boyuna bağlı filamandan olan ısı transferinin tanımlanması için siyah yüzey ışınlama fonksiyonu kullanılmaktadır.



Şekil 2.24. Işınlama ile olan ısı transfer modeli (Moore ve ark. 1999)

Araştırmada ışınlama ek olarak ampulden olan doğal taşınım ile ısı yayılımının ampul ısınma probleminde yol açtığı ve yüksek sıcaklık bölgelerinin doğal taşınım sebebiyle ampulün üst bölgelerinde oluştuğu tespit edilmiştir. Birleşik ısı transferi ampul ve polikarbonat çevre bileşenleri arasında olmaktadır. Araştırmada daha önce tanımlanmış ağ yapısının ampul üzerinde, sıcaklığın yüksek çıkması ihtimalinin bulunduğu bölgelerde sıklaştırılması, alınan sonuçların doğruluğunun artmasına sebep olduğu görülmüştür. Doğal taşınım ve ışınlama, enerji denklemi eşitliği ile ifade edilmiştir. Sonuçlar filaman, ampul, gövde ve lens sıcaklık dağılımları için alınmıştır. Analizler sonucu bulunan filaman sıcaklığı $2498 \text{ }^\circ\text{C}$ iken üretici tarafından verilen sıcaklık $2548 \text{ }^\circ\text{C}$ olarak görülmüştür. Analiz sonucu maksimum ampul dış yüzey sıcaklığı $196 \text{ }^\circ\text{C}$ olarak hesaplanırken termal kamera yardımıyla yapılan ölçümlerde $186 \text{ }^\circ\text{C}$ olarak gözlenmiştir. Doğal taşınım sebebiyle filamanın üst bölgesi yüksek sıcaklığa sahip olmuştur. Ampulün üst ve alt yüzeylerinde $37 \text{ }^\circ\text{C}$ yakın derece farklılıkları gözlenmiştir. Ampulün termal modelinin doğru tanımlanmasının bütün sistemin

çözümündeki önemi görülmüştür. Araştırmada gövde ve lens için iki ayrı analiz yapılmıştır. Birinci analiz sürekli yanan DRL fonksiyonuna yapılmıştır. Analizler sonucu ortaya çıkan gövde sıcaklığı 126 °C iken ölçümler sonucu 118 °C olarak tespit edilmiştir. Lens için yapılan analizde ise 102 °C olarak tespit edilen sıcaklık ölçümler sonucunda 96°C olarak bulunmuştur. İkinci analiz ise sinyal fonksiyonu için yapılmıştır. Sinyal fonksiyonu için yapılan analiz sonuçlarını gövde sıcaklığı 116 °C olarak bulunmuştur. Bu sıcaklık ölçümler sonucu elde edilen 113 °C derecesinden yüksektir. Lens sıcaklığı ise analiz sonucu 71 °C bulunurken, ölçüm sonuçlarında 166 °F bulunmuştur. Analiz sonuçları ve ölçüm değerlerinin elemanlara göre dağılımını Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Analiz ve ölçüm sonuçları (Moore ve ark. 1999)

Fonksiyon	Analiz sonucu bulunan sıcaklık (°C)	Termal Kamera Ölçüm değeri (°C)	Hata oranı (%)
Filaman	2498	2548	-1.9
Sinyal Ampulu	196	186	+5,8
DRL Üst	126	118	+7,8
DRL Lens	102	96	+7,3
Sinyal Üst	116	113	+3
Sinyal Lens	71	74	-6.4

Polikarbonat malzemeler için dayanım sıcaklık aralığı 137°C -148°C arasındadır. Araştırmada bulunan sonuçlara göre park ve sinyal fonksiyonlarında bulunan sıcaklıklar deformasyona sebep olmamıştır. Araştırmada dikkat çekilen bir diğer nokta da gövdede meydana gelen sıcaklığın reflektörün alüminyum kaplama kalitesiyle doğrudan ilgili olduğudur. Reflektör kaplama prosesindeki sağlanamayan kararlı koşullar sebebiyle, reflektörde gerçekleşen ışınımında değişmektedir. Bu değişimler ölçümlerde çıkan sonuçları ve analiz sonuçlarını etkilemektedir. Araştırmada tipik olarak yansıtma oranının %80-90 arasında olduğu kabul edilerek analizlerde bu değer kullanılmıştır. Lens sıcaklığının, kullanılan plastik malzemenin ısı geçirgenliğine bağlı olduğu görülmüştür. Araştırmanın başında özellikle ifade edilen ışığın dalga boyunun da lensin geçirgenliğine ve renk analizi ile bulunan toplam geçirgenliğe bağlı olduğu

görülmüştür. Araştırmada ayrıca aydınlatma fonksiyonu içinde gerçekleşen hız dağılımı incelenmiştir. Hız dağılımı ampul üst bölgesinde maksimum, alt bölgesinde ise minimum olarak tespit edilmiştir. Araştırmanın sonunda, araştırma başında hedeflenen %10 yaklaşık sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca araştırma araç aydınlatma sistemlerinin ısıl analizlerinin temel kurallarının belirlendiği bir araştırmadır. Moore ve ark. (1999) ayrı bir çalışma olup bir önceki çalışmanın devamı niteliğinde olmuştur. Ahuja ve Wakchaure (2012), CFD kullanarak örnek bir araç ön aydınlatma farını incelemişlerdir. Araştırma far içindeki sıcaklık yayılımı ile malzeme seçimi üzerine yoğunlaşmıştır.

Aydınlatma sisteminde iç hacimdeki sıcaklık dağılımını inceleyen çalışmalara paralel iç hacimdeki sıcaklığın ana sebebi olan ısı kaynağı ampullerin incelenmesi ve ampul çevresindeki hava akış karakteristiğinin belirlenmesi üzerine araştırmalar yapılmıştır. Ampuller genel itibari ile silindirik bir yapıya sahiptirler. Silindir etrafında sabit yüzey sıcaklığı kabulü ile hava karakteristiğini inceleyen Quereshi ve Ahmad (1987), Cheng (2010) silindir çevresi hava karakteristiğini belirleyen çalışmalara imza atmışlardır. Çalışmalarda nümerik çalışmanın yanında deneysel çalışma da mevcuttur. Yine sabit yüzey sıcaklığını kabul eden nümerik bir çalışma Newport ve ark. (2001) tarafından yapılmıştır. Roychowdhury ve Sundararajan (2002) havanın silindir etrafındaki akış yapısını, ısı transfer oranını daha detaylı inceleyen nümerik bir çalışma yapmışlardır. Silindir üzerinden doğal akış için bir diğer çalışmayı Clemes ve ark. (1994) sabit yüzey sıcaklığında yapmışlardır. Ambrosini ve ark. (2003) ise uzun yatay silindir kabulü ile bir tel etrafında doğal akış problemine aynı kabullerle çözüm getirmişlerdir. Yamamoto ve ark. (2004) yaptıkları çalışmada, silindirik yapı etrafındaki sıcaklık dağılımını Kuehn ve Goldstein (1980) ile karşılaştırılmalı olarak verilmişlerdir. Yerel Nu sayısının açıl mesafe ile dağılımı incelenmiştir. Dağılımın Kuhen ve Goldstein (1980) ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Yatay silindir etrafında doğal akış çalışmalarından birkaçı şöyle sıralanabilir: Corcione 2005, Molla ve ark. 2006, Zeitoun ve Ali 2006, Atayılmaz ve Teke 2009, Molla ve ark. 2009, Demir 2010, Cheng 2010, Ravazi ve ark. 2008, Reymond ve ark. 2008, Grafton ve Jensen 2011, Atmane ve ark. 2003. Çalışmalar; ısı kaynağı olarak kabul edilen silindir hava karakteristiğini ve sıcaklık profilinin belirlenmesinde Rayleigh ve Nusselt sayılarına bağlı incelemeleri kapsamaktadır. Isı kaynağı ve far içi hava akış karakteristiğinin belirlenmesinde yol

gösteren çalışmalar olmuştur. Far içinde ampullerin asimetrik sıralanışı, silindirlerin farklı dizilişini andırmaktadır. Her ampul ürettiği ısı ile bir sonrakinin hava akış karakteristiğini etkilemektedir. Silindirlerin farklı dizilişleri ve hava akışına etkileri üzerine bir çalışmada Zhao ve Zhang (2000) tarafından yapılmıştır.

Ampul şekillerinde basitleştirme yapılarak silindir ampullerin dışında küre kabul edilen ampuller içinde küre etrafında doğal akış çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Churchill (1983) sabit yüzey sıcaklığına sahip küre etrafındaki doğal akışı nümerik olarak incelemiştir. Chiang ve ark. (1964) küre geometrisi üzerinden akışı, izleyen öncü çalışmalardan biri olmuştur. Küre üzerinde açığa bağlı sıcaklık, hız ve ısı taşınım katsayısı dağılımları alınmıştır. Eski çalışmalardan biri de Farouk (1983) tarafından yapılmıştır. Küre etrafında sonsuz bir hacim içinde Ra sayılarına bağlı değişimi inceleyen nümerik bir çalışma yapılmıştır. Song ve ark. (2012) ise küre üzerinden zorlanmış taşınım çalışmışlar ve $5 < Re < 10$, $1 < Pr < 100$ arasında deneysel ve nümerik bir çalışma yapmışlardır. Sano ve Okihara (1994) gözenekli bir ortamda küre yüzeyini aniden ısıtıp sabit ısı akısını korumak süretiyle küçük Rayleigh sayılarında yapılan bir çalışmadır. Prhashanna ve Chabra (2010) çalışmaları ise nümerik bir çalışma olup bir akışkan içindeki küre etrafında Gr, Ra ve Pr etkilerini incelenmiştir. $10 \leq Gr \leq 107$; $0.72 \leq Pr \leq 100$ and $0.4 \leq n \leq 1.8$ değişen değerlerde incelemeler yapmıştır.

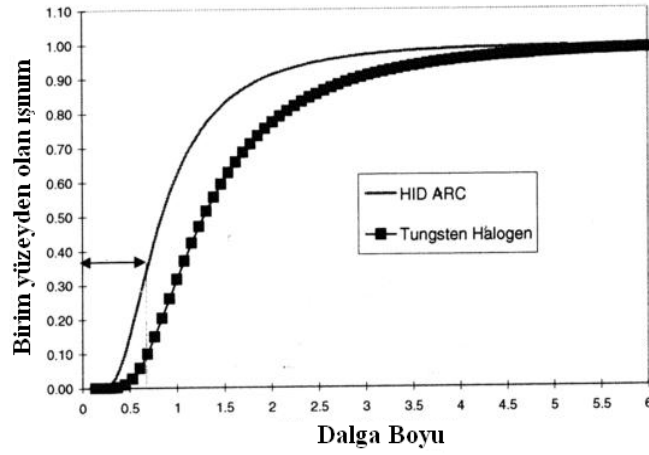
Araç aydınlatma sistemlerinin sıcaklık dağılımlarının tespiti üzerine yapılan bir çalışmada Senin ve ark. (2005), far içi bileşenlerin sıcaklıklarını tespiti üzerine çalışma yapmışlardır. Daha sonra yaptıkları başka bir çalışmada sıcaklık ile renk değiştiren sıvı kristaller kullanılarak far içi sıcaklık ölçümleri yapılmışlardır. (Senin ve ark. (2008). Far içi sıcaklık ölçümünün diğer bir metodu termokupulların araç aydınlatma sistemleri üzerine kullanılışı üzerine Poorman ve ark. (2004) çalışmışlardır. Ayrıca Poorman (2001) ise araç aydınlatma sistemlerinde riskli sıcaklıkların nerede oluşabileceği üzerine çalışmalar yapmış ve önemini belirtmiştir. Toichiro ve ark. (2000) SHT yöntemi ile iç hacmin ve bileşenlerin sıcaklık tahminini yapmaya çalışmışlardır. Çalışmalarında ışınlım ve iletimide hesaba katmışlardır. Shiozowa ve ark. (2000) Far içi bileşenlerin sıcaklıklarını tahmin edilebilmesi için çalışmışlardır.

Moore ve Powers (2000), HID teknolojisine sahip bir sis farı üzerinde yapılmıştır. Araştırmada polikarbonatlar gibi sıcaklık dayanımı çok yüksek olmayan termoplastikler ve termosetlerin seçiminde öncelikle doğru analizlerin yapılması gerektiği ifade edilmiştir. Araştırmada Yüksek yoğunlukta ışık yayan (HID) sis farının prototip yapılmadan sıcaklık dağılımlarının tespit edilmesi planlanmıştır. Sis farının ısıl analizinde de ADINA-F yazılımı ile hesaplamalı akışkanlar dinamiği kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan sis farının temel elemanları 35-Watt'lık bir HID ışık kaynağı, gövde, lens, reflektör ve ışık perdesidir. Bu araştırmada izlenen metodoloji ise aşağıda verildiği şekildedir:

A. Sis farının ısı modelinin hazırlanması.

B. Sis farının termal analizinin yapılarak kullanılan malzemelerin uygunluğunun tespit edilmesi (Moore ve Powers 2000).

HID uygulaması olan bu araştırmada özellikle sıcaklık dağılımına göre malzeme seçiminin doğruluğu üzerinde durulmuştur. Sis farının termal modeli HID ışık kaynağı, nikel-krom malzemelerinden yapılmış ışık perdesi, yansıtıcı yüzey, ampul yüzeyleri, plastik lens ve iç hava hacminden oluşmuştur. Araştırmada sis farı içinde sıkıştırılmayan sıcaklığa bağlı akış modeli kabul edilmiştir. Ağ yapısında yaklaşık olarak 200.000 tetrahedral eleman ve 6000 adet yansıtıcı yüzey kullanılmıştır. Araştırmada HID ampullerin çalışma sıcaklığı 4200°C iken halojen ampullerde bu sıcaklığın 3200°C olduğu görülmüştür. Araştırmada HID ve Tungsten ampul ışık dalga boyuna göre birim alandan olan ışınım miktarı Şekil 2.25'de görülmektedir. Grafikten görüleceği üzere aynı dalga boyunda olan bir ışığın HID bir ampul için %30'dan fazlası ışına yaptığı buna karşılık halojenlerde bu oranın %10'un altında olduğu görülmüştür. HID ampullerdeki bu verimlilik lens tarafından soğurulacak ışınım miktarını da azaltmaktadır.



Şekil 2.25. Dalga boyuna göre birim yüzeyden olan ışıma miktarı(Moore ve Powers 2000)

Araştırmada buna ek olarak HID ampul camında kullanılan malzeme özelliği sebebiyle ampul camının muhafaza ettiği sıcaklığın azaldığı ifade edilmiştir. HID ışık kaynağına sahip bu araştırmada ışık kaynağı modelini özetlemek gerekirse şunları ifade etmek gerekir:

- 35-Watt bir güç ile ark sonucu ısınan ve ışıma yapan bir kaynak
- HID ampul içinde iç ve dış kapsül içindeki ışımanın soğurulması ve yayılması
- HID ampul camında ve elektrotlarında ısı iletimi
- İç ve dış kapsülde doğal taşınım

Sis fonksiyonu içindeki doğal taşınım ise sıkıştırılmayan viskoz akış modeli, sıcaklığa bağlı viskozite ve sıcaklık taşınım katsayısı ve sabit yoğunlukta incelenmiştir. Çalışmada Boussinesq yaklaşımı kullanılmıştır. Isı, ampul dış yüzeyinden ışıma ve doğal taşınım ile iç hacme doğru olmaktadır. Dış yüzey ısı transfer katsayısı Churchill ve Chu korelasyonu kullanılarak çözülmüştür. Araştırma sonuçlarını incelediğimizde HID ampul uygulamasında araştırma başında ifade edilen ark bölgesi sıcaklığının yaklaşık 4200 °C olduğu görülmüştür. Analizler sonucu elde edilen değerler ve ölçülen değerler Çizelge 2.2 'de verilmiştir.

Çizelge 2. 2. HID ampul ısı analiz sonuçları (Moore ve Powers 2000)

Konum	Analiz sonucu ($^{\circ}\text{C}$)	Ölçüm sonucu ($^{\circ}\text{C}$)	Hata (%)
Ark bölgesi	4200	4158	+1
HID ampul dış yüzey	607	588	+3
Ampul tabanı	320	345	-7,8

Araştırmada HID ampul analizlerinden sonra sis farının diğer temel elemanları olan reflektör, lens, ışık perdesi ve gövde sıcaklık dağılımları incelenmiştir. Analizler sonucu lens dış yüzey sıcaklığını 166°C , gövde dış yüzeyinin maksimum sıcaklığını 163°C olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre lens sıcaklığı polikarbonatlar için sınır sıcaklığın üzerindedir. Yine analizler sonucu elde edilen reflektör sıcaklık dağılımında maksimum sıcaklık daha yüksek sıcaklığa dayanımı olan termoset malzemelerin kullanılması yönünde bilgi vermiştir. Araştırmada tavsiye edilen termoset malzeme BMC malzemesidir. Ayrıca sis farı sisteminde havalandırma tapası uygulaması yapılmamıştır. Bu uygulamanın sonuçlarının daha farklı olabileceğine değinilmiştir. Araştırma sonucunda kritik sıcaklıkların iç yüzeylerde olduğu ve bu bölgelerdeki et kalınlıklarının tespitinin önemli olduğu vurgulanmıştır. Araştırma içinde Çizelge 2.3’de HID sis farı için bileşenlerine göre sıcaklık dağılımı verilmiştir.

Çizelge 2. 3. HID sis farı bileşenlerine göre sıcaklık analiz sonuçları (Moore ve Powers 2000)

Sis Bileşeni	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
Lens iç yüzey sıcaklığı	174
Lens dış yüzey sıcaklığı	166
Reflektör	191
Gövde dış yüzey	163
Işık perdesi	426

Araştırmada analizler sonucu elde edilen Çizelge 2.3’de verilen değerler araştırmacı tarafından ölçümlerle doğrulanmamıştır. Çalışma sonucu HID ampul kullanan sistemlerin daha verimli olmasına rağmen, halojen ampullerin kullanılmasına devam edilmektedir. Bunun en temel nedenlerinden biri HID ampul uygulamalarındaki ısı

problemlerin daha etkili olmasıdır. Işık perdesi kullanımı ısıl probleme olumlu yönde katkıda bulunmaktadır. Isının büyük bir miktarının ışık perdesi tarafından soğurulması ile yapılan katkı HID uygulamalarının ışık perdesi ile kullanılabileceğini göstermiştir. HID uygulamalarında lens malzemesinin sıcaklığa daha dayanıklı olması gerektiği araştırma sonucu ortaya çıkmıştır. HID sistemler hakkında bir diğer çalışma Sivak ve ark. (2006) tarafından yapılmıştır.

Wulf ve Reich (2002) tarafından yapılan “Far içi ısı yükleri” başlıklı bir çalışma yapılmıştır. Araştırma farların giderek fonksiyon ve tasarım anlamında sürekli değişmesi sonucu artan ısı yüklerinin hesaplanması üzerine yapılmıştır. Günümüz farlarından beklenen özellikleri aşağıdaki gibi özetlemiştir:

- Şartnamelerin gerekliliklerini sağlaması gereklidir
- Stil ve tasarım konusunda farkedilmelidir
- Üretiminde düşük ağırlıkta güvenilir malzeme kullanılmalıdır
- Tasarımın dayanıklı (robust) olmalıdır
- Far içindeki fonksiyonları kontrol eden elektronik modüllerin sağlıklı çalışmalıdır

Farların karmaşık geometrisi, ısı transferinde ışıyım, taşınım ve bazen de iletimin söz konusu olması, hacim içinde kritik sıcaklık bölgelerinin belirlenmesini imkansız hale getirmektedir. Özellikle kullanılan halojen ampullerin filamanlarında 3000 K'e yakın sıcaklıkların oluşması sıcaklık dağılımı ve kullanılan bileşenlerin sıcaklık dayanımlarının önemini arttırmıştır. Bu yüzden öncelikli olarak deneysel çalışmaların yapılması gerekliliği ifade edilmektedir. Deney sonuçlarında incelenecek parametreler:

- Farda kullanılacak malzemelerin sıcaklığa dayanımları
- Yüksek sıcaklıklarda ampul ömrünün tespiti

Araştırma, sıcaklık simülasyonlarının tasarım aşamasında sağlayacağı avantajları şöyle sıralanmıştır:

- Erken ürün konsept tasarımı
- Prototip yapmadan birçok değişik koşulun simülasyonlar ile incelenmesi

Bu çalışmada araştırmacılar AUDI firmasının ön farının incelemesini yapmışlardır. Diğer araştırmalarda olduğu gibi sıcaklıkların doğrulanması için ölçümler yapılmıştır. Model üzerinde ısı transferi açısından iletim, doğal taşınım ve ışınım olduğu kabul edilmiştir. Araştırmada kullanılan far bileşenleri; lens polikarbonat (PC TL 524 37) malzemededen, gövde polipropilen (PP) malzemededen yapılmıştır. Reflektör; kısa ve uzun hüzmeler için alüminyum kaplı duroplast malzemededen, sinyal reflektörü polikarbonat (PC DIN 7744), diğer yansıtıcı yüzeyler ise DEXIL malzemesinden yapılmıştır. Estetik çerçeve ise PBT malzemededen yapılmıştır. Far yapısında kullanılan ampullerin teknik dataları Çizelge 2.4’de verilmiştir.

Çizelge 2. 4. Farda kullanılan ampullerin teknik verileri (Wulf ve Reich 2002)

	H3	H7	PY21W	W3W
Filaman yönü	t	a	t	t
Güç (W)	55	55	21	3
Voltaj (V)	12	12	121	12
Filaman sıcaklığı (K)	3520	3470	-	-
Ampul tabanı sıcaklığı (K)	>910	>910	-	-

Far içinde H7 ampul kısa hüzmeye, H3 ampul uzun hüzmeye, sinyal, PY21W sinyal fonksiyonu, W3W ampulü ise pozisyon fonksiyonu için kullanılmıştır. Farın simülasyonları kısa ve uzun hüzmelerin açık ve kapalı olma durumlarına göre yapılmıştır. Araştırmada değişen çevre sıcaklıklarında ölçümlerinin yapılabilmesi için far bir fırın içine yerleştirilmiştir. Fırın sıcaklığı 353 K’ e ayarlanmıştır. Sıcaklık ölçümlerinin 2 temel amacı bulunmaktadır. Birinci amacı lens üzerinde oluşan sıcaklık değerlerini okumak, ikincisi ise tekrarlı sıcaklık ölçümleriyle kesin değerleri belirlemektir. Lensin sıcaklık ölçümleri için iki ayrı metot kullanılmıştır. İlk yöntemde termo elemanlar lense yerleştirilmiştir. Araştırmalarda termokupulların kullanılması daha sağlıklı ve doğruluğu tartışmaya açık olmayan sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Far üzerinde kullanılan termokupulların ikisi kısa ve uzun hüzmeye ampul tabanına diğer ikisi

ise kısa ve uzun huzmenin tam karşısına gelecek şekilde lens üzerine yerleştirilmiştir. Ölçüm için kullanılan diğer yöntem ise kızıl ötesi termal görüntüleyici ile yapılacak ölçümdür. Bu ölçüm yönteminin avantajı bütün yüzeyin sıcaklık dağılımını okunabilmesi ve yüksek sıcaklıkların hangi bölgelerde oluştuğunun tespit edilebilmesidir. Lense bir temas olmadan yapılabilen ölçüm metotları siyah yüzeyden olan ışınımı tanımlayan Plank kanunu temel alınmıştır. Kızıl ötesi termal kamera ile yapılan ölçümlerde far içinde olan ışınım ve sıcaklık ölçümü yapılan bileşenlerin ölçümleri arasında her zaman bir bağıntı olduğu ifade edilmiştir. Bu yüzden ölçümler siyah yüzey üzerinde de uygulanmıştır. Bunun amacı ışınım yayma katsayısının gerçeğe en yakın derecede belirlemek olduğu anlatılmıştır. Pratik anlamda $\epsilon=1$ olan yüzey bulunmadığı, ışınım yayma katsayısının ışığın dalga boyuna, yüzeyin karakteristiğine ve sıcaklığa bağlı olduğunu belirtmiştir. Bu tür çalışmalarda ışınım yayma katsayısının doğru tespit edilmesi, çözümler ve analizler için çok önemlidir. Çözümlenecek matematiksel modeli far içinde farklılaşan akışkan akışı, ısı transferi ve ışınımı düzenleyen süreklilik denklemi, Navier Stokes denklemi ve enerji denge eşitliğidir. Farın analizlerinde hesaplamalı akışkanlar mekaniği (CFD) kullanılmıştır. Araştırmada kabul edilen sınır şartları belirlenirken her bileşen için bazı teknik parametrelerin verilmesinin gerekliliği ifade edilmiştir. Sabit basınçta öz ısı, ısı iletim katsayısı, vizkositesi, yoğunluğu, ışık geçirgenliği, ışınım yayma katsayıları ve ısı taşınım katsayıları belirlenmiştir. Çevre sıcaklığı 353 K, dış hava taşınım katsayısı $50 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ olarak alınmıştır. Yine sınır şartı olarak filaman sıcaklığı 3000 K olarak tanımlanmıştır. Akış tipi olarak türbülanslı akış modeli seçilmiştir. Bu sınır şartlara göre modele 3D tetrahedral element ağ yapısı uygulanmıştır. Ölçümler sonucu elde edilmiş sonuçlar uzun ve kısa huzme fonksiyonunun açık ve kapalı olma durumuna göre Çizelge 2.5’de verilmiştir. Analiz sonuçları ile ölçüm değerleri ise karşılaştırmalı olarak Çizelge 2.6’de verilmiştir.

Çizelge 2.5. Far üzerinde sıcaklık ölçümleri (Wulf ve Reich 2002)

	ÖLÇÜLEN DEĞERLER (K)		
	Açık	Kapalı	Açık
Kısa Hüzme			
Dış Lens yüzey sıcaklığı	379	357	374
Ampul tabanı	470	363	452
Uzun Hüzme	Açık	Açık	Kapalı
Dış Lens yüzey sıcaklığı	385	383	362
Ampul tabanı	477	464	363
Sıcaklık yükselme zamanı (dk)	75	80	60

Çizelge 2.6. Far üzerinde sıcaklık ölçümleri (Wulf ve Reich 2002)

	ÖLÇÜLEN SICAKLIK DEĞERLERİ/SİMÜLASYON DEĞERLERİ (K)		
	Açık	Kapalı	Açık
Kısa Hüzme			
Dış Lens yüzey sıcaklığı	379/363	357/344	374/359
Ampul tabanı	470/461	363/356	452/439
Uzun Hüzme	Açık	Açık	Kapalı
Dış Lens yüzey sıcaklığı	385/371	383/371	362/352
Ampul tabanı	477/461	464/444	363/343

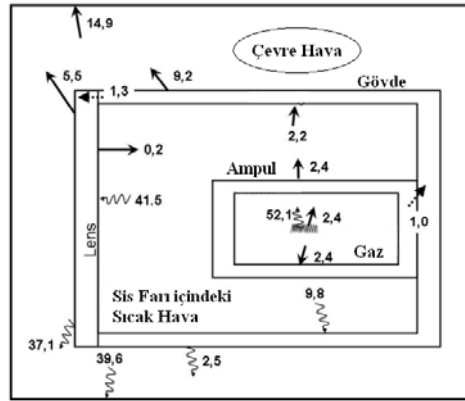
Araştırma sonuçlarına göre kısa ve uzun huzmenin açık olması durumunda lens üzerinde kritik sıcaklığa yaklaşılabileceği görülmüştür. Ampulün yakılması lensin dış yüzey sıcaklığını yaklaşık 20 K arttırırken, ampul dip sıcaklığına etkisinin yaklaşık 110 K olduğu tespit edilmiştir. Kısa huzme ampulünün açılması ile lens dış yüzey sıcaklığı ve uzun huzme ampül taban sıcaklığını 2K – 5K arasında değiştirmektedir. Uzun hüzmelerin, sıcaklık değerlerini yükseltici etkisinin fazla olduğu ölçümler sonunda anlaşılmıştır. Sonuçların birbirine uyumu, lens üzerindeki ısı dağılımının doğru bir şekilde belirlenmesi araştırmayı hedefine ulaştırmıştır.

Araç aydınlatma sistemleri üzerine CFX uygulaması içeren bir araştırmada Fischer (2005) tarafından yapılmıştır. Plastik malzeme kullanımının artması üzerinde maliyet ve

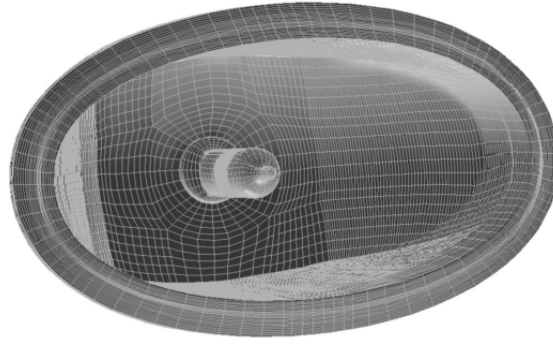
ağırlık anlamında sağlanan avantajların teknik anlamda bazı dezavantajlar getirdiği ifade edilmiştir. Halojen ampullerin küçük hacimlerde kullanımı yüksek sıcaklık problemine neden olmaktadır. Plastik malzemelerin kullanımı araştırmacıya göre iki farklı probleme neden olmaktadır. Birinci problem sıcaklık dayanımı az olan plastik malzemelerin yüksek sıcaklığa dayanımları, ısı iletiminin düşük seviyelerde kalması ve iç hacmin sürekli sıcak kalmasıdır. Genel olarak far içinde ısı transferi iletim, taşınım ve ışıınımdan oluşurken; ısı transferinin farklı kombinasyonlarda olduğu durumlar söz konusu olmaktadır. Bu durumun sınır şartlarının tanımına göre değiştiği belirtilmiştir. Sis farında kullanılan H11 halojen bir ampul olduğu için bir önceki araştırma gibi filaman sıcaklığının 3000 K civarında olduğu kabul edilmiştir. Yüksek sıcaklıkların olduğu uygulamalarda ışıının mutlaka dikkate alınması gerektiği anlatılmıştır. Düşük sıcaklıklarda da ışıının ihmal edilmemesi gerektiği ifade edilmiştir. Özellikle ısı taşınımı ve iletimi sınırlandırılırsa, sıcak bölgeleri ışıınımla ısı yayılımının etkilediği görülmüştür. Örnek olarak bu çalışmada sıcaklık etkisi ile oluşan akış ve bu akışla çevrilmiş katı parçada; katı ve çevre akış arasında olan oldukça küçük orandaki taşınım, orta sıcaklıkta bir duvardan olan ışıınımla karşılaştırıldığında aynı oranda etkili olduğu görülmüştür. Bu yüzden ışıının ihmal edilmemesi gerekliliği anlatılmıştır. Aydınlatma elemanı içinde ışıının yada birleşik olarak gerçekleşen ısı transferi şekilleri analizleri çözümü zorlaştırmaktadır.

Araştırmada kullanılacak modelin şematik gösterimi Şekil.2.26'de görülmektedir. Sis farı gövde, reflektör ve ampulden oluşmaktadır. Lens, gövde ile montajlanmış ve içeride kapalı bir hacim oluşturulmuştur. Sis farı içinde içi halojen gazı ile dolu H11 ampul çeşidi bulunmaktadır. Ampul içinde filamanı temsil eden bir silindir çizilmiştir. Şekil.2.26'da ağ yapısı oluşturulmuş gövde ve ampul mevcuttur. Lens ve ampul camdan yapılmıştır. Gövde reflektör ise opak bir yüzeye sahip ve alüminyumdan (Al) yapılmıştır. Gövde, reflektör yüzeyi kaplamasından dolayı ışıının yapmaktadır. Akışkan sıkıştırılabilir olarak modellenmiştir. Fiziksel model için Navier Stokes denklemleri ve enerji korunumu denklemleri kullanılmıştır. Işınım modeli Monte Carlo tablosu tarafından çözülen ışık yayma tekniği ile modellenmiştir. Ortam içinde olan net ışıının, kontrol hacmi içinde absorbe edilen ışıının ile yayılan ışıının arasındaki fark kadardır.

Hesaplanmış ısı akışları Şekil 2.26'de görülmektedir. Alınan sonuçlar önceki araştırmalarda alınan sonuçlar ile uyum göstermektedir. Şekil.2.26'den görüldüğü gibi filamandan 54.5 W çıkış olmakta ve bu miktarın 52.1 W'ı ışıdır. Gaz ile dolu ampul içinde 2,4 W taşınım yoluyla ampul iç hacmine ve yüzeyine 2.4 W ampul yüzeyinden taşınım ile sis farı iç hacmine yayıldığı görülmüştür. Araştırma hesaplarında ampulden gövdeye olan ısı akışı ile absorbe edilen ısı akışı 1W gibi bir değerdir. Gövde reflektörünün yüksek yansıtma özelliğinden dolayı gövde reflektörü iç yüzeyi sadece ışıının küçük 9,8 W'lık oranını absorbe etmektedir. Bu oranın sadece 2,5 W'ı gövde yüzeyinden ışıım ile yayılmaktadır. Gövde içinde taşınım ile olan ısı transferi 2,2 W, dışında ise 9,2 W olarak görülmektedir. Gövde ve lens arasında temasından dolayı bu bölgede 1,3 W iletimle ısı transferi olduğu görülmüştür. Lensten çevre havaya olan ışıım ise 37,1 W'dır. Lensin iç yüzeyine olan ışıımla ısı transferi 41,5 W'dır. Bunun anlamı 4,4 W gibi bir oran lens tarafından absorbe edilen miktarı göstermektedir. Lensin dış yüzeyinden çevre havaya olan taşınım ile ısı transfer miktarı 5,4 W olarak tespit edilirken, lensten iç hacime olan taşınım ile olan ısı transfer miktarı 0,2 W olarak tespit edilmiştir. Burada lensin yüksek oranda ısıyı absorbe ettiği anlaşılmaktadır. Çevre hava sınırlarında ölçülen değerler ise ışıım ile olan ısı transferi değeri 39,6 W, taşınım ile olan ısı transferi ise 14,9 W olarak ölçülmüştür. Ampul ve filamandan olan ışıımın sıcaklığa ve renk özelliklerine göre değiştiği belirtilmiştir. Wien'in yerdeğiştirme kanununa göre düşük sıcaklıklarda ampul sıcak filamana göre daha uzun dalga boyunda ışıma yaptığı araştırmada belirtilmiştir. Bu durum lensin ışıım absorbe etme oranı ışığın dalga boyuna bağlı olması ile ilgilidir. Bu nedenle ampulden olan ışıım filamandan olan ışıımdan daha fazla absorbe edilmektedir.

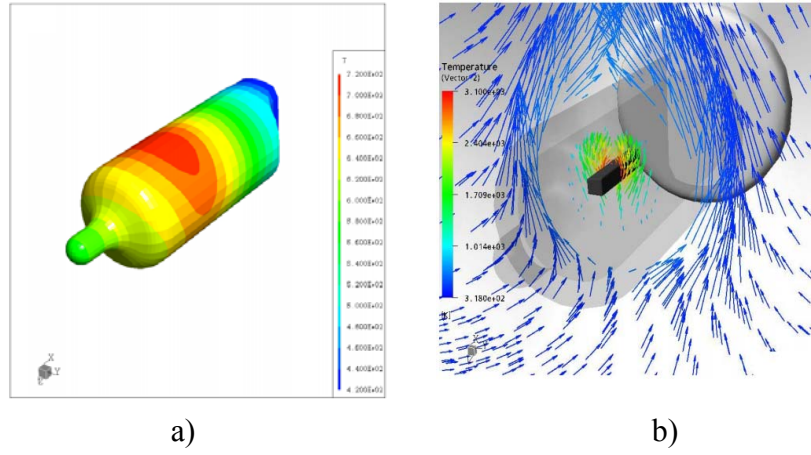


Şekil 2.26. Sis farı ısı transferi şematik gösterimi (Fischer 2005)

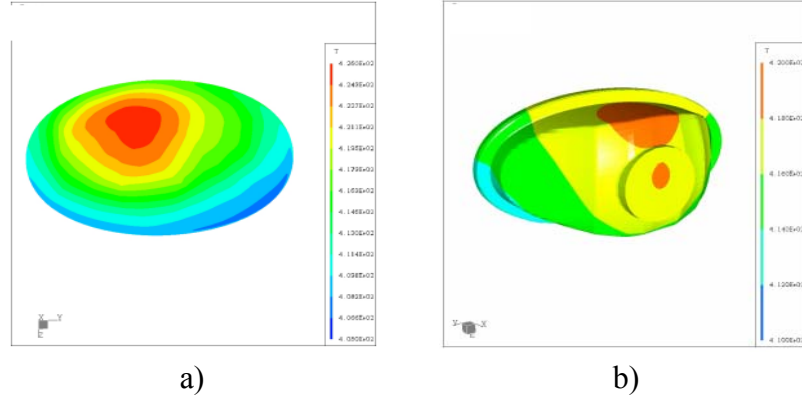


Şekil 2.27. Ağ yapısı oluşturulmuş sis farı gövde reflektör ve ampul (Fischer 2005)

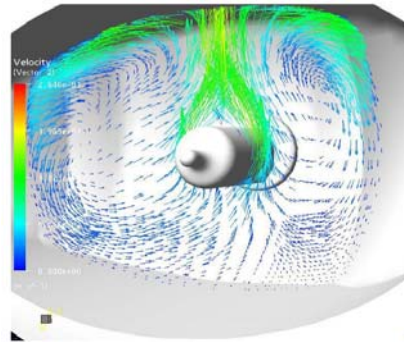
CFX yazılımı ile yapılmış ampul ısıl analizi sonuçları Şekil 2.28, 2.29 ve 2.30'da görülmektedir. Sıcak bölgelerin filamanın üst bölgesinde oluştuğu görülmektedir. Bu bölgede maksimum sıcaklık 714,4 K olarak tespit edilmiştir. Bu sıcaklık ampul içinde olan doğal taşınımın etkisi ile oluşmuştur. Filamandan gerçekleşen sıcaklık dağılımı vektörel olarak Şekil.2.28 (b)'de görülmektedir. Ampul üst yüzeyine doğru olan sıcak hava dağılımı, ampul üst bölgesindeki sıcaklığın yüksek olmasından dolayıdır. Analiz edilen lens sıcaklık dağılımı ise Şekil.2.29 (a)'da verilmiştir. Lens üzerinde oluşan maksimum sıcaklık 425,3 K olarak görülmektedir. Lens üzerindeki sıcaklığın sebebi absorbe ettiği ısıdır. Yüksek sıcaklık noktalarının oluştuğu bölüm ampul ve filamanın optik yolu üzerindedir. Lens üzerinde oluşan sıcak noktalar düşük oranda iletim ile desteklenmektedir. Böylece lens üzerinde sıcaklık, soğuk bölgelere kaymamıştır. Lensin kenarlarındaki sıcaklığın 407 K'e düştüğü görülmüştür. Gövde reflektördeki sıcaklık dağılımı analiz sonucu olarak Şekil 2.29 (b)'de verilmiştir. Sıcak bölge yine ampulün üzerinde olan bir bölgede oluşmuştur. Maksimum sıcaklık 418,5 K olarak analiz edilmiştir. Gövde üzerinde oluşan sıcak bölgelerin sebebi ampulden olan taşınımdır. Sistem içinde maksimum hız yaklaşık 0,3 m/s'dir. Sistem içindeki hız dağılımlarını temsil eden analiz sonucu Şekil 2.30'da verilmiştir. Minimum sıcaklığın ise ampulün alt bölgesinde oluştuğu 413 K belirtilmiştir.



Şekil 2.28 a) Ampul sıcaklık dağılımı b) Ampul içinde olan vektörel sıcaklık dağılımı (Fischer 2005)



Şekil 2.29 a) Lens sıcaklık dağılımı b) Gövde reflektör sıcaklık dağılımı (Fischer 2005)



Şekil 2.30 Ampul etrafında akış (Fischer 2005)

Yapılan tasarımlarda karşılaşılan bir diğer sorun ise far içindeki sıcak havanın hacim içindeki, sirkülasyonudur. Cihaz içinde oluşan sıcaklığın dağılımında gerekli bölgelere

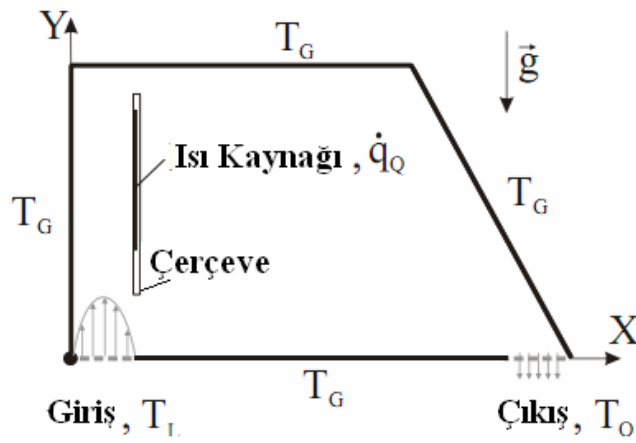
açılan havalandırma delikleri cihaz içindeki havanın değişimi ve sıcak havanın sirkülasyonunu hedeflemektedir. Fakat soğutma ve havalandırma anlamında alınan bu önlem nemlenme sorununa da neden olabilmektedir. Bu durum, ürün için hiç istenmeyen bir durumdur. Souza ve ark. (2005) bu konu üzerine bir araştırma yapmışlardır. Araştırmada tasarımın mükemmelliği sayesinde hava sirkülasyonunun daha rahat sağlanabilmesi ve nem sorununun önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Bu araştırmada reflektör duvarlarında oluşan sıcaklıklar deneysel anlamda termokupullarla ölçülmüştür. Ölçümler sürekli olarak kararlı ortamda yapılmış ve akış tipinin hız bileşenleri incelenmiştir.

Kupper ve Schug (2002), yaptıkları araştırmada öncelikli olarak far bileşenleri, ölçüm teknikleri gibi konular incelenmiş ve tahmin edilemeyen bölge sıcaklıkları, akış hızları araştırılmıştır. Araştırma için Volkswagen Polo farı örnek model olarak alınmıştır. Far bileşenleri gövde, ampullerin önünde çift hüzmeye şeklinde tasarlanmış şeffaf lens kısa, uzun hüzmeye, sinyal ve park lambasından oluşan reflektör yapısı, ayrıca estetik çerçeve ismiyle anılan reflektör ön yüzeyine montajı yapılan parçalardır. Estetik çerçeveler, sinyal ve uzun hüzmeye arasındaki estetiksel bir ayrımı oluşturmaktadır. Araştırmada araç aydınlatmada yaygın olarak kullanılan halojen ampuller kullanılmıştır. Çünkü halojen ampuller enkindens ampullere göre % 25 daha fazla ışık vermekteler. Her bir ampule 13,2 W güç verilmiştir. Ölçümlerde ise güç %10 oranında arttırılarak verilmiştir. Far gövdesine içerideki sıcak havayı dışarı atacak, dışarıdaki soğuk havayı içeri alacak hava sirkülasyonuna yardım edecek 4 adet havalandırma deliği açılmıştır. Bu deliklerden iki tanesi dışarı diğer ikisi iç hacme açıktır. Araştırmada bu deliklerden sadece ikisi açık olarak tasarlanmıştır. Halojen ampullerde tungsten filaman sıcaklığının 3000 K'e kadar yükseldiği, ısı kaynağının ışınım yolu ile cam yüzeyinden hem ışınım hem taşınım yolu ile ısı transferi yapan ısı kaynağı olduğu belirtilmiştir.

Langebach ve ark. (2007) far içi ısı taşınım ve ışınımı konusunu, deneysel olarak basınç değişim modeline göre incelemişlerdir. Bu deneysel çalışmada ön aydınlatma ürünlerinde doğal taşınımlı ısı transferi ve ışınım ile ısı transferi araştırılmıştır. Basit olarak geometri; H7 ampul, reflektör, gövde ve lensten oluşmaktadır. Taşınım ve ışınım ile olan ısı transferi arasındaki değişim, kapalı iç çevredeki basıncın azalmasına ve

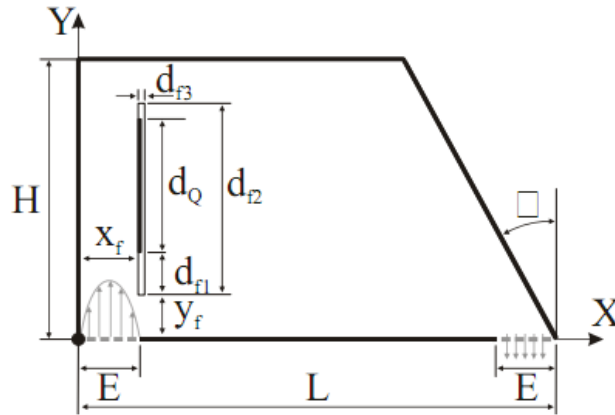
mevcutta gerçekleşen ısı transferinin sınırlanmasına sebep olduğu tespit edilmiştir. Deneysel çalışmada lens üzerindeki sıcaklık dağılımı Rayleigh sayısına, görüş faktörüne ve emisyon katsayısına göre incelenmiştir. Düşük emisyon katsayısına sahip reflektör yapılarında ışınlama olan ısı transferi etkisinin iletimle olan ısı transferinden daha fazla olduğu görülmüştür. Diğer yandan yüksek emisyon katsayısına sahip reflektör yapılarında her iki ısı transfer şeklinin de aynı büyüklükte etki gösterdiği görülmüştür. Işık kaynağı olarak kullanılan halojen ampuller, yüksek yoğunlukta boşalmalı ampuller, HID ve LED yapılı kaynaklar, ısı enerjisinin bileşenler üzerinde etkili olmasını sağlayan kaynaklar olarak bahsedilmiştir. Farlar iç yapıları itibarıyla bir veya birden fazla ısı kaynağına sahiptir. Isı kaynağı çevresi opak reflektör yüzeyleri ve şeffaf bir lens ile çevrilmiştir. ayalandırma delikleri sayılmaz ise aydınlatma elemanı sıkıştırılmış hava ile dolu olan bir bileşen olarak tarif edilmektedir. Çalışmada iç ısı kaynağı olan ampul, ısı taşınımı ve ışınlama ısı transferini tetikleyen unsurdur. Işınlama ısı transferi far içindeki bileşenleri direkt olarak etkiler bazı bileşenler absorbe özelliği ile; reflektör gibi yansıtıcı yüzeyi olan bileşenler yansıtarak ısı anlamında dengede kalmaya çalıştığı anlatılmıştır. Çalışmada Sun ve Emery (1997) araştırmasını temel almıştır. Sun ve Emery araştırmalarında sıcaklık dağılımları, iç hacimdeki akışı ve akışa engel bileşenleri, taşınım ile olan ısı transferini incelemişlerdir. Araştırmanın bir diğer temel kaynağı Barozzi ve Corticelli (2000), Yerkes ve Faghri (2000) gibi deneysel ve numerik olan çalışmalarında doğal ve karışık ısı transferini elektronik cihazların soğutulması kapsamında inceleyen araştırmalardır. Araştırmaları ısı kaynağının sadece kendi şekline bağlı olmadığını, aynı zamanda kaynağı çevreleyen bileşenlerin yüzey yapılarına ve özelliklerine bağlı olduğunu ortaya koymuştur. Araştırmalarda Rayleigh sayısının kritik değerleri üzerinde çözümlerde ısı transferindeki dalgalanmaların zamana bağlı olduğunu ortaya çıkarılmıştır. Genel olarak elektronik alanda yapılan analizlerde sadece dağınık yayılan ısı, dolayısı ile dağınık ışınımın söz konusu olduğu görülmüştür. Direkt ışınımın da mümkün olduğunu Spiga ve Spiga (1985) araştırmasında görebilmekteyiz. Araştırmacılar numerik olarak araştırdıkları ısı transferi konusunda yansıtıcı yüzey ile birlikte iki ışınım yapan yansıtıcı paralel yüzey kullanmışlardır. Sonuç olarak yüzeylerin yansıtma ve ışınım yayma özelliğinin ısı transferini etkilediği görülmüştür.

Araç aydınlatma sistemlerinin içinde doğal taşınım ile gerçekleşen ısı transferi kontrol edilemeyen bir parametredir. Doğal taşınım konusunda “basit kapalı” hacimler için literatürde geniş olarak incelenmiş başka bir konudur. Doğal taşınım ile ilgili en bilinen çalışmalar Rayleigh Bernard tarafından dik yüzeylerde ısıtma ve soğutma anlamında incelenmiştir. Doğal taşınımı konu alan bir başka çalışma ise Langebach ve ark. (2007) tarafından yapılmıştır. Çalışmada iç ısı kaynağından yayılan ısının dağılımını etkileyen parametreler incelenmiştir. Çalışmada öncelikle araç ön farının şematik bir şekli belirlenmiştir. İki boyutlu analiz için belirlenen şematik gösterim Şekil 2.31’de verilmiştir.



Şekil 2.31. Örnek far şematik gösterimi (Langebach ve ark. 2007)

Araştırmada şekilde görüldüğü gibi farı çevreleyen dış havanın T_G sıcaklığında olduğu kabul edilmiştir. Lens dikey ile açı yapan bir yüzey olarak tasarlanmıştır. Farın ölçümsel boyutları Şekil 2.32’de verilmiştir.

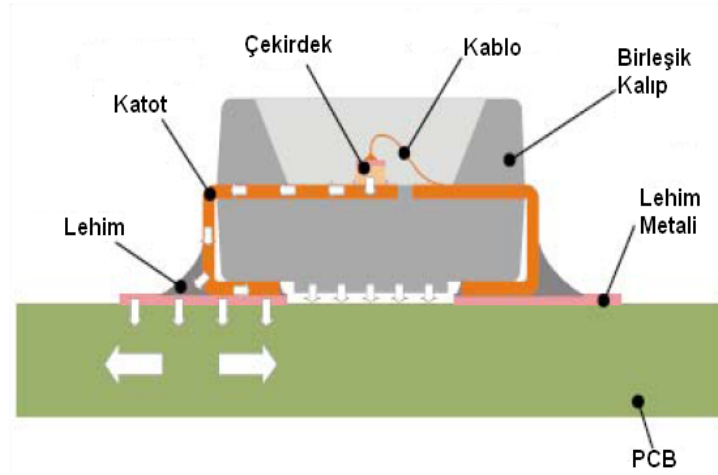


Şekil 2.32. Örnek farın boyutları (Langebach ve ark. 2007)

Isı kaynağı, araştırmada altı farklı pozisyona yerleştirilerek ısı kaynağının konumuna göre far içindeki sıcaklık yayılımı incelenmiştir. Araştırmada sistemin nümerik çözümlemesi sonlu hacimler kodu ile FLUENT 6.2 yazılımı ile çözümlenmiştir. Çözümleme sıkıştırılmayan, sürekli rejimde ve iki boyutlu akış kabulü yapılarak gerçekleştirilmiştir. Daha sonra ısı transferi doğal taşınım ile karşılaştırılmıştır. Araştırmada ısı kaynağı far içinde farklı konumlarda yerleştirilmiştir. Bu konumlara göre ısı kaynağının konumuna bağlı farklı sonuçlar elde edilmiştir.

Yapılan araştırmalar araç aydınlatma sistemlerinin ısı analizleri ile tasarım problemlerinin çözülmesi üzerine oldukça faydalı gelişmeler sağlarken, dünya otomotiv sanayisinde yerini almaya başlayan LED uygulamaları ısıl analizlerin önemini daha da arttırmıştır. Led uygulamalı sistemlerin üzerine yapılan çalışmalardan biri Bielecki ve ark. (2007) tarafından yapılmıştır. Araştırmada ledlerin baskı devresine bağlantı bölgelerinde oluşan yüksek sıcaklık değerlerinin tespiti konu alınmıştır. İncelenen ledli sistemde sıcaklıkların ölçümü için iki yol kullanılmıştır. Birinci yol üretici tarafından sağlanan özel termal rezistanslar ile ölçümleri içermektedir. Bu araştırmada indirekt olarak isimlendirilmiştir. Direkt ise birleşim bölgelerinde akımın 0,1 mA'dan küçük olan bölgelerde gerçek sıcaklıkları ölçmektedir. Araştırmada bilgisayar modeli ile oluşturulacak kanatçıklı yapıların daha yüksek yoğunluklu ledlerin yapımına olanak sağlayacağından söz edilmiştir. Bu araştırma deney tasarımı yöntemi ile çözümlenmiştir. Bilinen uygulamalardan biri olan deney tasarımı yöntemi probleme etki eden unsurların önem derecelerini tespit etmekte ve önem sırasını belirlemektedir. Bu araştırmada da 3 seviyeli ve 3 faktörlü bir matris çözümlenmiştir. Kullanılan faktörler ısı transfer alanı, ısı iletim katsayısı ve çevre sıcaklığı olarak belirlenmiştir. Bu faktörlerle birlikte 2. dereceden bir matematiksel model oluşturulmuştur. Araştırma öncelikli olarak çözüm yöntemini ortaya koyduktan sonra ledli olmayan sistemler üzerinden tespitler ile ledli yapılara doğru bir genişleme göstermiştir. Araştırmaya göre araç aydınlatma sistemlerinde sıcaklığın kritik olduğu iki nokta olduğu ifade edilmiştir. Birinci nokta diğer araştırmalarında doğrulayacağı gibi ışık kaynağının üst bölgesinde doğal taşınım ile oluşan sıcaklıktır. İkinci nokta ise ışınım ile gerçekleşen ısı transferi ile lens üzerinde oluşan sıcak bölgelerdir. Araştırmacılar lens üzerinde oluşan sıcak bölgelerin sıcaklığının geometrinin boyutuna, lensin konumuna ve reflektörün optik özelliklerine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmada ledlerin değişik fonksiyonlarda

uygulamalarının geleneksel ampullere göre avantajlı olduğu bazı yönleri anlatılmıştır. Ledlerin (ışık yayan diyot) SAE-ECE standartlarına göre tanımlanmış her renkte üretilebildiği, far içinde kullanılan parçalarının ledli sistemler sebebiyle azaltılabildiği, ledlerin renklendirilebilmesinden dolayı renkli lens yapımından maliyet açısından fayda sağlandığı, daha küçük ve estetik tasarımlara imkan tanıdığı gibi birçok avantajından bahsedilmektedir. Ledlerin sağladığı enerji tasarrufuna dikkat çekilmektedir. Hatta güç çekişi daha fazla olan başka led yapılarının kullanılmasının bile geleneksel ampullerden daha az enerji harcadığı ifade edilmiştir. Enerji açısından elde edilen bu avantajın araç aydınlatma sektöründe maliyet anlamında büyük faydalar sağladığı belirtilmiştir. Isı transferi anlamında geleneksel ampullerden olan ışıyım ile ısı transferinin ledli sistemlerde daha az olduğu ortaya konmuştur. Bu sebepten dolayı tasarım bakımından birçok avantaj elde edilmiştir. Ledli sistemlerde sıcaklık bakımından önemli bir nokta P-N (anot-katot) bağlantı noktalarının sıcaklıkları (T_j) olarak belirlenmiştir. Bağlantı noktalarının sıcaklığının yüksek oluşu ledlerden çıkan ışık kuvvetini ve led ömrünü olumsuz yönde etkilemektedir. Bu yüzden doğru tasarım sıcaklığının maksimum orandan aşağıda tutulması amaçlanmaktadır. Ledlerin Şekil 2.33'de görülen şekilde PCB üzerine montajında maksimum sıcaklık $100-125^{\circ}\text{C}$ olması gerektiği güçlü led sistemleri kullanılıyorsa birleştirme sıcaklığının 160°C kadar çıkabileceği araştırma içinde belirtilmiştir. Ledli sistemler içinde ısının büyük bir miktarı elektriğin çevrimi ile oluştuğu ortaya çıkan ısısında genelde iletim yoluyla yayıldığı ifade edilmiştir. Burada ısı transferi kalıptan metal tabana yada kurşun çerçeveye doğru olduğu görülmüştür. Isının buradan da PCB'ye iletim ve taşınım yolu ile ilerlediği gözlemlenmiştir. Üretilen ısının çoğu çevreye atılabilirken az bir miktarının da sistem içinde kaldığı, bu yüzden ısı akış yolunun mümkün olduğunca kısa tasarlanması gerektiği belirtilmiştir. Örnek bir led yapısı ve ısı akış yolu Şekil 2.33'de görülmektedir.

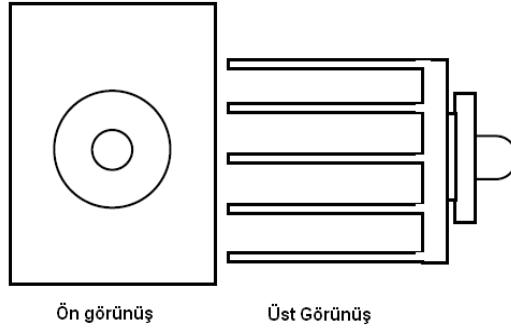


Şekil 2.33. Basit led yapısı ve ısı yayılma yolu (Bielecki ve ark. 2007)

Isı transfer yolunun uzunluğu daha çok sinyal ve stop uygulamalarında önemli derecede etkindir. Özellikle yüksek güç çeken led kullanımlarında ısı akış yolunun uzunluğu olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Özellikle birleşik çalışan sistemlerde yani halojen bir ampul ile led sistemi bir arada kullanılırsa, led yapısının kendi gücüyle ısıttığı ortam sıcaklığından daha yüksek ortam sıcaklığında çalıştırılması gerektiği anlatılmıştır. Çevre sıcaklığının da led sistemleri için önemi vurgulanmıştır. Araştırmacılar çalışmalarında geleneksel ısı yönetim sistemlerini maliyetler nedeniyle seçmek zorunda kalmışlardır. Araştırmada kritik T_J sıcaklığının ölçümü için iki ayrı metot öngörülmüştür. İndirekt ve direkt metot olarak adlandırılan bu methotlardan indirekt methotta anot yada katotdaki sıcaklık T_c ölçülür. Bu değere ek olarak led üreticisi firmadan alınan ısıl dayanım katsayısı R_{thjc} ile kullanılarak T_J elde edilecektir.

Araştırmada kritik birleşim sıcaklığını bulmak için direkt metot ise led sistemi çok küçük $<100mA$ değerinde bir güçle test edilerek V_J değerleri alınır. Bu değerler değişen çevre sıcaklıklarına göre alınmıştır. Alınan bu değerler V_J ve T_J arasında bir doğrusal bağlantı ortaya çıkmıştır. Küçük V_J oranlarında T_J değerleri okunarak ledlerin sıralanışı tespit edilmiştir. Doğrusal bağıntıya göre T_J 'nin değişik değerlerinde V_J değerleri okunmuştur. Araştırmada ampule verilen gücün ısıl problemin oluşmasında önemli bir etken olduğu belirtilmiştir. Araştırma esnasında $25^{\circ}C$ çevre sıcaklığında sistemin çalışma sıcaklığı $85^{\circ}C$ olarak tespit edilmiştir. Diğer sistem bileşenlerinin bu sıcaklıktan küçük sıcaklıkların olduğu yerlere yerleştirilmesi tavsiye edilmiştir. Araştırmanın asıl amacı olan led için ısı kalkanı tasarımını belirleyen faktörler

doğrultusunda DOE kullanılarak yapmaktır. Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak daha kolay çözülebilen ısı problemlerde araştırmacılar maliyet düşürmek için bu yöntemi seçmişlerdir. Led sistemi için seçilen ısı kalkanı aliminyum malzemeden seçilmiş ve ısı iletim katsayısı 169 W/mK olarak alınmıştır. Led ısı kalkanı üzerine tam ortasına gelecek şekilde Şekil 2.34'deki gibi yerleştirilmiştir.



Şekil 2.34. Led-ısı kalkanı görünümü (Bielecki ve ark. 2007)

Led 3,3 W'lık bir güç üretimi yapmaktadır. Deney tasarım yöntemi ile çözümlenen sistem bilgisayar destekli mühendislik yöntemi ile çözümlenen yöntem ile karşılaştırılmıştır. Deney tasarımı yönteminde kabul edilen faktörler ve matrisi aşağıdaki Çizelge 2.7'de verilmiştir.

Çizelge 2.7. Faktörler (Bielecki ve ark. 2007)

Faktörler	Düşük Seviye	Orta Seviye	Üst Seviye
SA (mm ²)	7452	13505	21308
H (W/m ² K)	5	10	15
TE (°C)	20	50	80

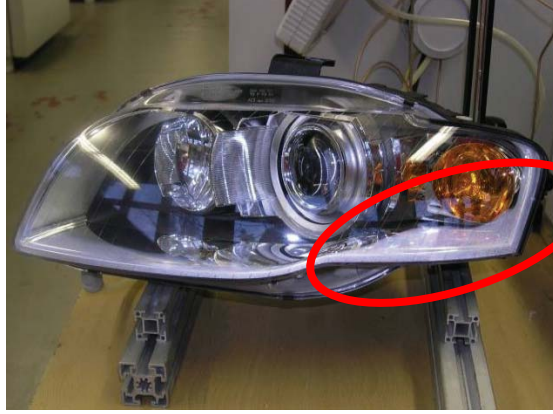
Çizelgede; SA: Isı kalkanı efektif alanı, H: Isı taşınım katsayısı, TE: Çevre Sıcaklığı'dır. Araştırma sonucu analiz sonuçları ile karşılaştırıldığında %100'e yakın bir yakınsama söz konusu olduğu görülmüştür. Araştırmada elde edilen sonuçlara göre ısı kanatçık alanı, ısı taşınım katsayısının ve çevre sıcaklığının ısı kanatçığı tasarımında ve sıcaklık dağılımında oldukça etkili olduğu görülmüştür. Araştırmalarda hesaplamalı akışkan mekaniği çözümleri genelde ticari bir yazılım olan ANSYS ile yapılmaktadırlar. Ledlerin ve ampullerin ısı davranışlarını ANSYS yazılımı ile inceleyen bir çalışmada Filipuzzi ve ark. (2007) tarafından yapılmıştır. Araştırma ANSYS CFX-11 kullanılarak

stop far üzerinde yapılmıştır. Araştırmada doğal taşınım ve ışınım incelenmiştir. Işınım modeli ray-tracing metodu ile çözümlenmiştir. Çalışmada fiziksel model hazırlanırken hacim içinde olan birleşik ısı transferi dikkate alınmıştır. Çalışmada iletim ve taşınım modellenmesi için Navier Stokes ve enerji eşitlik denklemi kullanılmıştır. Ledlerin gerek optik ve gerekse ömürlerini tayin eden T_j sıcaklığının belirlenmesi üzerine Kukichi ve ark. (2005) ısı iletim dirençlerini temel alan çalışması olmuştur. Junction sıcaklığının hesaplanması üzerine bir diğer çalışma (Anonim 2002) olmuştur. Led sistemlerinin temel ısıl yönetimleri üzerine Vora ve Vijaykumar (2009) temel bir çalışma yapmıştır. Çalışmada baskı devresinin iç yapısına göre ısıl direnç hesapları ele alınmıştır. T_j değeri için eşitlikler verilmiştir. Isı akışının rahat sağlanabilmesi için oluşturulması gereken geometrilerin tanımı yapılmıştır. Baskı devresi üzerinde oluşturulan bakır tabakaların kalınlığının artırılması ile ısı iletimin artacağı ve T_j üzerinde 20°C varan sıcaklık düşümlerine sebep olacağı ifade edilmiştir. T_j sıcaklığının istenen değerlerin altında kalabilmesi için ayrıca baskı devresi alanının yeterli büyüklükte olması gerektiği ifade edilmiştir. Led ve baskı devreleri üzerinden ısının atılması üzerine Sheu ve ark. (2005) ısı iletimi ve ısıl dirençlerini temel alan bir çalışmaya imza atmışlardır. Ledlerin sıcaklık problemine karşı soğutma şeklini inceleyen bir çalışma da Jang ve Shin (2008) tarafından yapılmıştır. Ledlerin ısıl davranışları üzerine bir diğer çalışma ise Poppe ve Lasance (2005) tarafından yapılmıştır. Ledli sistemlerin sıvı ile çalışmasını temel alan çalışma Lai ve ark. (2009) tarafından yapılmıştır. Çalışmada iç hacme eklenen sirkülasyon pompası ile ledlerin su ile soğutulması hedeflenmiştir. Elektronik devrelerin ısıl yönetimi üzerine Bernhard ve Ludwig (1998) led yerleştirilmiş baskı devrelerini ısıl analizi üzerine çalışmışlardır. Hamm (2005) ise led kullanımı ile araç aydınlatma ürünlerinde değişecek ve gelişecek konulardan bahsetmiştir. Led T_j ve ledlerin ısıl yönetimi için yapılan bazı çalışmalar: Clemens ve Simons 2005, Lee 1995, Arika ve ark. 2004, Christansen ve Graham 2009, Jang ve ark. 2012, Hu ve ark. 2012. Ledlerin soğutulması ve kanatçık tasarımı üzerine bir uygulama notu olarak GE lighting (2009) çalışması yapılmıştır. Çalışmada çevre sıcaklığına bağlı doğal taşınım incelenmiştir. Çevre ve baskı devresi sıcaklığına bağlı gerekli soğutma alanı hesabı örneği yapılmıştır. Kukichi ve Ark. (2006) üç boyutlu model üzerinde T_j değeri belirleme çalışması yapmışlardır.

Işınım modeli Monte-Carlo şeması yardımıyla Ray-tracing tekniği yardımıyla modellenmiştir. Ray-tracing metodu ışık kaynaklarından yayılan ışınları izleyip, ortamdaki cisimlerin bu ışınları kırma, yansıtma gibi hallerinin hesaplanması olarak açıklanabilir. Araştırmada ANSYS CFX içinde filamandan yayılan fotonların sistem içinde nereye hangi yol ile ve nerede son bulduğu gibi verilerin toplandığı bir kütüphane oluşturulmuştur. Araştırmacılar akışkan modellemesinde iki farklı akış modeli kullanmışlardır. Bu modellerden biri laminar model olup ampul içindeki gaza uygulanmıştır. Türbülans modeli ise far içine uygulanmıştır. Her iki modelde farklı akış hızları elde edilmiştir. Türbülans model için ise Shear-Stress-Transport k-w modeli kullanılmıştır. Araştırmacılar bu metodu kullanmalarının sebebinin numerik ve bilgisayar hesaplamalı sistemlerde karşılaştırma olanağı sağlaması, duvar yaklaşımı için küçük Re değerleri ile daha doğru sonuçlar elde etmesi gibi gerekçelere bağlamışlardır.

Monte Carlo metodunu içeren bir diğer çalışma Henson ve Malalasekera (1997) tarafından Monte Carlo metodunun, Discrete transfer metodu ile karşılaştırılmasını içermektedir. Çalışmada Monte Carlo metodunun avantajları ortaya konmuştur. Monte Carlos modelinin kullanılacağı geometri özellikleri ise Ji ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışma ile ortaya konmuştur. Monte Carlo metodu için şeffaf ve yarı şeffaf malzeme seçiminin, ışık geçirgenliği ile paralel olarak önemli olduğu ortaya çıkmıştır.

Araç aydınlatma sistemlerinde sıcaklık farklılığından dolayı meydana gelen bir diğer problem olan yoğuşma üzerine yapılan çalışmalar çok eskiye dayanmamaktadır. Deponti ve ark. 2009 yılında yaptıkları çalışma ile araç aydınlatma sistemlerinde yoğuşma problemi ele alınmıştır. Çalışmada yapılan analiz, deneysel veriler ile karşılaştırılmış ve sonuçlar doğrulanmıştır. Yoğuşma ısı transferi ile birlikte gerçekleşen kütle transferine dayandırılmıştır. Yoğuşmanın trafikte önemli rol sahibi olan ön farlar üzerindeki olumsuz etkisine değinilmiştir. Özellikle ön far üzerinde oluşan yoğuşmanın farın fotometrik değerlerini olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Çalışmada Şekil 2.35'de örnek bir farda yoğuşma gösterilmiştir (Deponti ve ark. 2009).



Şekil 2.35. Ön farda yoğuşma (DePonti ve ark. 2009)

Yoğuşma problemi multifaz bir problemdir. Hava içinde bulunan su buharının sıvı hale geçmesi ile lensin iç yüzeyinde birikmesi sonucu oluşmaktadır. Çalışmada dikkat edilmesi gerekenlerin iç havanın değişen yoğunluk değerleri, sıcaklık değerleri ve dış havanın sıcaklığı olduğu ifade edilmiştir. Çalışmada far içinde akış şeklinin karaktersitiği laminar olarak kabul edilmiştir. Çözümde ampullere güç verilmiş ve analizde ışınım dikkate alınmıştır. Hava için tanımlamada içinde su buharı bulunan hava tanımı olarak ayrıca yapılmıştır. Yapılan yeni tanımlama ile ısıl analizde değişen sıcaklıklarla değişen yoğunluk dikkate alınmıştır. Yoğuşmayı engellemek ve ön far içinde havanın sirkülasyonu için yardımcı olan havalandırma deliklerinin yoğuşma analizinde modellenmesi gerekliliği belirtilmiştir. Test için özel bir test kabini yapılmış ve bu kabinde test koşulları uygulanmıştır. Özel test kabini Şekil 2.36’de görülmektedir.



Şekil 2.36. Yoğuşma test kabini (DePonti ve ark. 2009)

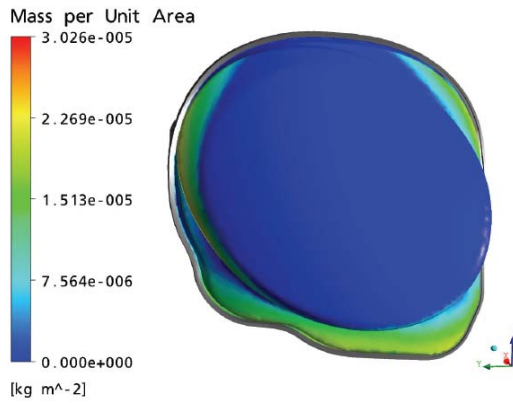
Çalışmada yapılan yoğuşma testi basamakları (Deponti ve ark. 2009):

a) Far prototipi araba modeli üzerinde yerleştirilmiş şekilde %95 izafi nemde ve 3-7 °C aralığında değişen hava şartlarında 12 saat boyunca tutulur.

b) Far içindeki ısı kaynakları, ampuller 20 dakika boyunca çalıştırılır.

c) 8°C su far üzerine püskürtülür, kabin içinde 30 km/s hızda rüzgar oluşturulur. Bu sırada motor düşük rejimde 30°C'de çalıştırılır. Bu adım sonunda yoğuşma olup olmadığı kontrol edilir.

d) Son basamakta %95 izafi nemde ve 3-7 °C aralığında değişen hava şartlarında yoğuşmanın giderilmesi için su püskürtme olmadan, motordan 50°C hava üretilmiş, 80 km/s hızda rüzgar oluşturulmuş ve yoğuşmanın yok olması beklenmiştir. Çalışma sonunda test ve analiz sonuçları karşılaştırılmalı olarak verilmiştir (Şekil 2.37).



a)



b)

Şekil 2.37. Yoğuşma a) Analiz sonucu b) Test sonucu (Deponti ve ark. 2009)

Çalışma sonunda analiz sonuçları ile test sonuçları tutmaktadır. Çalışma sonrası hava sirkülasyonunun az olduğu ve havanın sıkıştığı bölgelerde yoğuşma olduğu tespit edilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Enerjinin değişik formları ve bir formdan diğerine transferi, özellikle enerjinin transfer formları olarak tanımlanan iş ve ısı ile ilgilenen bilim dalı termodinamiktir. Böyle bir enerji transferi, kütle transferi ve sıcaklık farkı olmadan sistem sınırlarının değişmesi şeklinde gerçekleşiyorsa, enerji transferinin iş formunda gerçekleştiği söylenir. Diğer yandan, alışveriş sıcaklık farkı nedeniyle ise, enerjinin ısı olarak transfer edildiği söylenir. Diğer bir deyişle, sıcaklık farkı nedeniyle gerçekleşen enerji nakline ısı transferi denilmektedir. Bir sıcaklık farkının bulunmasının enerjinin ısı formunun tanımlanmasında ayırt edici bir özellik olduğuna dikkat edilmelidir.

Bir ortamda yada ortamlar arasında bir sıcaklık farkı mevcutsa burada ısı transferi olacaktır. Isı transferi olayı gerçekleştiği fiziksel durumuna göre farklı mekanizma yada modlarda incelenir. Bir katı yada durgun akışkan ortamında bir sıcaklık farkı mevcut ise bu ortamdaki ısı transferini tanımlamak için iletim terimi kullanılır. Bir yüzey ve hareketli bir akışkan arasında sıcaklık gradyanı söz konusu ise bu iki ortam arasındaki ısı transfer modunu tanımlamak için taşınım terimi kullanılır. Sonlu sıcaklıktaki bütün yüzeyler elektromanyetik dalga formunda enerji yayarlar. Bu nedenle farklı sıcaklıklarda bulunan ve birbirini aralarında engelleyici bir ortam olmadan gören iki yüzey arasında ışımla ısı transferi vardır (Kılıç ve Yiğit 2000).

3.1.1 İletimle ısı transferi

Isı transferinin bir modu olan iletimle ısı tranferi atomik yada moleküler seviyedeki aktiviteler ile ilişkilidir. İletim bir maddenin partikülleri arasındaki ilişki esnasında daha fazla enerjiye sahip olan partikülden daha az enerjiye sahip partiküllere enerji transferi olarak düşünülebilir. Isı iletiminin temel denklemi Fourier ısı iletimi kanunu ile ifade edilir. Fourier ısı iletimi kanunu yapılan gözlemler ve deneyle sonucu elde edilmiştir. Bu kanunu açıklamak için bir yan yüzeyi yalıtılmış bir metal çubuğu ele alalım. Silindir şeklindeki metal çubuğun uç yüzeyleri $T_1 > T_2$ olacak şekilde sabit sıcaklıkta tutulduğunu kabul edelim. Bu durumda iki uç yüzey arasındaki sıcaklık farkı pozitif x yönünde ısı transferine sebep olacaktır. Birim zamanda ölçülen ısı transfer miktarı Q_x ölçülebilir ve

Q_x 'in yüzeyler arası sıcaklık farkı $\Delta T = (T_1 - T_2)$, kesit alanı $A (=A_1 = A_2)$ ve çubuğun boyu $L (=x_2 - x_1)$ değişimi ile incelenmiştir. İlk olarak ΔT ve L sabit tutulmuş, kesit alan A değiştirilmiştir. Bu durumda Q_x in, A ile doğru orantılı olduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde yapılan deneysel çalışmalar sonucu Q_x 'in ΔT ile doğru L ile ters orantılı olarak değiştiği gözlenmiştir. Bütün bu veriler toplandığında;

$$Q_x \propto A \frac{\Delta T}{L} \quad (3.1)$$

olarak ifade edilmiştir. Isı iletiminde malzeme farklılığının varlığı nedeniyle her malzemenin özelliği olan ısı iletim katsayısının (k) varlığı yine deneyler sonucu tespit edilmiştir. Isı iletimi azalan yönde olacağından pozitif ısı transferi oranı Q_x için eksi işareti gerekmektedir.

$$Q_x = -k A \frac{dT}{dx} \quad [W] \quad (3.2)$$

Burada ki, ısı iletim katsayısı k (W/mK), ve A (m^2) ısı transferine dik alandır. Eşitlik 3.2'den faydalanılarak birim zamanda birim alandan transfer edilen enerji olarak ısı akısı (q_x [W/m^2]) aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$q_x = \frac{Q_x}{A} = -k \frac{dT}{dx} \quad [W/m^2] \quad (3.3)$$

Isı akısı yöne bağımlı bir büyüklüktür, q_x in yönü sıcaklık farkının olduğu doğrultuya dik kesit alanına (A) normal doğrultudadır. Genel olarak, ısı akışının yönü daima sabit sıcaklıktaki (izotermal) yüzeye normaldir. Isı bir vektörel büyüklük olduğundan, Fourier ısı iletimi kanunu kartezyen koordinat sisteminde genel bir ifade olarak,

$$q = -k \nabla T = -k \left(i \frac{\partial T}{\partial x} + j \frac{\partial T}{\partial y} + k \frac{\partial T}{\partial z} \right) \quad [W/m^2] \quad (3.4)$$

formunu alır. Burada ∇ üç boyutlu del operatörü ve $T(x,y,z)$ skalar sıcaklık dağılımıdır.

Fourier ısı iletim kanunundan, ısı iletim katsayısı, k , x -yönünde şu şekilde tanımlanır (Kılıç ve Yiğit 2000).

$$k_x \equiv - \frac{Q_x}{A(\partial T/\partial x)} \quad (3.5)$$

Eşitlikten de görülebileceği gibi ısı iletim katsayısı malzemenin bir özelliği olmasının yanında yöne ve sıcaklığa da bağlıdır. Verilen bir sıcaklık gradyanı için, iletimle ısı akısı artan ısı iletim katsayısı ile artar. Genel olarak katılar sıvılardan, sıvılar ise gazlardan daha yüksek ısı iletim katsayısına sahiptirler. Isı iletim katsayısının değeri moleküller yada atomlar arasındaki mesafe ile bağlantılıdır. Bu yüzden akışkanlarda moleküller arası mesafe katılara nazaran daha fazla olduğu için ısı enerji transfer etkisi daha azdır. Bu nedenle gaz ve sıvıların ısı iletim katsayısı katılardan daha düşüktür (Incorpera ve DeWitt 2001).

3.1.1.1. Isıl direnç

Bu kavram, elektrik akımı ile ısının yayılması arasında bir benzerliğe dayanır. Bir elektrik direnci ile iletilen elektrik arasındaki ilişki, bir ısı direnci ile iletilen ısı arasındaki ilişkiye benzerdir. Direnç, bir potansiyel farkının, akıma oranı olarak tanımlanırsa, eşitlik 3.6'dan ısı iletim direncinin,

$$R_{t,iletim} \equiv \frac{T_{S,1} - T_{S,2}}{q_x} = \frac{L}{kA} \quad (3.6)$$

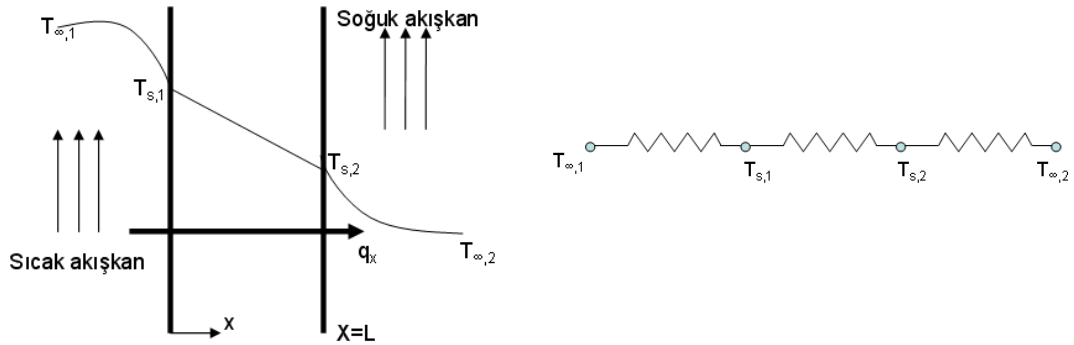
Bir ısı direnci, yüzeyde taşınım ile ısı geçişi ile de ilişkili olabilir. Newton soğuma yasası

$$q = hA(T_s - T_\infty) \quad (3.7)$$

olup, ısı taşınımının direnci aşağıdaki gibidir.

$$R_{i,iletim} \equiv \frac{T_{S,1} - T_{S,2}}{q} = \frac{1}{hA} \quad (3.8)$$

Devre benzetimi ısı geçişi problemlerinin çözümlenmesinde büyük kolaylık sağlar. Yüzeylerinde taşınım olan düzlemsel bir duvar için eşdeğer ısı devre Şekil 3.1'de gösterilmektedir. Geçen ısı, devredeki her bir elemanın ayrı olarak eşdeğerinin alınmasıyla belirlenebilir. Devre üzerinde q_x sabit olduğundan



Şekil 3.1. Isıl direnç örnek Şeması (Incorpera ve DeWitt 2001)

$$q_x = \frac{T_{\infty,1} - T_{S,1}}{1/h_1A} = \frac{T_{S,1} - T_{S,2}}{L/kA} = \frac{T_{S,2} - T_{\infty,2}}{1/h_2A} \quad (3.9)$$

elde edilir. $T_{\infty,1} - T_{\infty,2}$ toplam sıcaklık farkı ve R_{tot} toplam ısı direnç olmak üzere geçen ısı,

$$q_x = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,2}}{R_{toplaml}} \quad (3.10)$$

denklemlle gösterilebilir. İletim ve taşınım dirençleri seri bağlı olduklarından toplanabilirler ve toplam direnç (3.11) nolu denklem yardımıyla bulunur.

$$R_{toplaml} = \frac{1}{h_1A} + \frac{L}{kA} + \frac{1}{h_2A} \quad (3.11)$$

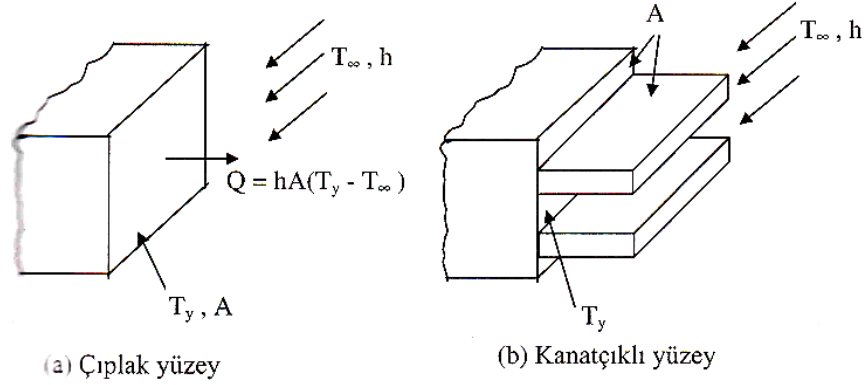
bulunur. Bir yüzey, kendini çevreleyen yüzeylerden bir gaz ile ayrılıyorsa başka bir direnç söz konusu olabilir. Bu direnç ışıma direncidir ve eşitlik 3.13'den belirlenebilir. Bu durumda ısı ışıma direnci

$$R_{t,ışınım} = \frac{T_s - T_C}{q_{ışınım}} = \frac{1}{h_r A} \quad (3.12)$$

olarak tanımlanabilir. Yüzey taşınım ve ışıma dirençleri paraleldir ve $T_\infty = T_C$ olması halinde, tek bir efektif yüzey direnci elde etmek için birleştirilebilirler (Incorpera ve DeWitt 2001).

3.1.1.2. Arttırılmış yüzeylerden ısı transferi

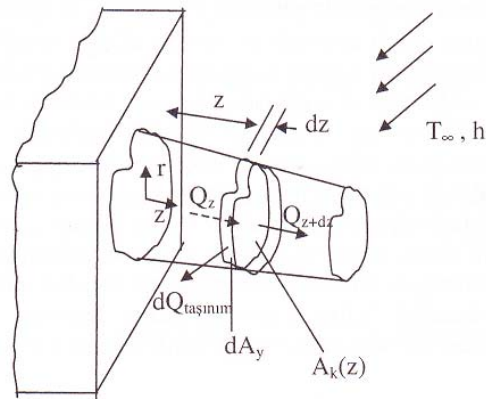
Arttırılmış yüzey terimi bir sistemden ısı transferini arttırmak maksadıyla yüzeye ilave edilen ve genellikle kanatçık adı ile anılan elemanların sisteme ilave edilmesini belirtmektedir. Bir katı yüzey ve akışkan arasında ısı transferi miktarını arttırmak için iletim – taşınım etkilerinin kullanıldığı bir çok durum mevcuttur. Bu kapsamda ısı transferini arttırmak için arttırılmış yüzeyler oldukça geniş uygulama alanına sahiptir. Aşağıdaki Şekil 3.2 (a)'yı ele alalım. Eğer T_y sabit ise, yüzey ile akışkan arasındaki ısı transferini arttırmanın hemen akla gelen iki yolu vardır. Akışkanın hızı arttırılırken ısı taşınım katsayısının değeri arttırılabilir ve / veya akışkan sıcaklığı T_∞ düşürülebilir. Ancak birçok durumda ısı taşınım katsayısının alabileceği maksimum değere yükseltmek ya gerekli ısı transferini sağlamakla yetersiz kalmakta ve/ya da bunu gerçekleştirmek için gerekli maliyet sınırlaması mevcut olmaktadır. Diğer taraftan ikinci yol olan T_∞ sıcaklığını düşürmek birçok durumda uygulanabilir değildir. Şekil 3.2 (b) de görüldüğü gibi üçüncü bir seçenek yüzeyin ısı transferine maruz alanını arttırmak ısı transferi miktarını arttıracaktır. Yüzey alanını arttırmakta kullanılan elemanların kanatçık olarak isimlendirildiğini yukarıda belirtmiştik. Isı iletim katsayısı ve kanatçık malzemesi kanatçık üzerindeki ısı transfer miktarını oldukça etkilerler. İdeal olanı kanatçık malzemesinin ısı iletim katsayısı büyük olmalıdır, böylece kanatçık tabanı ve ucu arasındaki sıcaklık değişimi minimuma getirilebilir.



Şekil 3.2.a) Çıplak yüzey b)Kanatçıklı ilavesi (Kılıç ve Yiğit 2000)

a) Arttırılmış Yüzeyler İçin Genel Diferansiyel Denklem

Bir arttırılmış yüzeyin ya da kanatçık düzenlemesinin yüzeyden akışkana olan ısı transferini ne kadar arttıracığının bilinmesi tasarım mühendisleri için önemlidir. Kanatçıkla ilgili olarak birim zamandaki ısı transferi miktarını bulabilmek için kanatçık boyunca olan sıcaklık dağılımının bilinmesi gereklidir. Genellikle, kanatçıkların uzunluk boyutu doğrultusundaki sıcak değişimi diğer boyutlardaki değişime göre daha büyüktür. Bu nedenle sıcaklık dağılımının sadece uzunluk boyunca olduğu kabul edilir. Ayrıca ışınlama ısı transferinin ihmal edilebilir düzeyde olduğu ve ısı taşınım katsayısının yüzey bolunca sabit olduğu kabul edilir.



Şekil 3.3 Rastgele şekil ve kesit alanına sahip bir kanatçıklı arttırılmış bir yüzey (Kılıç ve Yiğit 2000).

Şekil 3.3 de verilen \$dz\$ kalınlığındaki diferansiyel elemana enerji dengesini uygulayalım:

$$Q_z = Q_{z+dz} + dQ_{\text{taşıım}} \quad (3.13)$$

olacaktır. Burada Q_z diferansiyel elemana z yönünde birim zamanda giren enerji, Q_{z+dz} , diferansiyel elemandan z yönünde birim zamanda çıkan enerji ve $dQ_{\text{taşıım}}$ diferansiyel elemanın yanıl yüzeyinden (dA_y) birim zamanda taşıımla transfer edilen enerjidir (Kılıç ve Yiğit 2000).

b)Sabit kesitli kanatta ısı geçişi

Kanatçık kesit alanı (A_k) sabit olursa ve yanıl yüzey alanı $A_y=Pdz$ kesit çevresi (P) ile diferansiyel elemanın kalınlığı (dz) nin çarpımı olduğu hatırlanırsa yukarıdaki denklem:

$$\frac{d^2\theta}{dz^2} - \left(\frac{hP}{kA_k} \right) \theta = 0 \quad (3.14)$$

Şekline indirgenir. Burada

$$m = \sqrt{\frac{hP}{kA_k}} \quad (3.15)$$

şeklinde tarif edilirse;

$$z=L$$

Eşitlik 3.15 lineer, homojen, ikincil dereceden bir diferansiyel denklemdir ve genel çözümlü:

$$\theta(z) = C_1 e^{mz} + C_2 e^{-mz} \quad (3.16)$$

C_1 ve C_2 sabitleri sınır şartlarının kullanılmasıyla bulunabilir. Kanatçık tabanının ($z=0$) sabit T_t sıcaklığında tutulduğu kabul edilirse;

$$Z=0 \text{ da } T = T_t \quad \text{ya da} \quad \theta = \theta_t = T_t - T_\infty$$

İkinci sınır şartı kanat ucunda ($z=L$ 'de) tanımlanır. Burada muhtemel dört durum mevcuttur (Kılıç ve Yiğit 2000).

b.1.) Kanatçığın çok uzun olması durumu:

Kanatçık boyunun yeterince uzun olması durumunda kanatçık ucundaki sıcaklık çevresi ile aynı sıcaklıkta olacaktır diğer bir değişler $L \rightarrow \infty$ ise $\theta_L \rightarrow 0$ olacaktır. Bu durumda sıcaklık dağılımı ve birim zamandaki ısı transferi miktarı aşağıdaki gibi olacaktır (Kılıç ve Yiğit 2000).

$$\frac{\theta}{\theta_t} = e^{-mz} = \exp(-mz) \quad (3.17)$$

$$Q_{kanat} = \theta_b \sqrt{hPkA_k} \quad (3.18)$$

3.1.1.3 Kanatçık Performansı

a) Kanatçık Etkinliği

Kanatçıkların kullanım amacı ısı transferine maruz yüzey alanını arttırmak olduğu belirtilmişti. Ancak kanatçık ilavesi aynı zamanda yüzeyin iletim direncini arttıracaktır. Bu nedenle kanatçık ilavesinin ısı transferini ne ölçüde arttıracığını bilmek için kullanılan parametrelerden birisi kanatçık etkinliğidir. Kanatçık etkinliği kanatçık yüzeyinden transfer edilen ısının, kanatçiksız halde transfer edilen ısıya oranıdır.

$$\varepsilon_k = \frac{Q_{kanat}}{hA_{k,t}\theta_t} \quad (3.19)$$

şeklinde tarif edilir. Burada $A_{k,t}$ kanatçık tabanında kanatçığın kesit alanıdır. Kanatçık dizaynında (ε_k) nin mümkün olduğunca büyük olması istenir. Genel olarak $\varepsilon_k \geq 2$ ise

kanatçık dizaynı yapılır. Yüzeye kanatçık ilavesi ile yüzey ve akışkan arasındaki ısı taşınım katsayısının değeri değişmesine rağmen uygulamada bu değişim ihmal edilerek yüzeyin kanatçık ilave edilmemiş durumu için bulunan ısı taşınım katsayısı hesaplamalarda kullanılır. Önceki kısımda kanatçık boyunun çok uzun olması durumu için çıkarılan eşitlik 3.19 ile verilen Q_{kanat} ifadesini $hA_{k,t}\theta_b$ ye bölerek elde edilir.

$$\varepsilon_k = \left(\frac{kP}{hA_{k,t}} \right)^{1/2} \quad (3.20)$$

Buradan bazı önemli sonuçlar çıkarılabilir. Kanatçık etkinliğinin kullanılan malzemenin ısı iletim katsayısı ile doğru orantılı değiştiği açıktır. Dolayısıyla ısı iletim katsayısı yüksek olan malzemelerin seçimi kanatçığın etkinliğini arttıracaktır. Kanatçık etkinliği kanatçığın kesitinin çevresinin kesit alanına oranının artması ile de yükselmektedir. Bu nedenle ince fakat sıkça konumlandırılmış kanatçıklar tercih edilir. Fakat burada dikkat edilmesi gereken kanatçıkların belli bir değerden daha sık yerleştirilmesi ısı taşınım katsayısının değerini azaltacaktır dolayısıyla ısı transferi miktarı düşecektir. Eşitlik 3.20'den çıkarılabilecek diğer bir sonuç da kanatçık uygulamasının ısı taşınım katsayısının küçük olduğu tarafa uygulanmasının uygun olacağıdır. Örneğin kanatçıklar gaz ve sıvıyı ayıran bir yüzeye uygulanacak ise ısı taşınım katsayısının daha küçük olduğu gaz tarafına bunların konumlandırılmasının daha uygun olacağıdır. Buna en güzel örnek otomobillerin radyatörleri gösterilebilir.

Eşitlik 3.18, ε_k kanat boyunun sonsuza gitmesi durumu için bir üst limiti göstermektedir. Ancak uygulamada kanatçıkları çok uzun yapmak hem dizayn hem de maliyet açısından uygulanabilir değildir. Kanat ucunun yalıtılmış olması durumunda verilen kaynaktaki eşitsiliğe ve kanatçık boyunun çok uzun olması durumu için çıkarılan eşitlik 3.18 ile verilen Q_{kanat} ifadelerini oranlar ve 0.99 a eşitler ise $\tanh(mL) : 0.99$ den maksimum ısı transferi miktarının %99 oranına $mL:2.65$ olması durumunda ulaşılmaktadır. Bu durumda kanatçık bolunu $L:2.65/m$ den daha uzun yapmanın bir anlamı yoktur. Kanatçık etkinliği ısıl dirençler kullanılarak da ifade edilebilir. Kanatçık

taban sıcaklığı ve akışkan sıcaklıkları arasındaki farkı potansiyel farkı olarak kullanarak kanatçık iletim direnci şu şekilde tanımlanır:

$$R_k = \frac{\theta_t}{Q_{kanat}} \quad (3.21)$$

bu ifade arttırılmış yüzeyleri elektrik benzeşim devresi çizerek analiz etmede oldukça kullanışlıdır. Kanatçık tabanında taşınım direnci:

$$R_t = \frac{1}{hA_{k,t}} \quad (3.22)$$

bulunur. Eşitlik 3. 21 ve 3. 22 oranlanır ve Eşitlik 3. 20 ile karşılaştırılırsa:

$$\varepsilon_k = \frac{R_t}{R_k} \quad (3.23)$$

bulunur. Dolayısıyla kanatçık etkinliği ısıl dirençlerin oranı şeklinde de tarif edilebilir. Eğer kanatçık ısı transferi miktarını arttırıyorsa kanatçık iletim direnci kanatçık ilave edilmemiş yüzeyin taşınım direncini geçmemelidir (Incorpera ve DeWit 2001).

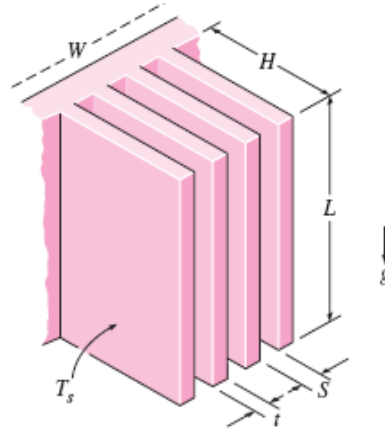
b) Kanatçık Verimi

Kanatçığın ısıl performansını gösteren diğer parametre kanatçık verimidir. Isı transferinin taşınım ile gerçekleşmesinde etken olan sıcaklık farkının maksimum olduğu durum kanatçık tabanı ile akışkan sıcaklıkları arasındaki farktır ($\theta_t = T_t - T_\infty$). Bu nedenle kanatçıktan transfer edilebilecek maksimum enerji miktarı kanatçığın bütün yüzeyinin kanatçık taban sıcaklığında olması durumunda gerçekleşir. Ancak, pratikte kanatçıkların iletim dirençleri vardır ve bundan dolayı kanatçık üzerinde sıcaklık basamağı mevcuttur. Kanatçığın bütün yüzeyinin kanatçık taban sıcaklığında olması durumu ideal bir durumu gösterir. O halde kanatçık verimi şu şekilde tarif edilebilir (Kılıç ve Yiğit 2000):

$$\eta_k = \frac{Q_{kanat}}{Q_{maksimum}} = \frac{Q_{kanat}}{hA_y\theta_b} \quad (3.24)$$

c) Dikdörtgen kesitli kanatçıkların etken aralığı

Dairesel kesitli kanatçıklar elektronik devrelerin ve bileşenlerin soğutulmasında önemli yer tutan geometrilerdir. Elektronik devre ya da PCB üzerindeki sıcaklığı iletim yoluyla kanatçıklara, oradan da doğal taşınım yolu ile çevre havaya vermektedir. Bu yüzden kanatçık tasarımı büyük önem arz etmektedir. Bar-Kohen ve Rohsenow 1984 senesinde yaptığı çalışmalarla akışa dik kanatçıklar için çeşitli uygulamalarla Nusselt sayısı tanımını ve efektif kanatçık aralığı hesabını geliştirmişlerdir. Hesaplamalar sabit yüzey sıcaklığı kabulü ile yapılmıştır (Cengel 2011). Şekil 3.4'de dikdörtgen kesitli kanatçık örneği verilmiştir.



Şekil 3.4 Dikdörtgen kesitli kanatçık (Çengel 2011)

$$Ra_s = Gr Pr = \frac{g\beta S^3 (T_y - T_\infty)}{v\alpha} \quad (3.25)$$

$$Ra_L = Gr Pr = \frac{g\beta L^3 (T_y - T_\infty)}{v\alpha} \quad (3.26)$$

$$Nu = \frac{h.S}{k} = \left(\frac{576}{(Ra_s S / L)^2} + \frac{2,873}{(Ra_s S / L)^{0,5}} \right)^{-0,5} \quad (3.27)$$

Optimum kanatçık aralığı için;

$$S_{opt} = 2,714 \cdot \left(\frac{S^3 L}{Ra_s} \right)^{0,25} = 2,714 \cdot \left(\frac{L}{Ra_L^{0,25}} \right) \quad (3.28)$$

ifadesi elde edilmiştir.

$$S = S_{opt}, \quad Nu = \frac{h S_{opt}}{k} = 1,307 \quad (3.29)$$

Eşitlik 3.29'dan elde edilen h değerlerine göre ısı transferi miktarı;

$$Q = h \cdot (2nLH) (T_s - T_\infty) \quad (3.30)$$

şeklinde bulunur. Kanatçık sayısı ise;

$$N = W / (S + t) \quad (3.31)$$

ile bulunmaktadır. Sabit yüzey sıcaklığı için yapılan hesaplamalara ek olarak PCB üzerinde sabit ısı akısına göre yine kanatçıklar arası aralık optimizasyonu yapılabilmektedir. Sabit ısı akısına göre Rayleigh, S aralık, Nusselt değerleri aşağıda verilmiştir.

$$Ra_s^* = \frac{g \beta S^4 q}{k \nu^2} \quad (3.32)$$

$$Nu = \frac{h_L \cdot S}{k} = \left(\frac{48}{(Ra_s^* S / L)} + \frac{2,51}{(Ra_s^* S / L)^{0,4}} \right)^{-0,5} \quad (3.33)$$

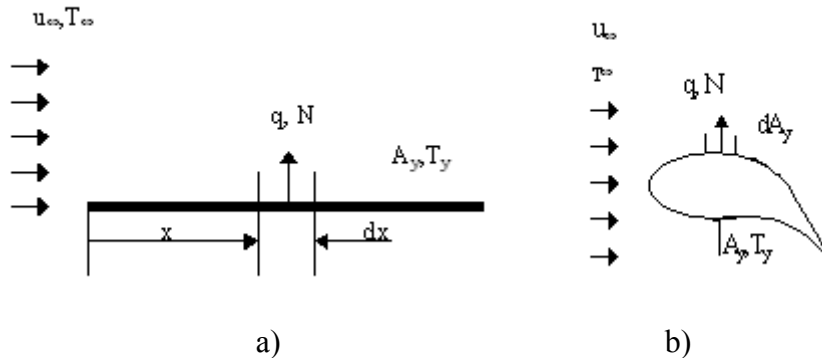
Sabit ısı akısında S_{opt} ;

$$S_{opt} = 2,12 \cdot \left(\frac{S^4 L}{Ra_s^*} \right)^{0,2} \quad (3.34)$$

Şeklinde hesaplanır

3.1.2 Taşınım ile ısı transferi

Akışkan hareketiyle ilişkili olan ısı transferinin bu modu esas olarak hem akışkan içinde moleküllerin etkileşimiyle gerçekleşen iletimle ısı transferi ve hem de akışkanın hareketi dolayısıyla enerjinin taşınması mekanizmalarının her ikisini de içerir. Eğer akışkanın hareketi yardımcı bir araç vasıtasıyla (fan yada pompa gibi) sağlanıyorsa, yada incelenen hacme belli bir hızla giriyorsa zorlanmış taşınım söz konusudur. Diğer taraftan, incelenen hacimde akışkan hareketi yoğunluk farklılığı dolayısıyla oluşuyorsa doğal taşınım ifadesi daha uygundur. Akışkan hareketi taşınım ile ısı transferinin ayırt edici bir özelliği olduğuna göre ısı transferinin bu modunu tanımlayabilmek için akışkanlar mekaniğinin prensiplerinin iyi anlaşılması gerekmektedir. Taşınım ile ısı ve kütle transferi, farklı sıcaklıktaki hareketli bir akışkan ile katı bir yüzey arasındaki madde ve enerji transferidir. Tanımından da görüleceği üzere, hareketli bir akışkan olması durumunda taşınım söz konusu olmaktadır. Taşınım ile ısı ve kütle transferinde sıcaklık dağılımının bulunabilmesi için hız dağılımının da bulunması gerekir. Çünkü akış hız dağılımı sıcaklık dağılımını etkileyecektir. Bu yüzden taşınım problemlerinin analitik çözümü basit geometrilerde bile son derece karmaşık bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Farklı sıcaklıktaki hareketli bir akışkan ile katı yüzey arasında meydana gelen ısı transferi olarak tarif edilen ısı taşınımının temel denklemi; Newton'un soğuma kanunu olarak bilinen şu eşitliktir (Incorpera ve DeWitt 2001).



Şekil 3.5 Farklı yüzeylerden taşınım ile ısı ve kütle transferi a) Düzlem levha b) Rastgele biçimli bir yüzey (Incorpera ve DeWitt 2001).

Şekil 3.5 (b)'de gösterilen akış ele alınsın. V hızında ve T_∞ sıcaklığında bir akışkan yüzey alanı A_S olan, rastgele biçimli bir cisim üzerinden akmaktadır. Yüzeyin T_S sıcaklığında olduğu varsayılmaktadır ve $T_S \neq T_\infty$ ise taşınım ile ısı geçişi olacaktır. Yerel ısı akısı q'' aşağıdaki denklemlerle ifade edilebilir.

$$q'' = h(T_S - T_\infty) \quad (3.35)$$

Burada h yerel taşınım katsayısı'dır. Yüzey üzerinde akış koşullarının noktadan noktaya değişmesi nedeniyle, yüzey boyunca q'' ve h değişir. Toplam ısı geçişi q , yerel ısı akısının bütün yüzey üzerinde integrasyonu ile elde edilebilir. Bu ise,

$$q = \int_{A_S} q'' dA_S \quad (3.36)$$

veya eşitlik 3.36 yardımıyla;

$$q = (T_S - T_\infty) \int_{A_S} h dA_S \quad (3.37)$$

olarak yazılabilir.

Tüm yüzey için ortalama taşınım katsayısı, \bar{h} tanımlanırsa, toplam ısı geçişi aşağıdaki gibi gösterilebilir.

$$q = \bar{h} A_S (T_S - T_\infty) \quad (3.38)$$

Eşitlik 3.37 ve 3.38'in eşitlenmesiyle, ortalama ve yerel taşınım katsayıları arasındaki ilişki bulunur:

$$\bar{h} = \frac{1}{A_S} \int_{A_S} h dA_S \quad (3.48)$$

Düz levha üzerinde akış için eşitlik,

$$\bar{h} = \frac{1}{L} \int_0^L h dx \quad (3.49)$$

biçiminde düzenlenir.

Benzer sonuçlar taşınım ile kütle geçişi için elde edilebilir. Eğer içindeki A maddesinin mol derişikliği $C_{A,\infty}$ olan bir akışkan bir yüzey üzerinden akıyorsa ve yüzey üzerinde A'nın derişikliği $C_{A,S} \neq C_{A,\infty}$ değerinde ise, taşınım ile kütle geçişi olacaktır. A maddesi genellikle katı veya sıvı bir yüzeyden, süblimleme veya buharlaşma ile gaz akışı içine geçer. Söz konusu olan kütle geçişinin hangi hızla olduğudur. Isı geçişinde bu hız taşınım katsayısı ile belirlenir. Burada da A'nın mol akısı, kütle geçiş katsayısı ve derişiklik farkı ile gösterilebilir. A maddesinin mol akısı N_A'' ($kmol/s \cdot m^2$) aşağıdaki denklemlerle ifade edilebilir:

$$N_A'' = h_m (C_{A,S} - C_{A,\infty}) \quad (3.50)$$

Burada h_m (m/s) taşınım ile kütle geçiş katsayısı'dır. Mol derişiklikleri $C_{A,S}, C_{A,\infty}$ ($kmol/m^3$) birimindedir. Tüm yüzey için toplam kütle geçişi, N_A ($kmol/s$) aşağıdaki denklemlerle ifade edilebilir.

$$N_A = \bar{h}_m A_S (C_{A,S} - C_{A,\infty}) \quad (3.51)$$

Burada ortalama ve yerel kütle geçiş katsayıları aşağıdaki biçimde ilişkilendirilebilir.

$$\bar{h} = \frac{1}{A_S} \int_{A_S} h_m dA_S \quad (3.52)$$

Düz levha için;

$$\bar{h} = \frac{1}{L} \int_0^L h_m dx \quad (3.53)$$

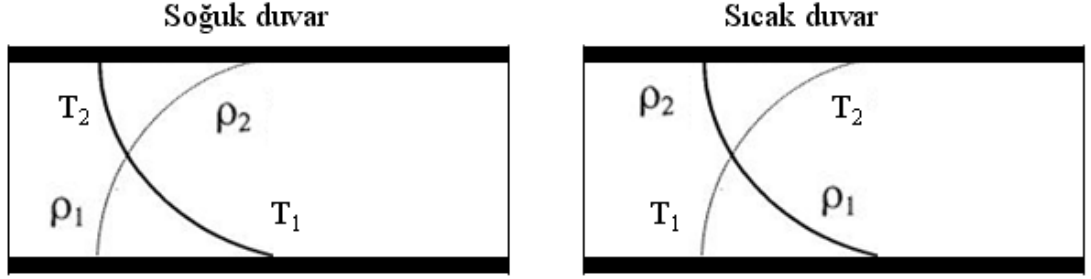
bağıntısı elde edilir (Incorpera ve DeWitt 2001).

3.1.2.1. Doğal taşınım

Akışkanı harekete geçirmek için fan, pompa veya kompresör gibi dış bir enerji kaynağı gerektirmeyen akış şeklidir. Yani akışkanın dış zorlamayla hareketi söz konusu değildir. Bazı ısı taşınım problemlerinde ise dış bir enerji kaynağı olmaksızın akışkan hareket etmektedir. Örnek olarak oda, içindeki ısıtma amacıyla kullanılan bir radyatör incelenecek olursa, içinden geçen sıcak su sebebiyle ısınan radyatör yüzeyinden havaya, önce, iletimle ısı transferi olacaktır. Isınan havanın yoğunluğunun azalmasıyla bir kaldırma kuvveti meydana gelecek ve bunun sonucu olarak da hava yukarı doğru harekete başlayacaktır. Dolayısıyla radyatör yüzeyinde bir ısı taşınımı olayı oluşacaktır. Çünkü farklı sıcaklıkta hareketli akışkan ile katı yüzey arasındaki ısı transferi ısı taşınımı olarak adlandırılır. İşte bu taşınım Doğal Taşınım denir.

Kapalı bir hacimde doğal taşınım olayı da son derece önemlidir. Uygulamada bu tür doğal taşınım olaylarıyla da karşılaşmaktadır. Öncelikle olayın fiziğinin iyi kavranması gerekir. Şekil 3.6' de farklı sıcaklıklara sahip üst ve alt levha arasında kapalı hacimde kalan havanın hareketi görülmektedir. Burada (a) daki durumda alt taraftaki levha sıcak buna karşılık üst taraftaki levha ise soğuktur. Bu durumda alt levha ile temas edip ısınan hava yukarı doğru hareket eder ve üst taraftaki soğuk levha ile temas edince yoğunluğu artar ve aşağı doğru hareket eder. Böylece sürekli ve kararsız bir hava hareketi meydana gelir. Şeklin (b) kısmında ise alt taraftaki levha soğuk, üst taraftaki levha ise sıcaktır. Bu durumda alt taraftaki levha ile temas eden hava aşağı doğru hareket etmek isteyecek fakat edemeyecektir. Üst taraftaki levha ile temas eden ve ısınan hava ise yukarı doğru hareket etmek isteyip edemeyecektir. Böylece iki levha arasındaki hava kararlı ve hareketsiz olacaktır. Bu olayın kavranması, uygulamada birçok doğal taşınım problemine yaklaşımda son derece önemlidir. Güneş toplayıcıları,

ısıtıcı yüzeyler, binalar ve çift cam gibi birçok uygulama alanında bu bilgilerin uygulanması gerekir (Kılıç ve Yiğit 2000).



Şekil 3.6 Kapalı hacimde doğal taşınım (Kılıç ve Yiğit 2000).

3.1.2.1 a. Doğal taşınımında boyutsuz sayılar ve temel eşitlikler

Doğal taşınım problemlerinde, hız ve sıcaklık dağılımlarının ve bunlara bağlı olarak da gerekli boyutsuz sayıların bulunması için; süreklilik, momentum ve enerji denklemlerinin sınır tabaka için yazılması ve uygun sınır şartları ile çözülmesi gerekir. En basit doğal taşınım problemi olarak, dik bir duvar veya levha üzerinde doğal taşınım problemi bilinir. Bu şekle göre sınır tabaka denklemleri yazılırsa ve gerekli basitleştirmeler ve düzenlemeler yapılırsa şu eşitlikler elde edilir:

$$\text{Süreklilik} \quad : \quad \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (3.54)$$

$$\text{x Momentum} \quad : \quad \rho \left(u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) = -\rho g - \frac{\partial P}{\partial x} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \quad (3.55)$$

$$\text{Enerji} \quad : \quad \rho c_p \left(u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} \right) = k \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \quad (3.56)$$

Bu eşitlikler sınır tabaka akışı, sürekli rejimde, sıkıştırılamaz ve laminar akış için yazılmıştır. Akış hızları çok küçük olduğundan viskoz enerji terimi de ihmal edilmiştir.

Akışkanlar için hacimsel genleşme katsayısı şu şekilde tarif edilir:

$$\beta = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial T} \right)_p \quad (3.57)$$

İdeal gazlar için hacimsel genleşme katsayısı şu şekilde yazılır:

$$\beta = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial T} \right)_p = \frac{1}{\rho} \frac{P}{RT^2} = \frac{1}{T} \quad (3.58)$$

Verilen bu eşitlik sadece ideal gazlar için kullanılır. Sıcaklık bu eşitlikte Kelvin cinsinden konulmalıdır. Hava bir ideal gaz olarak alınabilir.

İdeal gazların dışındaki akışkanlar için ise hacimsel genleşme katsayıları eklerdeki tablolardan alınabilir.

Bu denklemlerde Re sayısı şöyledir:

$$\text{Re} = \frac{U_o L}{\nu} \quad (3.59)$$

Burada boyutsuz Grashof sayısı Gr şu şekilde tanımlanmıştır:

$$\text{Gr} = \frac{g \beta L^3 (T_y - T_\infty)}{\nu^2} \quad (3.60)$$

$$\beta : \frac{1}{T_{film}} \quad (3.61)$$

$$T_{\text{Film}}: \frac{T_y + T_\infty}{2} \quad (3.62)$$

Grashof sayısı doğal taşınımında son derece önemli bir boyutsuz sayıdır. Zorlanmış taşınımında Re sayısının yerini doğal taşınımında Gr sayısı alır. Gr sayısı, kaldırma kuvvetlerinin viskoz kuvvetlere oranıdır. Doğal taşınımında akışın laminar veya türbülanslı olduğunu belirleyen boyutsuz sayı Gr sayısıdır.

Taşınımında, en genel halde, boyutsuz Nusselt sayısı; Re, Gr ve Pr sayılarının fonksiyonudur. Yani $Nu = f(Re, Gr, Pr)$ şeklindedir.

Taşınım problemlerinde doğal veya zorlanmış taşınımdan hangisinin etkili olduğunu belirleyen parametre, Gr / Re^2 terimidir.

$Gr / Re^2 = 1$ ise doğal ve zorlanmış taşınım aynı oranda etkili olmaktadır.

$Gr / Re^2 \ll 1$ ise zorlanmış taşınım etkilidir, doğal taşınım ihmal edilecek büyüklüktedir.

$Gr / Re^2 \gg 1$ ise doğal taşınım etkilidir. Bu durumda $Nu = f(Gr, Pr)$ olur

Doğal taşınımında bir diğer boyutsuz sayı da Rayleigh sayısıdır. Bu sayı türetilen bir boyutsuz sayıdır ve şu şekilde tanımlanır (Kılıç ve Yiğit 2000).

$$Ra = Gr \cdot Pr = \frac{g\beta L^3 (T_y - T_\infty)}{\nu\alpha} \quad (3.63)$$

3.1.2.1 b. Uzun yatay silindir üzerinde doğal taşınım

Bu önemli geometri kapsamlı bir biçimde incelenmiştir. Morgan [20] varolan birçok bağıntıyı derlemiştir. Sabit sıcaklıktaki bir silindir için Morgan'ın önerdiği bağıntı

$$\overline{Nu}_d = \frac{\overline{h}D}{k} = CRa_D^n \quad (3.64)$$

Biçimindedir. C ve n Çizelge 3.1’de verilmektedir.

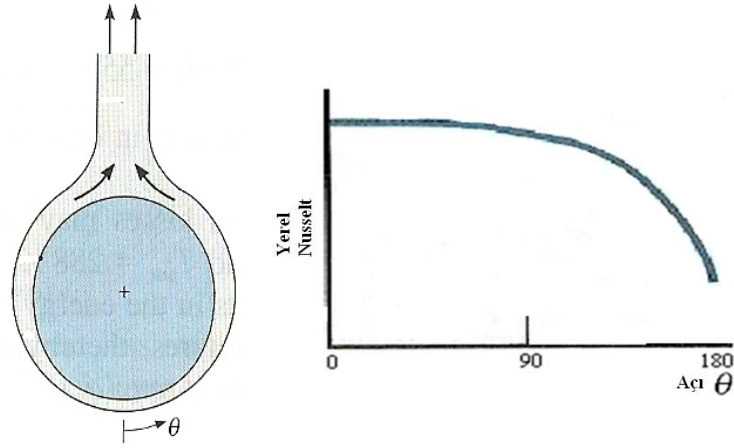
Çizelge 3. 1.Yatay dairesel bir silindir üzerinde doğal taşınımına ilişkin (3.64) eşitliğindeki sabitler (Incorpera ve DeWitt 2001).

Ra_D	C	n
10^{-10} - 10^{-2}	0,675	0,058
10^{-2} - 10^{-2}	1,02	0,148
10^2 - 10^4	0,85	0,188
10^4 - 10^7	0,48	0,25
10^7 - 10^{12}	0,125	0,333

Ra_D ve Nu_D silindir çapı temel alınarak hesaplanır. Bu bağıntıdan farklı olarak Churchill ve Chu [21] geniş bir Rayleigh sayısı aralığı için tek bir bağıntı önermiştir.

$$Nu_D = \left(0,6 + \frac{0,387 Ra_D^{1/6}}{\left[1 + (0,559 / Pr)^{9/16} \right]^{8/27}} \right)^2 \quad Ra_D \leq 10^{12} \quad (3.65)$$

Yukarıda verilen bağıntılar sabit sıcaklıkta bir silindirin tüm çevresi boyunca ortalama Nusselt bulmak içindir. Şekil 3.7’den de görüleceği gibi ısıtılan bir silindir için yerel Nusselt sayısı sınır tabaka gelişiminden etkilenmektedir. Sınır tabaka $\Theta=0$ iken başlamakta ve $\Theta<\pi$ iken silindirden yükselen bir hüzme oluşumuyla sonlanmaktadır. Eğer akış bütün yüzey boyunca laminer kalırsa, yerel Nusselt sayısının Θ ’ya göre dağılımı, $\Theta=0$ iken en yüksek değerine ulaşır, Θ arttıkça giderek azalacaktır. Ancak Rayleigh sayısının yeterli ölçüde büyük olması ($Ra_D \geq 10^9$) durumunda sınır tabaka içinde türbülansa geçiş olacağından Nusselt sayısının artması söz konusu olur. Eğer silindir çevresindeki akışkana göre soğuksa, sınır tabaka gelişimi $\Theta=\pi$ iken başlar, Nusselt sayısı bu noktada en yüksek değerdedir ve hüzme bu kez silindirden alçalarak ayrılır (Kılıç ve Yiğit 2000).



Şekil 3.7 Incorpera ve DeWiit 2001, s:540

3.1.3. Işınım ile ısı transferi

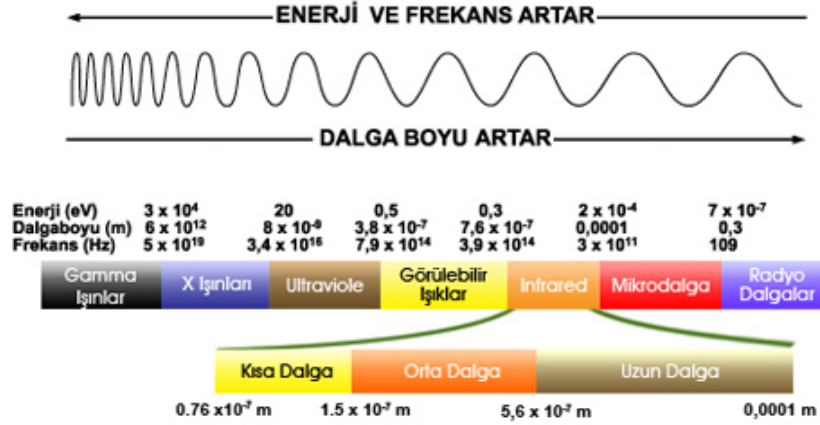
Işınım ile (radyasyon ile) ısı transferi ve ısı ışınım terimleri, elektromanyetik dalgalar, yada fotonlar (kütlesi olmayan fakat enerjiye sahip parçacıklar) vasıtasıyla gerçekleşen ısı transferini tanımlamak için kullanılır. Bütün maddeler sürekli olarak sahip oldukları moleküler enerji seviyelerini düşürerek yada yükselterek elektromanyetik dalga yayar yada absorblarlar. Işımanın şiddeti ve dalga boyu ışımaya yapan malzemenin sıcaklığına bağlıdır. Işımanın fiziksel mekanizmasını açıklamada elektromanyetik dalga teorisi ve quantum mekaniğinden birlikte yararlanır.

Işınım ile ısı transferinin diğer ısı transferi modlarından ayrılan en belirgin özelliği enerji transferleri için bir ara ortama gereksinim olmamasıdır. Yüzeylerin birbirini görmesi yeterlidir. Örneğin yüksek sıcaklığa sahip bir katı cismin daha düşük sıcaklıkta yüzeye sahip bir hacimde vakum içinde muhafaza edildiğini varsayalım. Vakumun varlığı hacim içinde katı cisimden iletimle ve taşınım ile olacak ısı transferini engelleyecektir, çünkü bu ısı transferi mekanizmalarının gerçekleşmesi için bir ortam mevcut değildir. Ancak katı cisim belli bir zaman sonunda soğuyarak kendisini çevreleyen yüzeyler ile ısı dengeye gelecektir. Diğer bir deyişle katı cisim çevresiyle ışınım ile ısı transferinde bulunacak ve sonuçta ısı dengeye ulaşacaktır.

Maddenin bütün formları sıcaklıklarına bağlı olarak ışımaya yaparlar. Gazlar ve yarı geçirgen katılarda ışımaya hacimsel bir olaydır, yani maddenin sonlu hacminde

gerçekleşen ışıının hacimdeki yerel ışıınımların birleşik etkisidir. Katıların ve sıvıların çoğunluğunda içteki moleküllerden gerçekleşen ışıının yaklaşık $1 \mu m$ mesafedeki komşu moleküllerce yutulur (absorblanır). Bundan dolayı birçok katı ve sıvı için ışıınımla ısı transferi uygulamalarında ışıının yüzeyler arasında gerçekleşen bir olay olarak incelenebilir.

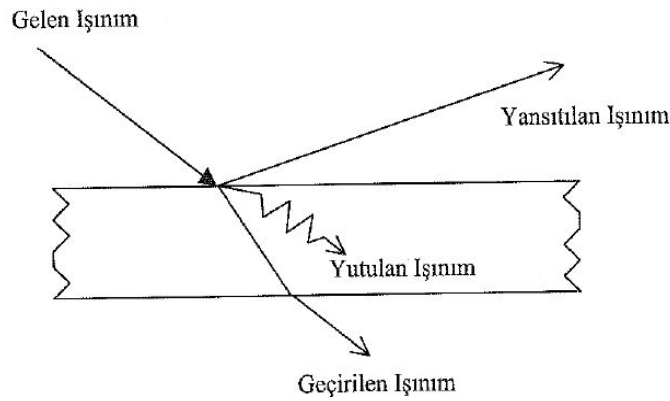
Işık bir ortamdan diğerine geçtiğinde fotonun enerjisi korunacağı için ışığın frekansı değişmez. Ancak dalga sayısı ve dalga boyu değişir, bu değişim iki ortam için olan kırma indisinin değerine bağlıdır. Farklı dalga boyuna sahip elektromanyetik dalgalar farklı enerji miktarlarını taşırlar. Farklı dalga boylarındaki elektromanyetik dalgalar gösterdikleri farklı davranışlar yada özellikler nedeniyle farklı kategoriler altında gruplandırılmışlardır. Bu durum Şekil 3.8'de gösterilmiştir. Isıl ışıının, bir ortam tarafından sadece ortamın sıcaklığına bağlı olarak yayılan elektromanyetik dalgalar olarak tarif edilebilir. Bu tanımlama ısı transferinde önerme sahip dalga boyu aralığı $0.1 \mu m$ ve $100 \mu m$ arasında sınırlar ve bu aralıkta mor ötesi (ultraviolet) ışıınının bir bölümü, görünen ışıınlar ve kızıl ötesi (infrared) ışıınlar bulunmaktadır ve ısı ışıınını diye bilinmektedir. Bir yüzey tarafından gerçekleşen ışıının elektromanyetik spektrumunda dalga boylarının belli bir aralığını içerir ve ışıının miktarı dalga boyu ile değişir. Yayılan ışıına, sürekli monokromatik (bir tek dalga boyunda) dalgaların üniform olmayan dağılımından oluşur. Hem her bir dalga boyundaki ışıına miktarı ve hem de dalgaların spektral dağılımı ışıına yapan yüzeyin doğasına ve sıcaklığına bağlıdır. Isıl ışıınımda diğer önemli özellikte ışıına doğrultusudur. Işıına yüzeyden belli doğrultularda gerçekleşebilir bu durumda ışıınma doğrultusu dağılımı önem kazanmaktadır. Benzer olarak yüzeye farklı doğrultulardan ışıının olabilir ve yüzey bu gelen ışıına doğrultuya bağlı olarak cevap verebilir. Dolayısıyla ışıınımla ısı transferini doğru hesaplayabilmek için ışıınının doğrultuya ve dalga boyu aralığına bağlı etkilerini tam olarak belirleyebilmemiz gerekmektedir.



Şekil 3.8 Elektromanyetik dalga spektrumu

3.1.3.1. Isıl ışınlm

Isıl ışınlmın, onun alt gruplarından biri olan, görünen ışığın optik özelliklerinin büyük oranda aynısını sergilediği bilinmektedir. Şekil 3.9’da görüldüğü gibi bir yüzeye bütün dalga boylarında gelen toplam ışınlm G , yüzeyin özelliklerine bağılı olarak yutulabilecek yansıtılabilecek yada madde içinden geçirilebilecektir. Eğer yüzeye gelen toplam ışınlm G nin yutulan, yansıtılan ve geçirilen ışınlm miktarlarına oranları sırasıyla ışınlm yutma oranı α , ışınlm yansıtma oranı ρ ve ışınlm geçirme oranı τ olarak tanımlanırsa: $\rho + \alpha + \tau = 1$ bağıntısı elde edilir.



Şekil 3.9. Bir yüzeye gelen ışınlmın yayılması yutulması ve geçirilmesi

Yüzeylerin yapısına bağılı olarak iki tür yansıma gerçekleşir: doğrultuya bağılı yansıma ve yayılı yansıma. Doğrultuya bağılı yansımada yansıma açısı gelen ışınlmın geliş açısına eşittir. Ancak yüzeylerin çoğu doğrultuya bağılı yansımadan ziyade bütün doğrultularda yayılı yansıma gerçekleştirirler. Yayılı yansıma bazen gelen ışınlm yüzey

tarafından yutulmuş ve yeniden bütün doğrultularda, gelen ışınla aynı dalga boyunda, yapılan ışınım olarak değerlendirilebilmektedir. Isıl ışınımın katılar tarafından absorblanması cismin yüzeyinden içeri doğru çok kısa bir mesafede gerçekleşir. Çoğu katı maddelerin ışınım geçirme oranı sıfırdır, bu tür yüzeyler ısıl ışınım için donuk (opak) olarak adlandırılır. Opak bir yüzey için $\rho + \alpha = 1$ olacaktır.

Cisimleri, üzerlerinden yansıyan ışınlar vasıtasıyla görürüz. Eğer cisimden herhangi bir ışın yansımaları olmaz ise bu cisim siyah olarak görünür. Isıl ışınımında da üzerine gelen bütün dalga boylarındaki toplam ışınımı absorblayan ideal bir yüzey siyah cisim olarak adlandırılır. Siyah cisim üzerine gelen ışınımı ne yansıtır ne de geçirir. Dolayısıyla bir siyah cisim için $\rho = 0$, $\tau = 0$, ve $\alpha = 1$ 'dir. Tamamen kapalı büyük bir hacim üzerindeki küçük bir delik, içeriğinin özelliklerinden bağımsız olarak siyah cisim karakteristiğine çok benzerdir. Deliğe gelen ışınımın içeriden dışarıya yansıtılması oldukça zor bir ihtimaldir.

Genel olarak Siyah cisim aşağıdaki özelliklere sahip ideal bir yüzeydir:

1. Siyah cisim üzerine düşen ışınımın (dalga boyu ve doğrultusundan bağımsız olarak) absorblar.
2. Aynı sıcaklık ve dalga boyunda hiçbir-yüzey siyah cisimden daha fazla enerji yayamaz yada ışıma yapamaz.
3. Siyah cisim tarafından yapılan ışıma sıcaklık ve dalga boyunun fonksiyonu olmasına rağmen, doğrultudan bağımsızdır. Diğer bir deyişle siyah cisim bütün doğrultularda yayılı ışıma yapar.

Bir yüzeyin birim yüzey alanından bütün dalga boylarında ve bütün yönlerde ışıma yapmak suretiyle birim zamandaki enerji transferi etme gücüne toplam yayma gücü denir ve E (W / m^2) ile gösterilir. Toplam yayma gücü ile yakından ilgili olarak ışıma oranı (emissivity) tanımlanır. Işıma oranı ε bir yüzeyin toplam yayma gücünün (E) aynı sıcaklıktaki bir siyah cismin toplam yayma gücüne (E_s) oranı olarak tanımlanır:

$$\varepsilon = \frac{E}{E_s} \quad (3.66)$$

Toplam yayma gücü bütün dalga boylarında yapılan ışınımı kapsamaktadır, o halde her bir dalga boyu için bir dalga boyundaki monokromatik neşretme gücü E_λ tanımlanabilir. Dolayısıyla toplam neşretme gücü:

$$E = \int_0^{\infty} E_\lambda d\lambda \quad (3.67)$$

şeklinde de tanımlanabilir. Monokromatik ışınım oranı eşitlik 3.66'ya benzer olarak $\varepsilon_\lambda = E_\lambda / E_{\lambda,S}$ olarak tanımlanır. Burada $E_{\lambda,S}$ aynı sıcaklıktaki siyah cismin λ dalga boyundaki monokromatik neşretme gücüdür. Monokromatik ışınım yutma oranı (absorptivity) α_λ , monokromatik ışınım oranına benzer olarak tanımlanabilir. Monokromatik ışınım yutma oranı α_λ , yüzeyin üzerine gelen λ dalga boyundaki ışınımın yutulmuş miktarının aynı sıcaklıktaki siyah cisim tarafından yutulmuş miktara oranı şeklinde tanımlanır (Incorpera ve DeWitt 2001, Kılıç ve Yiğit 2000).

3.1.3.2. Monte Carlo metodu

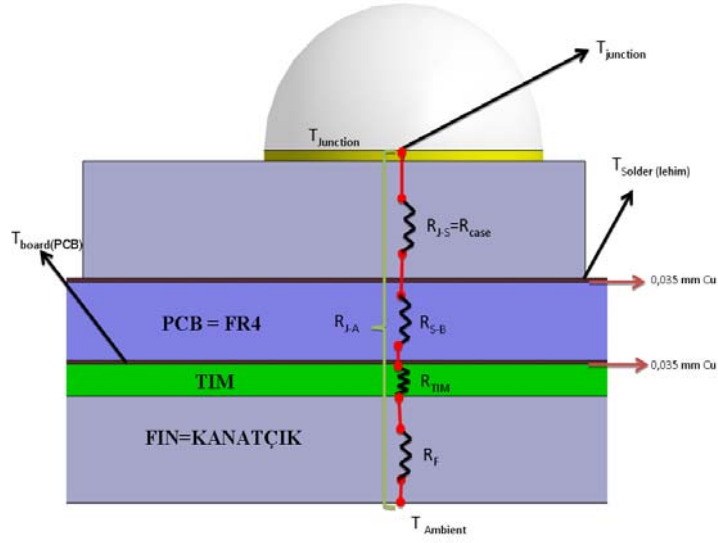
Monte Carlo metodu deneysel matematiğin bir dalı olarak rastgele erişim yönetmi ile matematiksel ilişkileri simule eden bir metottur. Monte Carlo yönetminin kullanılabilirliği son yıllardaki bilgisayar teknolojisindeki gelişime paralel yürümüştür. Monte Carlo yönteminin bir avantajı hesaplama algoritmasının basit bir yapıda olmasıdır. Monte Carlo metodunun kuralı şöyle özetlenebilir: Rastgele erişim ile bir foton ışınımına tabi tutulur. Bu deneme analiz başında belirlenen maksimum foton sayısına göre N kere tekrarlanır. Her tekrar bir öncekinden bağımsız olduğu için benzerlikten çok farklı kombinasyonlar üretilir. N adet erişim bittiğinde bütün fotonların ortalama değeri sonuç olarak alınır (Rubinstein ve Kroese 2007).

Fizik biliminde Monte Carlo metodu difüzyon problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır. Isı tranferinde ise özellikle ışınım problemlerinin çözümünde Monte Carlo metodu baskın durumdadır. Eğer problem dahilinde taşınımda önemli ise Monte Carlo metodu kullanımı önem kazanmaktadır. Enerjinin dağılımı rastgele erişim metodu ile daha sağlıklı sonuçlar vermiştir. Işınım ile ısı transferinde kapalı hacim, fırın gibi üç boyutlu çözümlerde Monte Carlo yaygın olarak kullanılmaktadır. Monte Carlo metodu enerji transferinin hacimsel davranışını fotonların rastgele erişimi ile çözmektedir. Fotonların rastgele erişimi Monte Carlo metodunun ışınım neşretme, soğurma, yayma gibi fiziksel olaylarda verdiği sonuçlarla kullanımı yaygınlaşan bir metottur (Carter ve Cashwell 1975).

Metotta önemli olan rastgele erişim tekrar sayısının (history number) tespitinin uygun şekilde seçilmesidir. Az miktarda verilen tekrar sayısı gelişen bilgisayar teknolojisi ile birlikte kısa sürede sonuç vermekte fakat problemin çözümünde yakınsama olmadan çözüm sona ermektedir (Alaimo 2010).

3.1.4. Led sistemlerinin temel hesaplamaları

Ledli yapıların en temel hesabı ısı direnç konusuna dayanmaktadır. Fakat analiz sonucu elde edilen verilerden yola çıkarak jonksiyon sıcaklığını tespit etmek literatürde bulunan farklı bir yoldan yapılmaktadır. Bunun için öncelikli olarak led yapıları incelenmiş ve Tj hesap yöntemi ortaya konmuştur. Led ve baskı devresinden oluşan birleşmiş yapının ısı direnç şeması ve yapı şeması Şekil 3.10'da görüldüğü gibi verilmektedir.



Şekil 3.10.Basit LED yapısı ve ısı direnç devre şeması

Burada T_j sıcaklığı önemli bir değer olduğu için hesaplanması önemlidir. T_j hesabı için kullanılacak ledin kataloğundan 3 farklı voltaj (V) değeri okunur. Bu değerler V_{min} , V_{max} , V_{typ} değerleridir. Voltaj değerleri bilinen ledin üzerinden geçen akım (I) değeri ölçülür. Ölçülen akım değerine müteakip minimum ve maksimum olmak üzere iki farklı led güç değeri elde edilir. En kötü şartlarda V_{max} değeri alınarak ledin çekeceği en büyük güç üzerinden eşitlik x’de T_j değeri hesaplanır.

$$T_{Amax} = T_{Jmax} - R_{thJA} \cdot P_D \quad (3.68)$$

R_{thJA} ise Şekil 2.20’de verilen ısı direnç şemasına şu şekilde tanımlanmıştır.

$$R_{thJA} = R_{JC} + R_{SB} + R_{TIM} + R_F \quad (3.69)$$

Isıl dirençler ısı iletim katsayısına (k)’ya bağlı olduğu için malzeme seçimi oldukça önemlidir.

Eşitlik düzenlenecek olursa;

$$T_{J_{\max}} = R_{thJA} \cdot P_D + T_{A_{\max}} \quad (3.70)$$

Elde edilir. Hesap edilen T_j değeri led katalog değerinden küçükse herhangi bir kanatçık sistemine, sıcaklık dağıtıcı sisteme gerek duyulmaz. Eğer değer katalog değerden büyükse kanatçık tasarımı gereklidir.

Ledler PCB (Printed circle board) dediğimiz plakaların üzerine devreleri ile beraber yerleştirilmektedir. PCB malzemeleri FR2, FR4, MCPCB gibi çeşitlidir. PCB üzerine ledleri beslemesi için ECU yerleştirilmişse ECU da sıcaklık üretimi yapacağı için hesaplamalara dahil edilmesi gerekir. ECU sistemin hesaplamalara dahil etmek için;

$$\text{Eğer } V_{LED} = V_{LED_{\min}} \text{ ise } P_{ECU} = \text{Maksimum değerinde,} \quad (3.71)$$

$$\text{Eğer } V_{LED} = V_{LED_{\max}} \text{ ise } P_{ECU} = \text{Minimum değerinde alınmalıdır.} \quad (3.72)$$

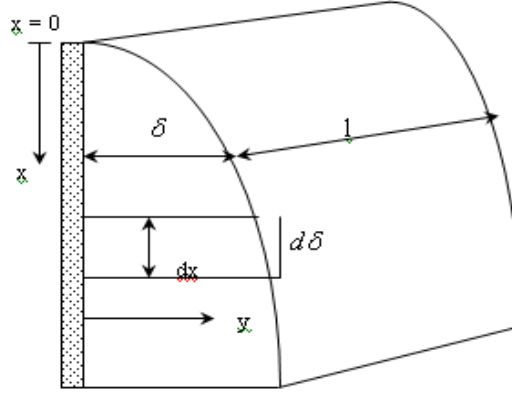
(Alaimo 2010, Kukichi ve ark. 2005, Anonim 2009, Anonim 2009)

3.1.5. Yoğuşma

Doymuş haldeki buhar, aynı basınçtaki doyma sıcaklığından daha küçük sıcaklıkta bir yüzeyle temas ettiğinde yoğuşmaya başlar. Yoğuşan damlalar yüzeyde birleşmeden yoğuşma devam ederse damla yoğuşması adını alır. Yoğuşan damlalar yüzeyde birleşip bir film teşkil ederse buna da film yoğuşması adı verilir. Yüzeyde oluşan film kalınlaştıkça ısı transferi direnci artar. Damla yoğuşması durumunda ısıl direnç çok küçüktür. Damla yoğuşması durumunda ısı transferi, film yoğuşmaya göre yaklaşık 10 kat daha fazla olmaktadır. Fakat damla yoğuşmasını yüzeylerde sağlamak pek mümkün değildir. Çünkü yoğuşan damlaların birleşmemesi için özel madde veya yüzey kullanılmalıdır. Bu da pek pratik değildir. Dolayısıyla, aksi belirtilmedikçe, yoğuşma film yoğuşma anlamında kullanılacaktır. Yoğuşma kütle geçişi konusu altında, izafi neme, akış şekline, akışkan ve yüzey sıcaklıklarına bağlı olan ısı ve kütle geçişi.

3.1.5.2.Düsey Bir Levhada Yoğuşma

Yoğuşma ısı transferi açısından düsey bir levhada incelendiğinde ilk olarak Nusselt tarafından analitik olarak incelendiği için Nusselt teorisi adı altında incelenir. Film teorisi veya Nusselt teorisi olarak bilinen bu analitik analizde bazı kabullerle olay incelenmiştir. Bu kabuller; buhar düşük hızlı veya durgun, akışkan özellikleri sabit ve sıvı buhar yüzeyinde viskoz sürtünme ihmal edilmiştir. Bu kabullerle levha sıcaklığı T_y ve doymuş buhar sıcaklığı T_d olarak alınmaktadır. Yoğuşan sıvı filmi, levha üst noktasından itibaren gittikçe kalınlaşarak levha altına doğru ağırlık etkisiyle akacaktır.



Şekil 3.11.Dik levhada yoğuşma

Şekilde görüldüğü gibi, sıvı filmine; aşağı doğru etkiyen ağırlık kuvvetleri ve yoğunluk değişimi sebebiyle oluşan kuvvetler vardır. Yukarı doğru ise, etkiyen viskoz sürtünme kuvvetleri olmaktadır. Akış alanında alınan bir hacim elemanına etkiyen kuvvetlerin dengesi yazılır ve gerekli sınır şartı kabulleri yapılırsa $\delta = \delta(x)$ sıvı film kalınlığına bağlı kütleli sıvı debisi için,

$$m(x) = \frac{g\rho_s(\rho_s - \rho_b)\delta^3}{3\mu_s} \quad (3.73)$$

bağıntısı elde edilir. Film kalınlığı için şu eşitlik kullanılır.

$$\delta(x) = \left[\frac{4\mu_s k_s (T_d - T_y) x}{g(\rho_s - \rho_b) p_s h_{sb}} \right]^{1/4} \quad (3.74)$$

Film yoğuşma durumunda ısı taşınım katsayısını tarif etmek için, levha uzunluğu boyunca iletim ihmal edilecek olursa, yoğuşma esnasında ortaya çıkan yoğuşma ısı levha yüzeyinden iletimle transfer edilecektir. L boyundaki levhada ortalama ısı taşınım katsayısı için ise, daha önce yapılan tarif ve integrasyondan, şu ifade bulunur:

$$h_m = 0.943 \left[\frac{g \rho_s (\rho_s - \rho_b) h_{sb} k_s^3}{\mu_s (T_\infty - T_y) L} \right]^{1/4} \quad (3.75)$$

Bu eşitliklerdeki termo-fiziksel özellikler $T_f = (T_d + T_y)/2$ sıcaklığında, h_{sb} ise T_d sıcaklığında alınmalıdır. Dik boru veya levhada yoğuşma durumunda, bir boru veya birim genişlikteki levha üzerinde yoğuşan sıvı miktarı m_{1L} şu ifadeden bulunur:

$$m_{1L} = \frac{h_m (T_\infty - T_y)}{h_{sb}} \quad (3.76)$$

Re sayısı,

$$Re_\delta = 4 \frac{m_L}{\mu_s} \quad (3.77)$$

şeklinde tarif edilir. Reynolds sayısına bağlı olarak dik bir levhada yüzeyi dalgasız laminer film akış halinde ısı taşınım katsayısı şu bağıntıdan da bulunabilir:

$$\frac{h_m (V_s^2 / g)}{k_s} = 1.47 Re_\delta^{-1/3}, \quad Re_L \leq 30 \quad (3.78)$$

Yüzeyi dalgalı lamimer film akış için ısı taşınım katsayısı bağıntısı, Kutatelzade tarafından şu şekilde verilmiştir:

$$\frac{h_m(V_s^2/g)}{k_s} = \frac{Re_\delta}{1.08 Re_\delta^{1.22} - 5.2}, \quad 30 \leq Re_L \leq 1800 \quad (3.79)$$

Türbülanslı film akış için ise aşağıda verilen Labuntsov bağıntısı kullanılır:

$$\frac{h_m(V_s^2/g)}{k_s} = \frac{Re_\delta}{8750 + 58 Pr^{-0.5} (Re_\delta^{0.75} - 253)} \quad Re_L \leq 1800 \quad (3.80)$$

Levha belli bir eğimle duruyorsa, φ levhanın yatayla yaptığı açı olmak üzere, ortalama ısı taşınım katsayısı için Nusselt teorisinden faydalanarak şu eşitlik verilmiştir:

$$h_m = 0.943 \left[\frac{g \rho_s (\rho_s - \rho_b) h_{sb} k_s^3}{\mu_s (T_\infty - T_y) L} \sin \varphi \right]^{1/4} \quad (3.81)$$

Bu bağıntıların yanı sıra ısı ve kütle transferinin bir arada olması durumundan yola çıkarak akışın laminar ya da türbülanslı olması Re sayısı aracılığı ile tespit edildikten sonra dikey levha üzerinde doğal akış kabulü yapılarak,

$$\text{Laminer akış için } Nu = 0,59(Gr.Pr)^{1/4} \quad (3.82)$$

$$\text{Türbülanslı akış için } Nu = 0,13(Gr.Pr)^{1/3} \quad (3.83)$$

eşitlikleri kullanılır. Dik levha kabulünün yapılma nedeni lens elemanının dik levha kabul edilmesidir.

$$Nu = Sh = \frac{hL}{k} \quad (3.84)$$

$$Sc = Pr \quad (3.85)$$

Gr.Sc > 10⁹ Türbülanslı

$Gr.Sc < 10^9$ Laminar kontrolü ile laminar veya türbülanslı olduğu tespit edilen sistem eşitlik 3.82 ve 3.83'e göre çözümlenir.

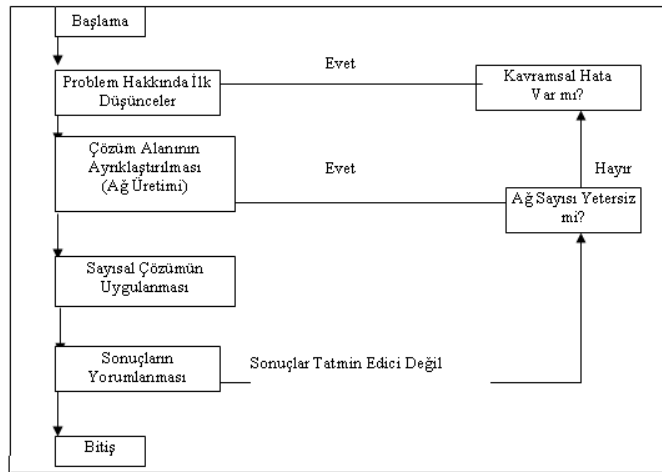
Nusselt–Sherwood ve Prandtl-Schmidt benzeşmesi üzerinden yoğuşan kütle ifadesi,

$$m_b = h_m (C_w - C_\infty) \quad (3.86)$$

(Yamankaradeniz ve ark. 2010) olarak ifade edilmiştir.

3.1.4. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği

Momentum, ısı ve kütle transferi işlemlerini tanımlamak için kullanılan denklemler Navier-Stokes denklemleri olarak bilinir. Bu kısmi diferansiyel analitik olarak çözülenememişti. Fakat nümerik olarak çözülebiliyordu. HAD kodları içinde bu denklemlerin çözümü farklı yöntemlerle yapılmaktadır. HAD analizinde örnek prosedür Şekil 3.12'de verilmiştir. ANSYS CFX sonlu hacimler yöntemine göre çözüm üretir. Bu teknikte çözüm alanı kontrol hacmi olarak adlandırılan küçük bölümlere ayrılır. Denklemler her bir kontrol hacmi için ayrıklaştırarak iteratif olarak çözülür. Böylece akışın davranışı tespit edilmiş olur (Anonim 2010).



Şekil 3.12.HAD analizinde uygulanan prosedür

Hesaplamalı akışkanlar dinamiği; akış, ısı transferi ve bunlarla ilişkili diğer fiziksel durumların bilgisayar tabanlı simüle edilmesidir. Akışkanlar mekaniğinden bildiğimiz, korunum denklemlerinin bilgisayar yardımıyla sayısal olarak çözülmesidir.

3.1.4.1. HAD tarihi

Bilgisayarlar, akışkanlar mekaniği problemlerini çözmek için uzun yıllar önce kullanılmaya başlanmıştır. Bunun için geçmişte bir çok genel amaçlı yazılım ve özel kodlar yazılmıştır. 1970' lerin ortalarında karmaşık matematiksel denklemleri çözmek için algoritmalar geliştirilmeye başlandı. HAD çözücüleri de bu dönemde geliştirilmiştir. 1980' lerde akışkanlar mekaniğinin geniş çalışma alanı araştırmacıların dikkatini çekti ve yüksek performanslı bilgisayar ihtiyacı doğdu. Bilgisayarların pahalı olması nedeniyle HAD o dönemde sadece enstitü ve laboratuvarlarda kullanılabiliyordu. Bilgisayar alanındaki son gelişmeler, grafik kartları ve işlemcilerde yaşanan gelişmeler, bir HAD analizini çok çabuk makul sürelerde gerçekleştirilebilir kıldı. Böylece ürün geliştirme maliyetlerini düşürmede çok önemli bir rol oynadı. Bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak ileri çözücülerin de geliştirilmesiyle HAD, endüstride vazgeçilmez bir tasarım aracı olarak yerini aldı. Bugün akışkanlar mekaniği ve ısı transferi problemlerinde HAD, hem üniversitelerde araştırma amaçlı hemde endüstride güçlü bir tasarım doğrulama aracı olarak yoğun olarak kullanılmaktadır (Erşan 2012). Gelişen teknoloji ve bilgisayar teknolojisi sayesinde HAD otomotiv sektörü için de önemli bir yere sahip oldu (Shih 2001, Kobayashi ve Tsubokura 2009, Erşan 2012).

3.1.4.2. HAD matematiği

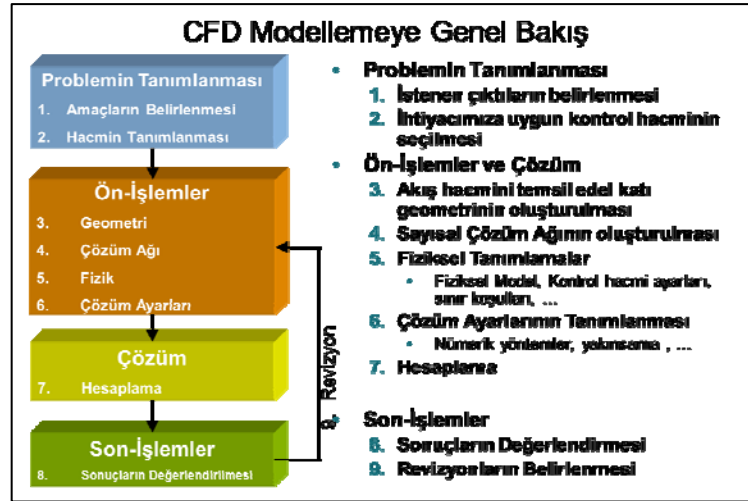
Momentum, ısı ve kütle transferini açıklayan denklemler takımı Navier-Stokes denklemleri olarak bilinmektedir. Bu kısmi diferansiyel denklemler 19. yy. başlarında ortaya konulmuştur ve günümüzde bilinen bir analitik çözümü yoktur. Bu nedenle ayrıklaştırılır ve sayısal olarak çözülür. Akış ve ısı transferi ile ilişkili diğer denklemler de Navier-Stokes denklemleri ile çözülür. Türbülans modelleri de bunlara bir diğer örnek olarak verilebilir. HAD yazılımlarında bir çok birbirinden farklı çözüm metoduna

rastlanabilir. HAD çözümlerinde kullanılan en çok bilinem yöntem sonlu hacimler yöntemidir. Bu çalışma kapsamında kullanılan ANSYS CFX programı da sonlu hacimler metodunu kullanmaktadır. Bu metoda, öncelikle çözüm almak istediğimiz hacim küçük alt hacimlere bölünür. Bunlar kontrol hacimleri diye isimlendirilir. Denklemler her bir hacim için ayrı ayrı ayrıklaştırılır ve sayısal olarak çözülür. Her bir kontrol hacmini temsil eden sonuç, komşuları ile birlikte aralardaki yaklaşık çözümler hesaplanarak tüm model üzerindeki sonuçlar elde edilmiş olur (Ersan 2012, Anonim 2010).

3.1.4.3.HAD işleyişi

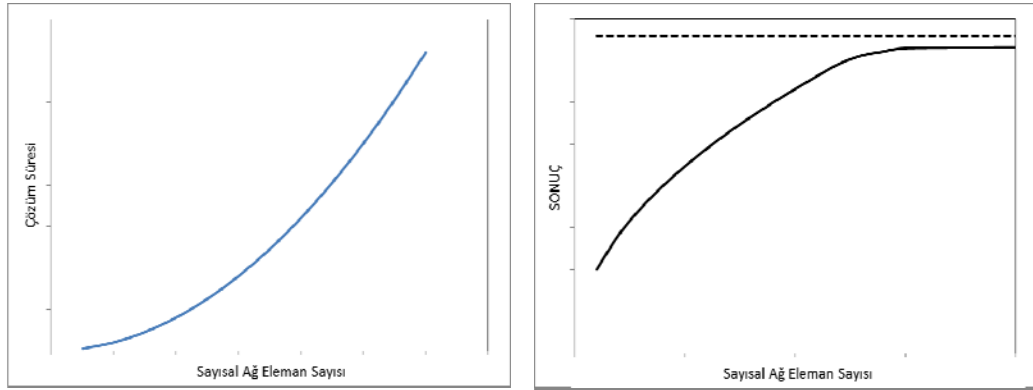
Bir problemin hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemiyle modellenmesine önce çözüm hacminin bir CAD programı ile çizilmesi ile başlanır. Ardından bu hacim hesaplamalara uygun olarak sonlu hacimlere bölünür yani bir diğer deyişle çözüm ağı oluşturulur. Ardından sınır koşullarının eklenmesi ile çözüm aşamasına geçilir. Çözüm bittiğinde ise sonuçlar görselleştirilir ve değerlendirilir. Sonuçların değerlendirilmesiyle geometri, çözüm ağı veya sınır koşulları değiştirilerek tekrar çözüme gidilebilir. Bir HAD problemini 4 temel aşamada değerlendirebiliriz (Şekil 3.13).

- 1) Problemin tanımlanması
- 2) Ön İşlemler
- 3) Çözüm
- 4) Son İşlemler



Şekil 3.13. Bir HAD Analizinin İşleyiş Şeması (Anonim 2010)

Problem tanımlanması aşamasında, öncelikle bu çözümden elde edilecek çıktıları karar verilmesi gereklidir. Ardından elde edeceğimiz çıktıları etkileyecek parametreler ortaya çıkacaktır. Buna göre analizimizde neleri dikkate alıp neleri ihmal edebileceğimize, yani basitleştirmelere karar verebiliriz. Örneğin, karmaşık geometriler çözüm süresini uzatacaktır. Geometride sonuçlarımızı değiştirmeyecek detaylar bu aşamada ihmal edilebilir. Bu ihmallere göre geometrimiz yeniden revize edilir ve bir sonraki aşamaya geçilebilir. Yine bu aşamada fiziksel tanımlamalar, sınır koşulları ve nümerik yöntemlere karar verilir. Ön işlemler aşamasında sayısal çözüm ağı oluşturulur. Burada sayısal çözüm ağındaki eleman sayısı ne kadar çok olursa gerçek sonuçlara o kadar yakın sonuçlar elde edebiliriz. Fakat çözüm süresi de bir o kadar artacaktır Şekil 3.14 (a). Buna rağmen sonuçların doğruluğu sayısal ağ eleman sayısının belli bir değerine kadar değişmektedir. O değere ağıdan bağımsız eleman sayısı denir. Analizlerde bu nokta civarında olmamız halinde optimum çözüm süresini elde edebiliriz Şekil 3.14 (b). Çözüm aşamasında bilgisayar, arka planda bizim matematik modeli çözer. Bu aşama günümüz problemlerinde 1 haftaya kadar çıkabilmektedir. Son işlemler aşamasında ise öncelikle sonuçlar görselleştirilerek raporlanır. Ardından sonuçların hassasiyeti değerlendirilir. Sayısal çözüm ağı'nın yeterli olup olmadığı, sınır koşullarının doğruluğu gibi sonuçları etkileyecek parametreler değerlendirilerek çözümün yeterli olup olmadığına karar verilir. Eğer değilse revizyon yapılarak yeniden çözüm yapılır.



a)

b)

Şekil 3.14.a) Sayısal ağ eleman sayısı ve çözüm süresi arasındaki ilişki b) Sayısal ağ eleman sayısı ve sonuç arasındaki ilişki (Erşan 2012)

3.1.5. Ansys CFX R12.1

Bu çalışmada HAD çözümleri için, genel amaçlı HAD paket programlarından ANSYS CFX kullanılmıştır. ANSYS CFX güçlü ön ve son işlemler arayüzü ve ileri bir sonlu hacimler çözücüsü içermektedir. ANSYS CFX çözücüsü hem endüstride hem de literatürde verdiği sonuçlar bakımından güvenilirliğini ispat etmiştir. Birleşik çözücüsü sayesinde çözüm esnasında kararlı sonuçlar alınabilmektedir. ANSYS CFX paket programı şu analiz yeteneklerine sahiptir (Anonim 2010)

- Kararlı rejim ve zamana bağlı analiz
- Laminer ve türbülanslı akış çözümleri
- Ses altı ve ses üstü çözümler
- Isı transferi ve ısı ışınım
- Yerçekimi etkileri
- Newtonyen olmayan akışlar
- Çok fazlı akışlar
- Parçacık takibi analizleri
- Serbest yüzey analizleri
- Yanma

3.1.5.1. Akış ve ısı transferi için korunum denklemleri

Korunum denklemleri kartezyen koordinatlarda en genel haliyle aşağıdaki gibidir.

Süreklilik denklemi;

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (3.87)$$

Momentum denklemleri x,y ve z yönlerinde sırasıyla ;

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) + F_x \quad (3.88)$$

$$\rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) + F_y \quad (3.89)$$

$$\rho \left(\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial z} + \mu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) + F_z \quad (3.90)$$

Enerji denklemi;

$$\rho C_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} \right) = \left(\frac{\partial P}{\partial t} + u \frac{\partial P}{\partial x} + v \frac{\partial P}{\partial y} + w \frac{\partial P}{\partial z} \right) + k \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \mu \Phi \quad (3.91)$$

Bu çalışmada türbülanslı akış durumları incelendiğinden bunlara ek olarak kullanılan türbülans modelinin denklemleri de eşlenik olarak çözülmektedir. Türbülans modelleme konusunda daha geniş bilgi aşağıda verilmiştir (Anonim 2010)

3.1.5.2. ANSYS CFX programında çözüm metodu

Akış alanı içerisinde hız ve sıcaklık dağılımlarının bulunabilmesi için yukarıda verilen korunum denklemlerinin çözülmesi gerekmektedir. Burada denklemler ANSYS CFX

programı kullanılarak çözülecektir. Ansys CFX Sonlu hacimler yöntemi ile çözüm yapan bir koddur (Anonim 2010).

3.1.6.Sonlu hacimler yöntemi

Ayrıklaştırma:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j) = 0 \quad (3.92)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j u_i) = - \frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\mu_{eff} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right) + S_{u_i} \quad (3.93)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \phi) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j \phi) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(k_{eff} \left(\frac{\partial \phi}{\partial x_j} \right) \right) + S_{\phi} \quad (3.94)$$

$$\mu_{eff} = \mu_{dinamik} + \mu_{türbülans} \quad (3.95)$$

$$k_{eff} = k_{moleküler} + k_{türbülans} \quad (3.96)$$

Burada;

u_i : Hız [m/s]

P: Statik basınç [Pa]

ρ : Yoğunluk [kg/m^3]

μ_{eff} : Efektif viskozite

Γ_{eff} : Efektif kinetik enerji

Bu kısmi diferansiyel denklemler kontrol hacmi üzerine integre edilirse;

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_v \rho dv + \int_s \rho u_j dn_j = 0 \quad (3.97)$$

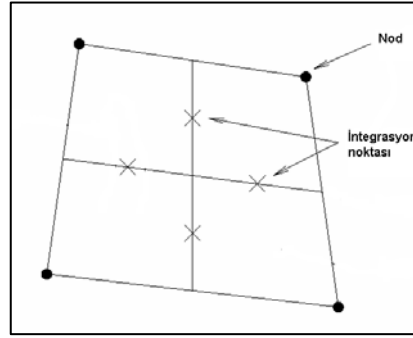
$$\frac{\partial}{\partial t} \int_v \rho u_i dv + \int_s \rho u_j u_i dn_j = - \int_s P dn_j + \int_s \mu_{eff} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) dn_j + \int_v S_{u_i} dv \quad (3.98)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_v \rho \phi dv + \int_s \rho u_j \phi dn_j = \int_s \Gamma_{eff} \left(\frac{\partial \phi}{\partial x_j} \right) dn_j + \int_v S_\phi dv \quad (3.99)$$

v ve s sırasıyla hacim ve yüzey integrallerini göstermektedir.

Burada;

dn_j : Yüzey normaline dik olan komponent



Şekil 3. 15. Çözüm ağı içinde integrasyon noktaları ve nodlar

Ayrıklaştırılmış denklemler;

$$\rho V \left(\frac{\rho - \rho^o}{\Delta t} \right) + \sum_{ip} (\rho u_j \Delta n_j)_{ip} = 0 \quad (3.100)$$

$$\rho V \left(\frac{u_i - u_i^o}{\Delta t} \right) + \sum_{ip} m_{ip} (u_i)_{ip} = \sum_{ip} (P \Delta n_i)_{ip} + \sum_{ip} \left(\mu_{eff} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \Delta n_j \right)_{ip} + \overline{S_{u_i}} V \quad (3.101)$$

$$\rho V \left(\frac{\phi - \phi^o}{\Delta t} \right) + \sum_{ip} m_{ip} u_{ip} = \sum_{ip} \left(\Gamma_{eff} \frac{\partial \phi}{\partial x_j} \Delta n_j \right)_{ip} + \overline{S_\phi} V \quad (3.102)$$

$$m_{ip} = (\rho u_j \Delta n_j)_{ip}^o \quad (3.103)$$

V : Kontrol hacmi

Δn_j : Yüzey vektörü

Δt : Zaman adımı

ip : İntegrasyon noktası

Ayrıca bu çalışmada sayısal hesaplamalar yapılırken edveksiyon terimlerinin ayrıklaştırılmasında ANSYS CFX içerisinde yüksek çözünürlük şeması (High resolution scheme) kullanılmıştır (Anonim 2010).

3.2.Yöntem

3.2.1 Isıl analizler için geometrik basitleştirmenin amaçları

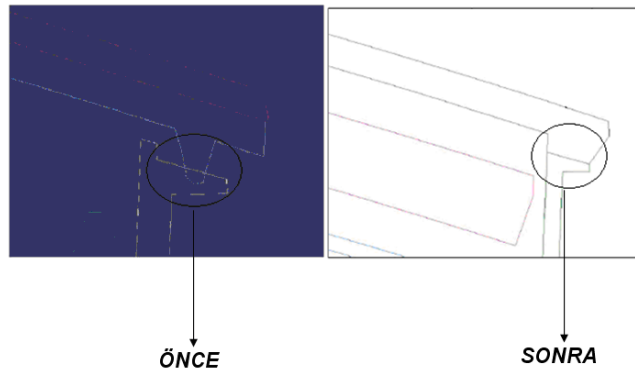
Geometrik basitleştirme eleman ağ yapısını oluşturmadan önce aşağıda belirlenmiş olan amaçlar doğrultusunda yapılır.

- Sonlu hacim modelleme prosesini basitleştirme
- Mesh sayısını azaltmak ve kaliteyi arttırmak
- Hesaplama zamanını azaltmak
- Hızlı ve güvenilir sonuçlara ulaşmak
- Analiz maliyetini azaltmak

Termal analiz parçanın ve akış çevresinin sabit ısı akısı altında ısı davranışını izler ve değerlendirir.

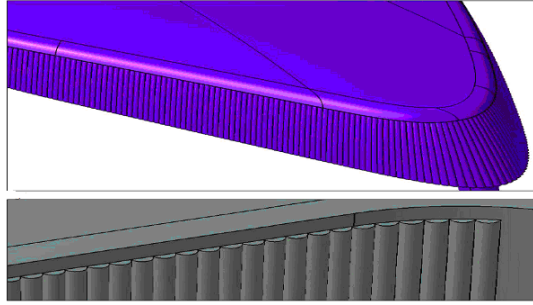
3.2.2. Isıl analizler için gerekli geometrik basitleştirmeler

a) Genellikle dış lens ve gövde sızdırmaz kaynaklıdır. Üç boyutlu modellerde parçaların birbirine girişimi olabilir. İki parça birbirine sıkı temas olacak şekilde girişim kaldırılır. Ayrıca değişiklik yaparken oluşacak karmaşık mesh yapısı dikkate alınmalıdır. Buna bağlı olarak Şekil.3.16’de gösterilen basitleştirmeler yapılmalıdır.



Şekil 3.16. Parçalar arası oluşturulan örnek temas

b) Kompleks mesh yapısına neden olacak radyüs gibi estetik özellikleri kaldırın. Şekil.3.17.

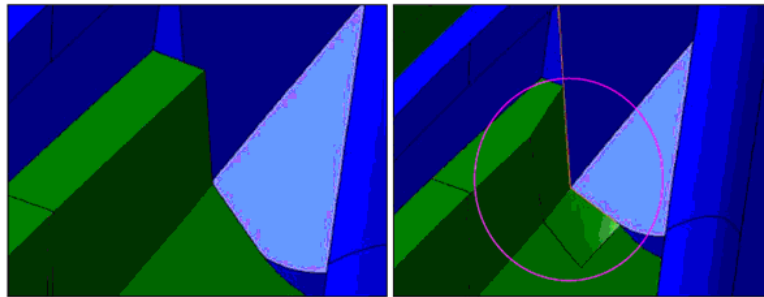


Şekil 3.17. Kaliteli mesh yapısı için kaldırılması gereken radyüsler

c) Bütün hacimler için mesh oluşturulur. 0,5 mm'nin altındaki boşluk alanlarını meshlemek çok zordur. İki parça arasındaki boşluğun 0,5 mm'den fazla olduğundan emin olun. Eğer herhangi bir yüzey kenarı 0.5 mm'den daha az ise malzeme ekleyerek veya çıkararak bu alanı düzeltin. Bunu yaparken parçanın ısıl davranışını etkilememek gerekmektedir.

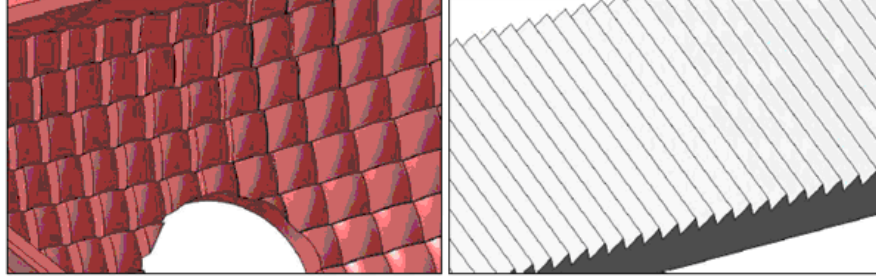
d) Kötü kalite meshten uzak durmak için parçalar üzerinde dar açılardan ve sivri yerlerden kaçınılmalıdır. Termal davranışı etkilememek şartı ile malzeme ekleyerek veya çıkarılarak bu gibi yerler kaldırılabilir.

e) İki parça yüzeylerindeki temas, akışkan eleman ağ yapısında kompleks ince şekilde elemanların oluşumuna neden olur. Parçadan malzeme çıkararak ya da parçaya malzeme ekleyerek bu tür durumlardan kaçının. Şekil.3.18 bu duruma örnek olarak gösterilmiştir. Bu tür basitleştirmelerin eleman ağ yapısının kalitesinin artmasında önemli rolü vardır.



Şekil 3.18. Uygun eleman ağ yapısı için geometride yapılması gerekenler

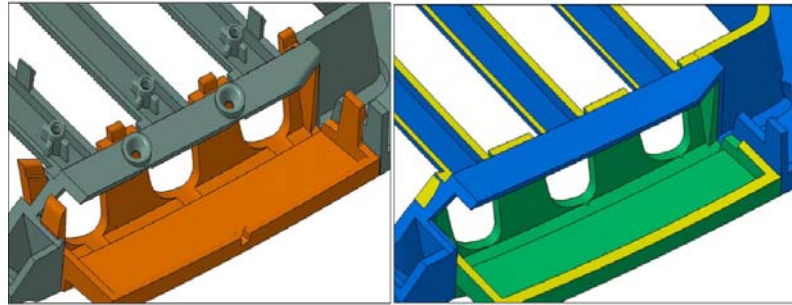
f) Normalde optik yüzeler ısı kaynağına çok daha yakındırlar. Fakat optik yüzeylere eleman ağ yapısı kurmak çok zordur. Şekil 3.19’da görülen optik yüzeyleri düzgün yüzeylerle yer değiştirerek kaldırın.



Şekil 3.19.Uygun eleman yapısı için optiklerin kaldırılması

g) Geometri üzerindeki var olan bütün ince girinti/çıkıntıları kaldırın. Bu tür kenarlar uzun ve kompleks mesh prosesine neden olur.

h) Modelin kritik olmayan alanlarındaki tırnak ve kilitleme özelliklerini kaldırın ve parçalar arasında mükemmel temas sağlayın. Parçalar arasında sıkı temas yapan kabartmalar üzerindeki bürün delikleri kaldırın. Termal etkiler düşünülerek bu tür özelliklerin kaldırılması güzel sonuçlar verebilir. Tırnaklar ve montaj özellikleri için basitleştirmenin nasıl yapılacağı Şekil.3.20’de gösterilmiştir.

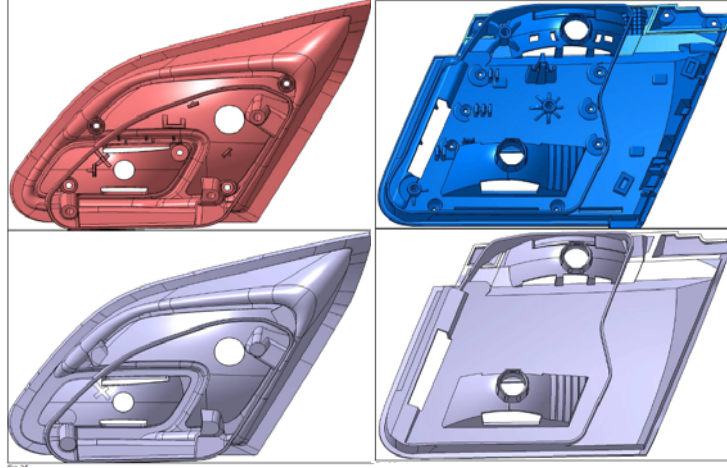


Şekil 3.20. Örnek bir basitleştirme

i) Küçük yuvarlak köşelerin kaldırılması bir çok durumda daha basit mesh yapısına imkan verir. Mesh kalitesini etkileyecek filletleri kaldırın.

i) Isı kaynağı ampul filamanıdır. Gerçekçi sonuçlara ulaşmak için ampullerin, ampul tutucuların ve elektrik kontağının belirli bir şekilde basitleştirilmesi lazımdır.

j) Gövdenin arka tarafındaki bazı özelliklerin termal özellikler bakımından düşünülmesi önemli değildir. Montaj yerleri, küçük köşe yuvarlatmaları ve delikleri kaldırarak modeli basitleştiriniz (Şekil 3.21).



Şekil 3. 21.Örnek gövde basitleştirilmesi

k) Farklı bölgelerde aynı parçaların farklı özellikleri olması halinde ısıya ısı transfer etkilerini düşünerek parçayı iki bölgeye ayırın. Şekil 3.22’de iç alan dış bölgeden farklı parça gibi ayrılmıştır. Bu ayırım mavi malzemenin seramik, beyaz malzemenin ise PC malzeme olmasından dolayı yapılmıştır.



Şekil 3.22. Farklı malzeme olup aynı parçayı oluşturan geometriler

Geometrik basitleştirme için önemli noktalar:

- Montajdaki bütün parçalar basitleştirilmeli
- Minimum hava boşluğunun 0.5 mm olduğundan emin olun
- Parçalar arasında sıkı temasın olduğundan emin olun
- Parçalar arasında girişim olmadığından emin olun

e. Ampullerin uygun pozisyonda ve doğru konumda olduğundan emin olun.

Yaptığımız çalışmalarda belirlenen prensiplere uyulması halinde parçaların elemanlarına ayrıştırılması kolaylaşacak elde edilen mesh yapısı beklenen kalitede olacaktır.

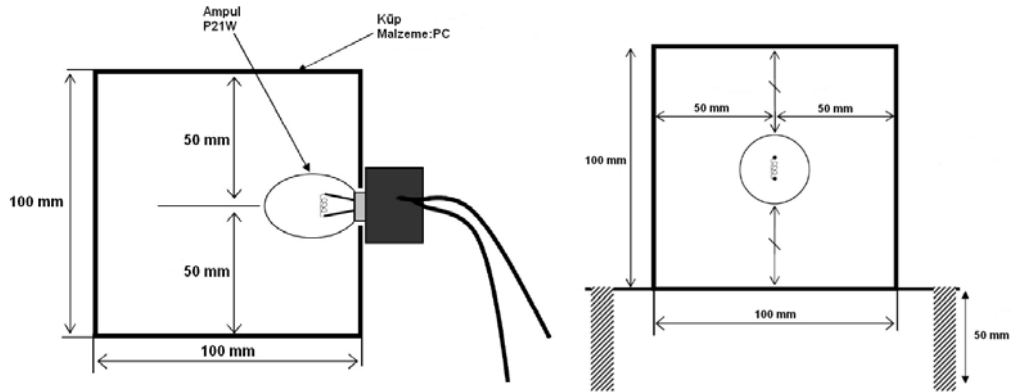
3.2.3. Temel küp eleman deney tesisatı, CAD modeli

a) Temel küp geometrisi, deney tesisatı ve şeması:

Temel eleman olarak alınan küp PC malzemeden yapılmıştır. Deney tesisat fotoğrafı Şekil 3.23'de deney tesisat şeması ise Şekil 3.24'de verilmiştir. Küp elemanda ışık kaynağı olarak P21W ampul kullanılmıştır.



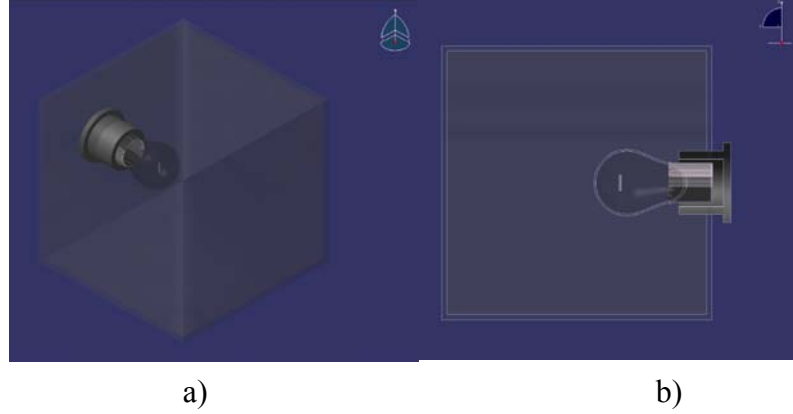
Şekil 3.23. Deney tesisatı fotoğrafı



Şekil 3.24. Deney tesisatı şeması

b) Sistemin CAD modeli:

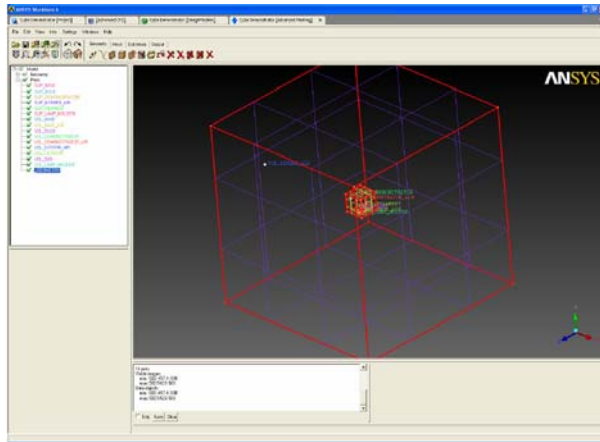
Temel küp sisteminin CAD modeli Catia V5’de tasarlanmıştır (Şekil 3.25). Küp 1 m³’lük hava ile çevrelenmiş olarak tasarlanmıştır.



Şekil 3.25 a)m³ hava ile çevrili temel küp sistemi b) Temel küp sistemi YZ kesiti

c) ICEM CFD yazılımına datanın transfer edilmesi:

Catia V5’de hazırlanan data, öncelikle Ansys workbench içine transfer edilir. Bu işlemin nedeni geometrik olarak bozulmuş yüzeylerin düzeltilmesi ve tasarımın analiz içine sorunsuz alınmasıdır. Ansys Workbench yazılımı Catia V5 datalarını kayıpsız tanımaktadır. Eğer geometride bir sorun yoksa geometri ICEM CFD üzerinden açılır (Şekil 3.26).



Şekil 3. 26.Ansys ICEM CF

3.2.4. Temel küp eleman üzerinde incelenecek kriterler

Çalışmada öncelikli olarak doğrulanmamış ve onaylanmamış malzeme kütüphanesi temel alınmıştır. Çalışmamızın hedefi malzeme özelliklerini belirlemek değildir. Hedef ampuller için en doğru ve güvenilir mesh kriterini belirlemek sıcaklık dağılımının test şartlarına en yakın olarak belirlendiği mesh yapısını bulmaktır.

a) Tetra eleman sayısının kaliteye etkisi:

İlk olarak tetra eleman sayısına bağlı alınan sonuçların doğruluğu ve kalitesi analiz edilmiştir. Simülasyon sonuçlarına etkileri belirlenmiştir. Çalışmada 3 farklı mesh modeli temel alınmıştır.

1. Az yoğunluklu eleman sayısı yaklaşık 1.800.000 tetra eleman
2. Orta yoğunluklu eleman sayısı yaklaşık 3.000.000 tetra eleman
3. Yüksek yoğunluklu eleman sayısı yaklaşık 6.000.000 tetra eleman

b) Katı parçalarda oluşturulan prizma mesh etkisi

Temel olarak 3 katmanlı prizma yapısı dış hava yüzeyleri ile temas eden tüm yüzeyler hariç her yere uygulanmaya çalışılmıştır. Katı-Katı yüzeylerin temaslarının kritik olduğu bölgelere geometrik sınırlamalardan dolayı sadece akışkan temas yüzeyine 3 katı içine 1 katman prizmatik eleman atılabilmektedir.

c) Prizma katman sayısının kaliteye etkisi:

Yüksek yoğunluklu eleman sayısının uygulandığı parçalarda, prizma katman sayısının simülasyon sonuçlarına nasıl etki ettiği araştırılmıştır. Bu araştırma için 3 farklı prizma katman örneği üzerinden çalışma yapılmıştır.

1. Yüksek yoğunluklu eleman sayısı ve akışkan içinde 3 prizma katmanı
2. Yüksek yoğunluklu eleman sayısı ve akışkan içinde 5 prizma katmanı

3. Yüksek yoğunluklu eleman sayısı ve akışkan içinde 10 prizma katmanı

d) Akışkan içinde prizma dağılımının etkisi:

1. Az yoğunluklu eleman sayısı, 3 katmanlı ve katmansız prizma
2. Orta yoğunluklu eleman sayısı, 5 katmanlı ve katmansız prizma
3. Yüksek yoğunluklu eleman sayısı, 10 katmanlı ve katmansız prizma

e) Uygun Mesh Kriteri

En uygun çözümü bulmak için aşağıda verilen kriterlerde alınan sonuçlar karşılaştırılmıştır.

1. Az yoğunluklu eleman sayısı, akışkan içinde 3 prizma katmanı.
2. Orta yoğunluklu eleman sayısı, akışkan içinde 5 prizma katmanı.
3. Yüksek yoğunluklu eleman sayısı, akışkan içinde 10 prizma katmanı.

f) Fiziksel modelin doğrulanması:

Simülasyonun kalitesi hakkında fikir edinmek için en iyi mesh kıstas sonuçları ampulün sıcaklık grafiği ve örnek model üzerinde oluşan sıcaklık dağılımı ile karşılaştırılmıştır.

g) Monte Carlo ışık yayılımının etkisi:

Monte Carlo ışık yayma prensibine göre de aşağıdaki sonuçlar karşılaştırılacaktır.

1. Yüksek yoğunluklu eleman sayısı, sadece tetra eleman ve yüksek foton sayısı.
2. Yüksek yoğunluklu eleman sayısı, akışkan içinde 10 katman, yüksek ve düşük foton sayısı.

3.2.5. Fiziksel modelin kurulması:

3.2.5.1. Isı Kaynağı:

Çalışmamızda ısı ve ışık kaynağı Tungsten bir filamandır. Modelde hacim “Volume” ismiyle modellenmiştir. Eneji tanımlanırken birim hacimde üretilen enerji cinsinden $(\frac{W}{m^3})$ (25,5 W/ tanımlanan mesh hacmi) şeklinde tanımlanmıştır. Yüzeylerden ışınım yayma katsayısı siyah yüzey olarak alınıp ışınım yayma katsayısı:1 alınmıştır.

3.2.5.2 Akışkan tanımlaması:

Bütün akışkan tanımlamaları iletim, taşınım ve ışınımın ısı transfer miktarını hesaplayabilmek için hacim olarak modellenmiştir.

3.2.5.3. Işınım modeli:

Hacim içinde ışınım ile ısı transferinin hesaplanması için Monte Carlo ışınım yayma modeli hava için tanımlanmıştır.

3.2.5.4. Yerçekimi kuvvetleri (Buoyancy):

Bütün akışkan tanımlamalarında buoyancy etkisi olarak bilinen yerçekimi etkisi dikkate alınmıştır. Z eksenine doğrultusunda yerçekimi kuvveti verilmiştir.

3.2.5.5. Isı transferi modellemesi:

a) İletim:

Tüm katı hacimleri iletim ile ısı transferi dikkate alınarak modellenmiştir.

b) Işınım:

Işınım modeli için iki farklı yol izlenmiştir.

- Opak ortamlar: Işınım yayma (Emissivity) sınır şartları içinde tanımlanır (Duy, ampul tutucu).
- Şeffaf ortamlar: Hacimler içinde ışınım Monte Carlo modeli, sabit soğurma katsayısı tanımlanarak çözümlenmiştir.

3.2.5.6. Malzeme özellikleri:

a) Ampul:

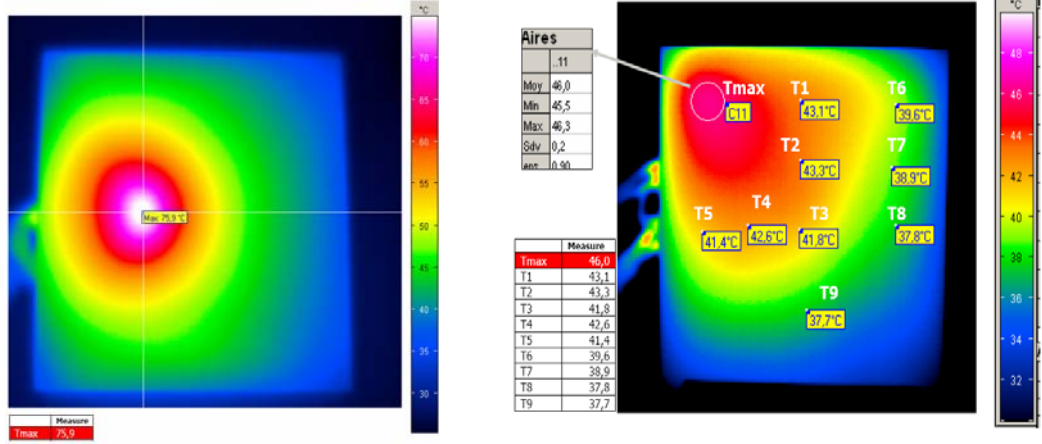
Tungsten, argon ve cam değerleri Argon'un basıncı, camın soğurma katsayısı hariç tanımlıdır. Bu veriler diğer farklı ampul modelleri ve mesh kıstasları ile kalibre edilmiştir. Tungsten ışınım yayma katsayısı ve enerji spectrumu modellenmemiştir. Filaman siyah yüzey olarak kabul edilmiştir.

b) Polikarbonat:

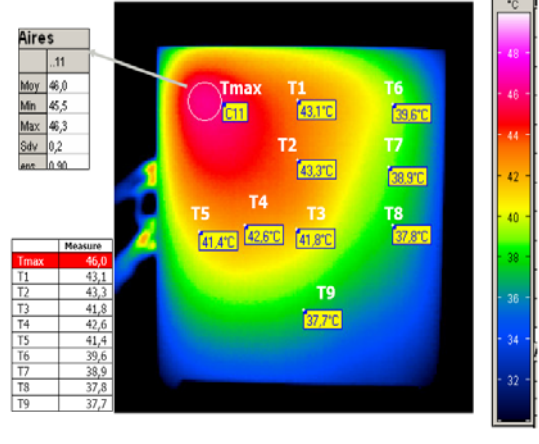
Araştırmada PC termal verileri kullanılmıştır. Soğurma katsayısı bilinmediğinden PMMA'nın değerleri ile farklı ampul modeli ve mesh kriteri ile kalibre edilmiştir.

3.2.6. Termal kamera test sonuçları

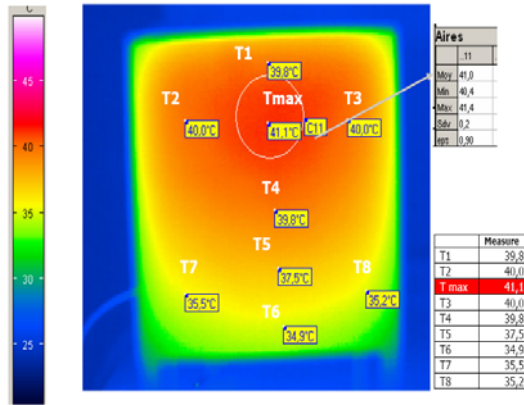
a) Temel küp eleman sonuçları



a)



b)

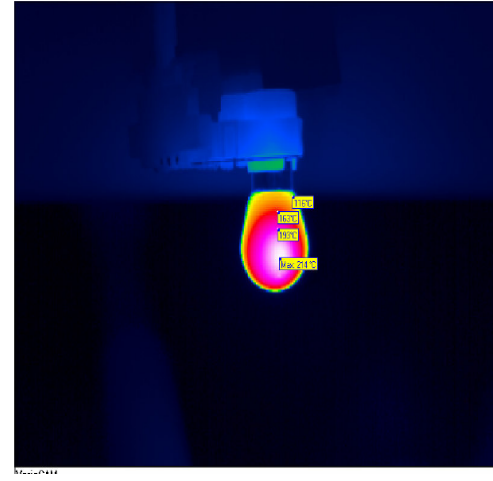
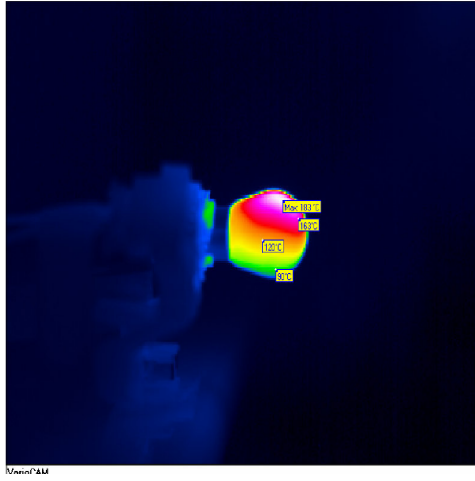


c)

Şekil 3.27. Küp için termal kamera test sonuçları. a)Üst görünüş b)Yan görünüş c) Ön görünüş

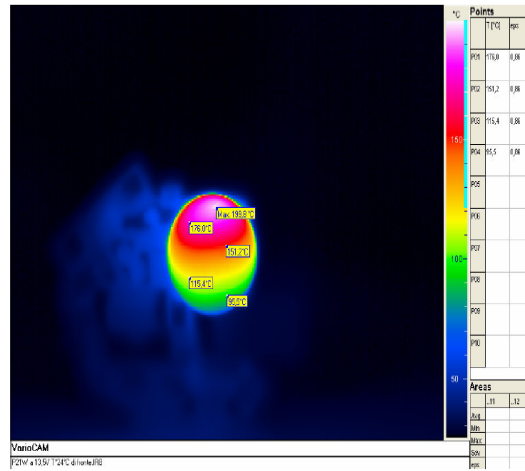
Analiz sonuçları ile karşılaştırma yapmak için küp eleman üzerindeki sıcaklık dağılımları termal kamera ölçülmüştür. Yapılan ölçüm sonuçları Şekil 3.27'de verilmiştir.

b) PY21W Ampul sonuçları



a)

b)



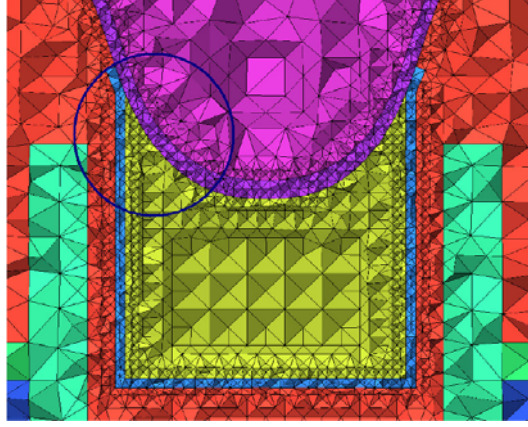
c)

Şekil 3.28.Ampul için a) Termal kamera görüntüsü (Yan görünüş) b) Termal kamera görüntüsü (Üst görünüş) c) Termal kamera görüntüsü (Ön görünüş)

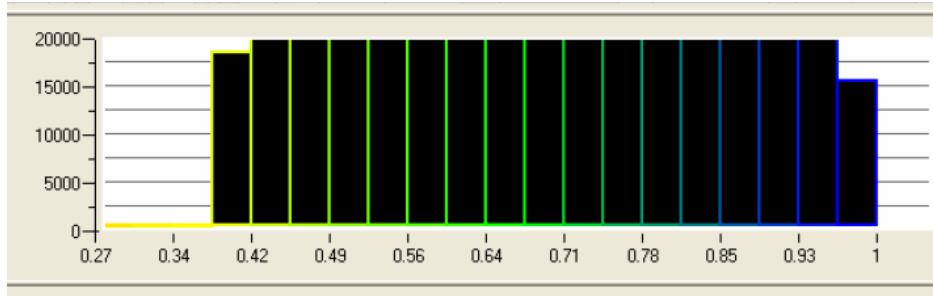
Analiz sonuçları ile karşılaştırma yapmak için ısı ve ışık kaynağı ampul üzerindeki sıcaklık dağılımları termal kamera ölçülmüştür. Yapılan ölçüm sonuçları Şekil 3.28'de verilmiştir.

3.2.7. Analiz için oluşturulan eleman yapıları

3.2.7.1. Düşük yoğunluklu eleman sayısı (Mesh): 1807279 tetra eleman

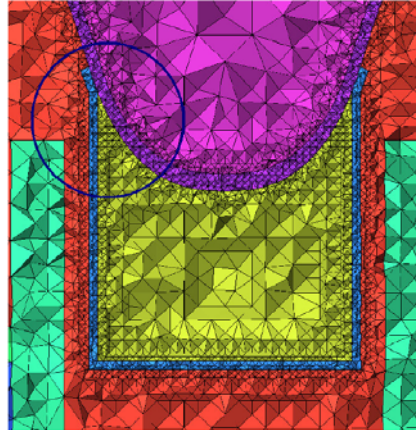


Şekil 3.29. Düşük yoğunluklu eleman (Mesh), kritik bölge ayrıştırması detay

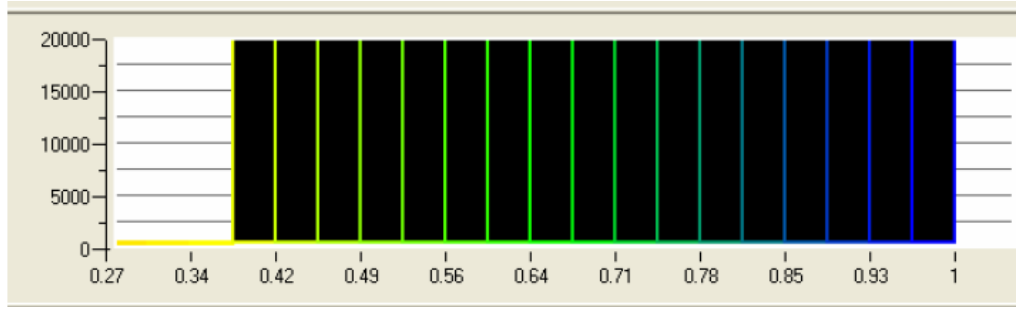


Şekil 3.30. Düşük yoğunluklu eleman mesh kalite dağılımı

3.2.7.2. Orta yoğunluklu eleman sayısı (Mesh): 3151981 tetra elemanı

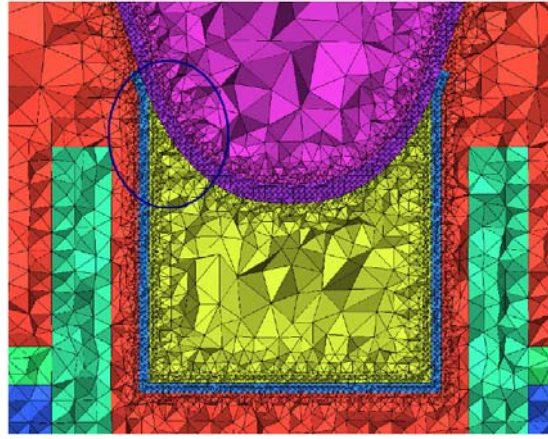


Şekil 3.31. Orta yoğunluklu eleman (Mesh), kritik bölge ayrıştırması detayı

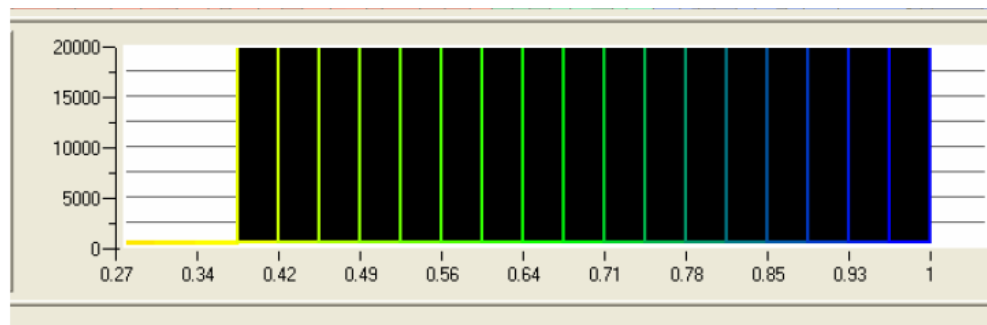


Şekil 3.32. Orta yoğunluklu eleman mesh kalite dağılımı

3.2.7.3. Yüksek yoğunluklu eleman sayısı (Mesh): 5978743 tetra eleman



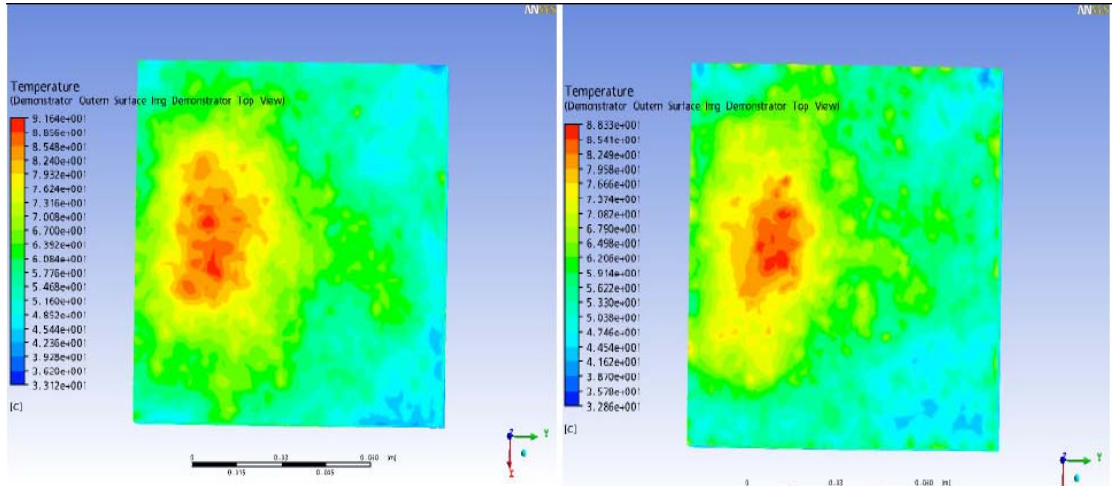
Şekil 3.33. Yüksek yoğunluklu eleman (Mesh), kritik bölge ayrıştırması detay



Şekil 3.34. Yüksek yoğunluklu eleman Mesh Kalite dağılımı

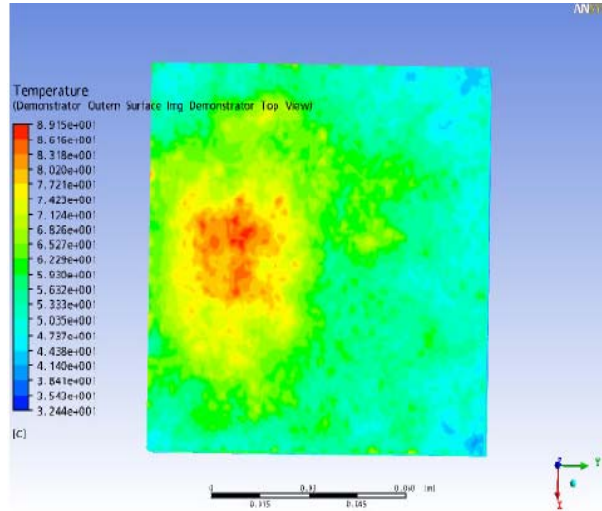
3.2.8. Analiz çıktılarından örnekler:

3.2.8.1. Temel küp modeli üst görünüşleri



a)

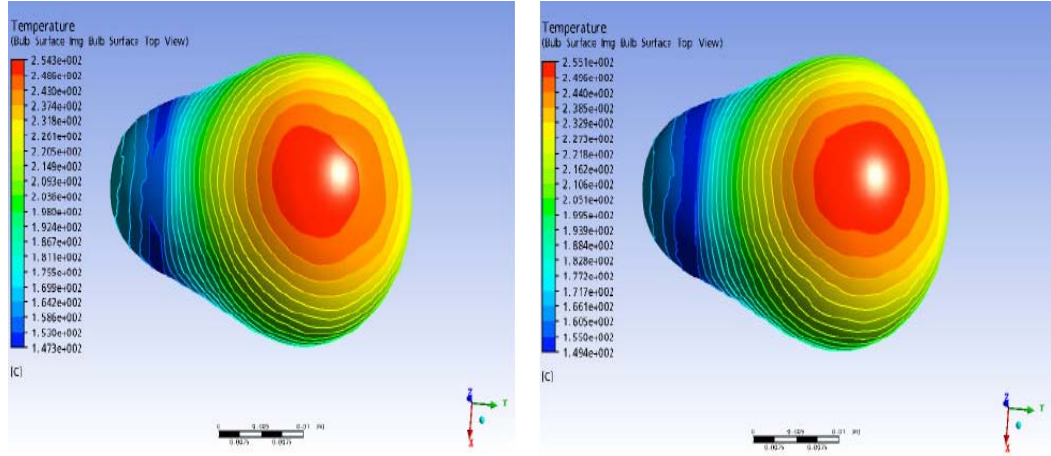
b)



c)

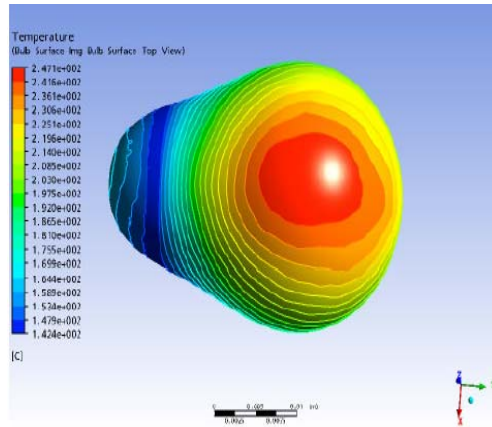
Şekil 3. 35.a) Düşük yoğunluklu eleman sayısını içeren çözüm b) Orta yoğunluklu eleman sayısını içeren çözüm c) Yüksek yoğunluklu eleman sayısını içeren çözüm

3.2.8.2. Ampul analiz sonuçları üst görünüşleri



a)

b)



c)

Şekil 3. 36.a) Düşük yoğunluklu eleman sayısını içeren çözüm b) Orta yoğunluklu eleman sayısını içeren çözüm c) Yüksek yoğunluklu eleman sayısını içeren çözüm

3.2.9. Analiz sonuçları

Beklendiği gibi eleman yoğunluğunun artırılması sonuçların daha iyileşmesine yol açmıştır.

3.2.9.1 Isı kaynağı analiz sonuçları karşılaştırması

Isı kaynağı simülasyonunda eleman yoğunlukları arasında çok büyük farklılıklar oluşmadığı görülmüştür (Çizelge 3.2 ve 3.3).

Çizelge 3.2..Eleman yoğunluğuna karşılık maksimum sıcaklık

Eleman yoğunluğu	Maks. Sıcaklık (C°)
Düşük	254,3
Orta	255,1
Yüksek	247.1

Çizelge 3.3.Eleman yoğunluğuna karşılık sıcaklık değişimi

Eleman yoğunluğu	Sıcaklık değişimi
Düşük	39,80%
Orta	39,20%
Yüksek	40,30%

3.2.9.2. Temel küp analiz sonuçları ile karşılaştırma

Temel küp eleman üzerinde farklı görünüşlerden, farklı sayıda ölçüm alınmıştır. Çizelge 3.4, 3.5, 3.6, 3.7 ölçüm noktalarındaki sıcaklık değerlerini ve hata oranlarını içermektedir.

Çizelge 3. 4.Temel küp elemanı üst görünüşten alınan analiz sonuçları

	Ölçüm	DEYM	Sapma	OEYM	Sapma	YEYM	Sapma
Tmax	75,9 C°	91 C°	%19,89	88 C°	%15,94	88 C°	%15,94

Çizelge 3. 5. Temel küp elemanı yan görünüşten alınan analiz sonuçları

	Ölçüm (C°)	DEYM	Sapma	OEYM	Sapma	YEYM	Sapma
Tmax	46,3	63	%36,96	62	%34,78	63	%36,96
T1	43,1	56	%29,93	56	%29,93	55	%27,61
T2	43,3	65	%50,12	55	%27,02	53	%22,40
T3	41,8	63	%50,72	52	%24,40	52	%24,40
T4	42,6	56	%31,46	59	%38,50	59	%38,50
T5	41,4	49	%18,36	54	%30,43	53	%28,02
T6	39,6	52	%31,31	48	%21,21	51	%28,79
T7	38,9	49	%25,96	47	%20,82	52	%33,68
T8	37,8	54	%42,86	44	%16,40	45	%19,05
T9	37,7	53	%40,58	50	%32,63	42	%11,41

Çizelge 3. 6.Temel küp elemanı ön görünüşten alınan analiz sonuçları

	Ölçüm (C°)	DEYM	Sapma	OEYM	Sapma	YEYM	Sapma
T1	39,8	52	%30,65	48	%20,60	49	%23,12
T2	40	55	%37,50	51	%27,50	44	%10,00
Tmax	41,1	56	%36,25	53	%28,95	50	%21,65
T3	40	53	%32,50	55	%37,50	45	%12,50
T4	39,8	49	%23,42	54	%35,68	52	%30,65
T5	37,5	43	%14,67	44	%17,33	44	%17,33
T6	34,9	38	%8,88	42	%20,34	34	%2,58
T7	35,5	47	%32,39	52	%46,48	42	%18,31
T8	35,2	43	%22,16	40	%13,64	43	%22,16

Çizelge 3. 7.Temel küp elemanı arka görünüşten alınan analiz sonuçları

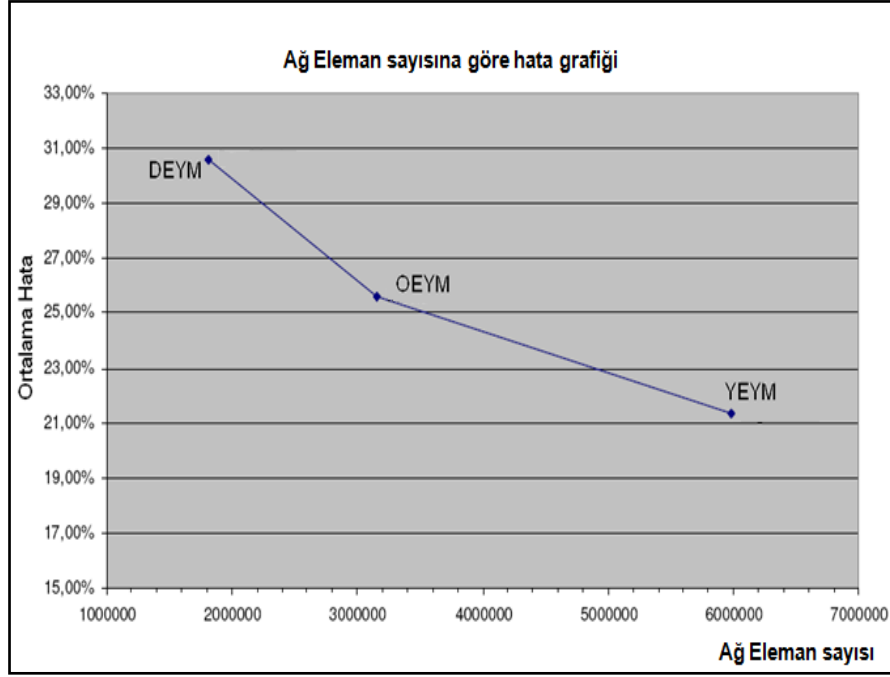
	Ölçüm(C°)	DEYM	Sapma	OEYM	Sapma	YEYM	Sapma
T1	47,4	65	%37,13	60	%26,58	58	%22,36
T2	48,8	62	%27,05	57	%16,80	57	%16,80
T3	47,2	60	%27,12	58	%22,88	53	%12,29
T4	46,5	59	%26,88	58	%24,73	57	%22,58
T5	52,6	67	%27,38	62	%17,87	63	%19,77
T6	58,1	73	%25,65	65	%11,88	63	%8,43
Tmax	62,4	86	%37,82	81	%29,81	81	%29,81
Thold	93,7	56	%40,23	62	%33,83	70	%25,29

Genel anlamda bütün ağ eleman sayılarına göre hata oranları Çizelge 3.8'de verilmiştir.

Çizelge 3. 8.Analiz Hata dağılımı karşılaştırma

	DEYM	OEYM	YEYM
Ortalama Sapma	%30,57	%25,58	%21,37

Tetra elemanlarının yoğunluğunun aynı mesh kalite kriteri içinde artırılması çözümün doğruluk oranının arttığını göstermiştir. Şekil 3.37'de hata oranının, eleman sayısına bağlı değişimi görülmektedir. Çizelge 3.9'da eleman sayısına bağlı çözüm zamanının büyüme oranları verilmiş, eleman sayısına bağlı çözüm süresinin grafiği Şekil 3.38'de gösterilmiştir.

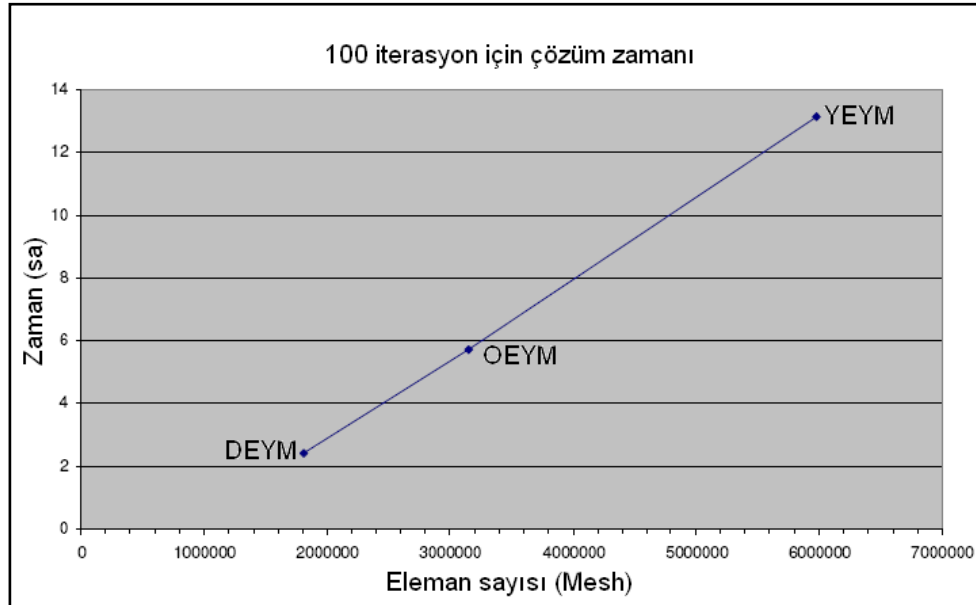


Şekil 3.37. Ağ eleman sayısı yoğunluğuna göre analiz hata oranları

Bu arada 100 iterasyonlu çözüm zamanının lineer olarak yükseldiği görülmüştür.

Çizelge 3.9.Çözüm zamanı karşılaştırma

Eleman sayısı	Çözüm zamanı (sa)	Büyüme faktörü
DEYM	2,4	-
OEYM	5,7	%137,5
YEYM	13,15	%447,9



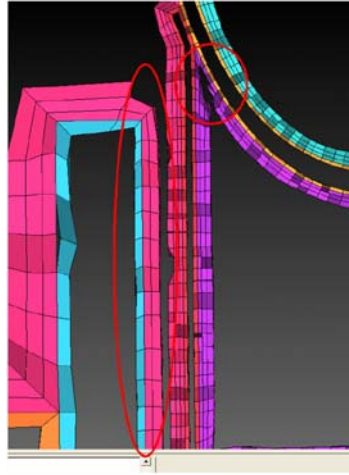
Şekil 3.38. Ağ eleman sayısı yapısına göre çözüm zamanı

3.2.10. Eleman yapılarının etkilerinin yorumlanması

3.2.10.1.Katı parçalardaki prizma yapısının etkileri

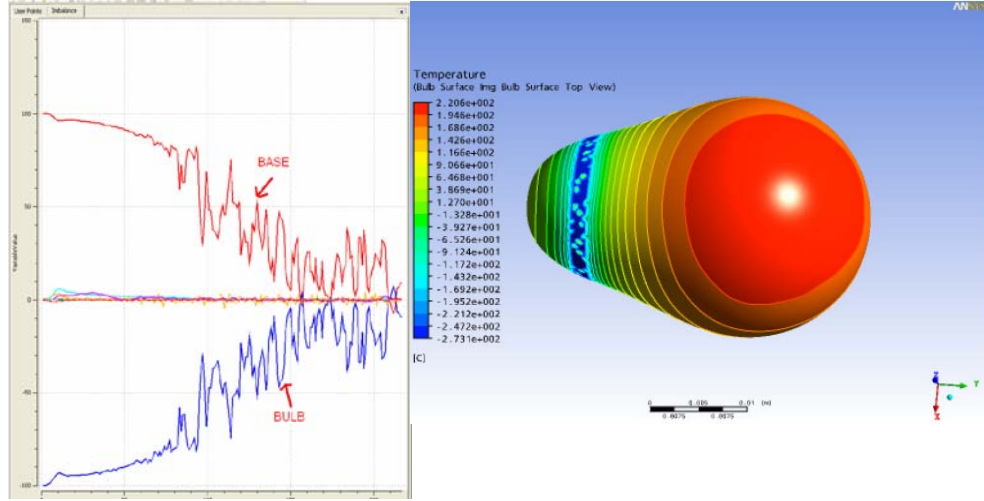
a) Düşük eleman yoğunluklu yapıya prizma uygulaması

İlk prizma uygulaması düşük yoğunluklu eleman dağılımını üzerine olmuştur. Prizma uygulaması bir önceki bölümlerde ifade edilen tetra elemanlar başlangıcından itibaren gerçekleştirilmiştir. Burada önemli olan her bir yüzey elemanı için eleman ayrıştırmasının özel olmasıdır. Her bir yüzey farklı yoğunlukta eleman sayısına ve büyüklüğüne sahiptir. Bu yaklaşım prizma dağılımı, katmanı ve özellikle elemanlara ayrıştırılacak alanlar için özellikle ince cidarlar için tehlikelidir. Elemanlara ayrıştırmak (mesh) bütün tanımlanmış bölgelere uygulanmıştır. 3 katman akışkana, 1 katman katı bölümlere uygulama yapılmıştır. Mesh kalitesinde yetersiz alanda göze çarpan problemler Şekil 3.39’da görülmektedir.



Şekil 3.39.Düşük yoğunluklu eleman yapısına prizma uygulaması

Simülasyon çıktıları gerçek olmayan sonuçlar vermiştir. Ana problem ampul ve duyu arasındaki göze çarpan uyumsuzluk problemidir.



a)

b)

Şekil 3.40 a) Ampul ve duy arasındaki dengesizlik b) Ampul ve duy birleşme bölgesindeki sıcaklık dağılımı (üst görünüş)

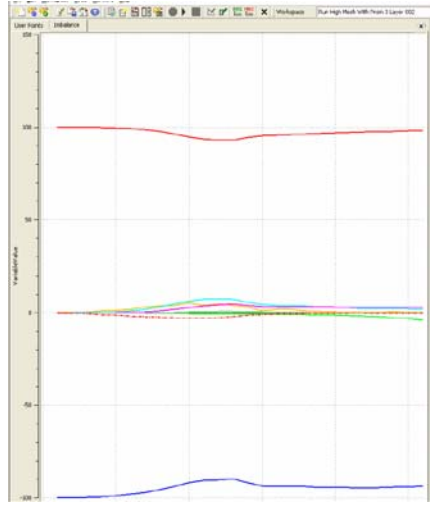
Şekil 3.40'daki grafikten görüldüğü üzere ampul ve duy birleşim bölgesinde 0°C sıcaklık görülmektedir. Yani katı içinde olması gereken iletimle ısı transferi görülüyor.

Analiz sonuçları öncelikli olarak prizma eleman oluşumunun kolaylaştırılması için ampul tutucu ve duy arasındaki mesh yüzey tanımlamalarının tekrar yapılması gerekmektedir. Çünkü boşluktaki tetra eleman sayısı her zaman boşluktaki katman sayısından büyük olmalıdır. Gereğinden fazla sayıda prizma oluşumu da hataya sebebiyet vermektedir. Ampul ve tabanı arasındaki geometri sebebiyle taban ve iç havasında herhangi bir prizma uygulaması mevcut değildir. Bu bölgede büyük yapıli elemanların oluşması halinde prizma oluşturmak mümkün olacaktır.

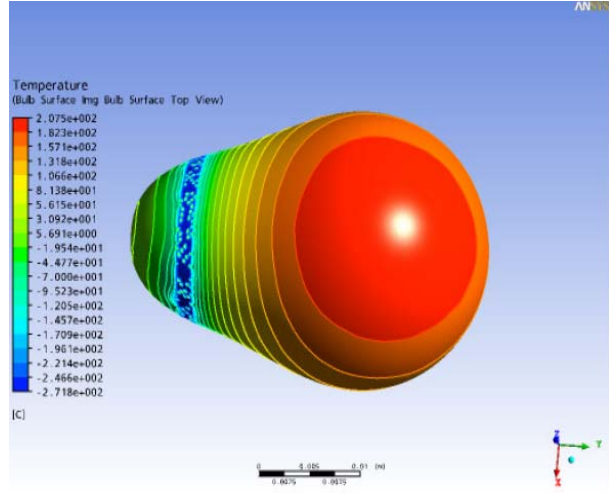
b) Yüksek eleman yoğunluklu yapıya prizma uygulaması

Bu uygulamada ilk analizden aldığımız sonuçları test etmek amacıyla yüksek yoğunluklu eleman yapısı üzerine prizma uygulaması yapıldı. Bu defa akışkan içine 3 katmanlı prizma uygulamasını ampul tabanı içinde dahil olmak üzere uygulandı. Katı bölümler üzerine bir katman prizma uygulandı. Fakat yine aynı sonuçları gözlemlendi. Bunun üzerine sonuçları tekrar değerlendirmek üzere katı üzerindeki prizma oluşumu

kaldırıldı. Şekil 3.41 incelendiğinde düşük yoğunluklu eleman oluşumunda aldığımız sonuçlara benzer sonuçlar alındı.



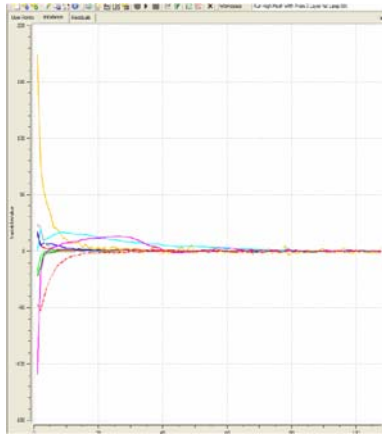
a)



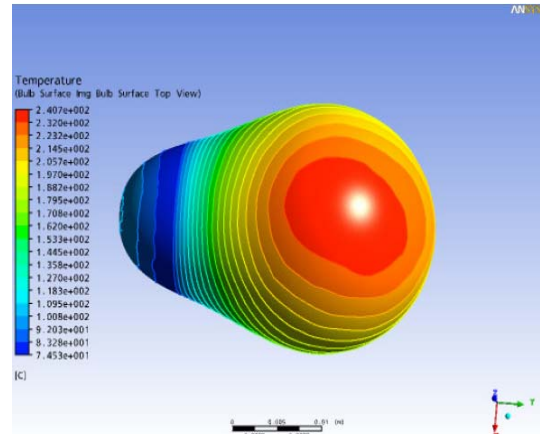
b)

Şekil 3.41 a) Ampul ve duy arasındaki dengesizlik b) Ampul ve duy birleşme bölgesindeki sıcaklık dağılımı (üst görünüş)

Alınan sonuçlara göre prizma oluşumu olmayan Ampul tabanı ve ampul tasarlanmış, sadece ampul tutucuda 1 prizma katmanı oluşturulmuştur. Alınan sonuçlara göre dengesizlik probleminin ortadan kalktığı gözlemlenmiştir (Şekil 3.42).



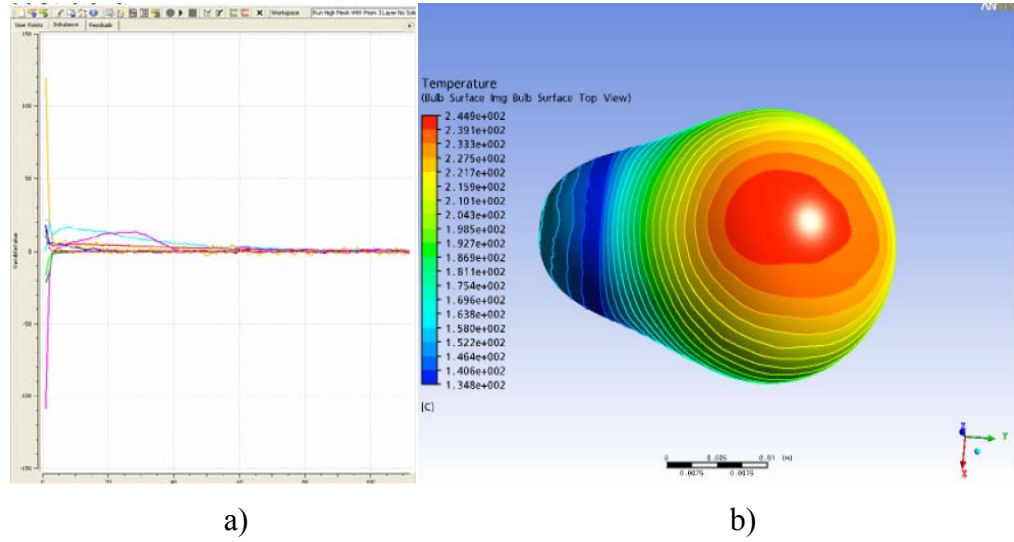
a)



b)

Şekil 3. 42 a) Dengesizlik (imbalance) b) Ampul ve duy birleşme bölgesindeki sıcaklık dağılımı (üst görünüş)

Ampul ve tabanında herhangi bir prizma yapının olmayışı ısı transfer problemini çözmüştür (Şekil 3.43). Fakat ampul tutucu üzerinde oluşturulan prizma yapı ampul tutucu üzerindeki sıcaklık problemini ortadan kaldırmamıştır. Yine sonuçlara göre katı parçalardan prizma yapısının kaldırılmasına karar verilmiş ve ampul tutucu üzerindeki sıcaklık hatalarının da ortadan kalktığı tespit edilmiştir.



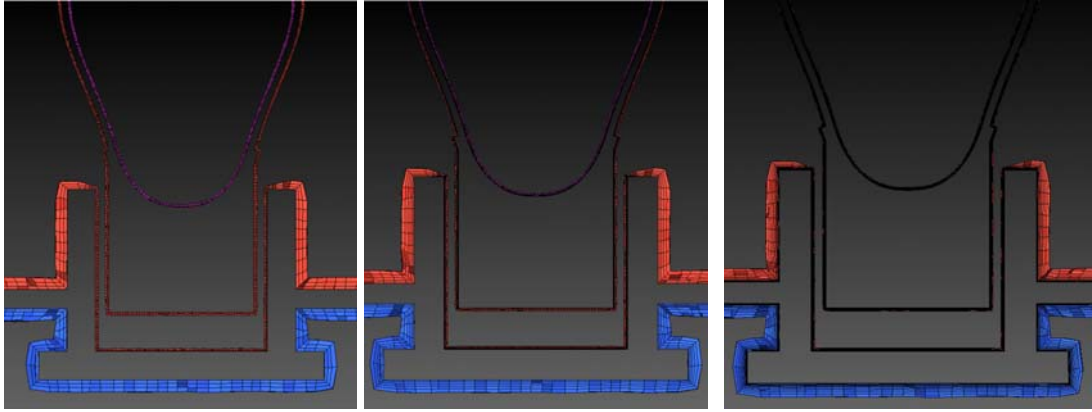
Şekil 3.43 a) Dengesizlik b) Ampul ve duyu birleşme bölgesindeki sıcaklık dağılımı (üst görünüş)

Dengesizlik (Imbalance) ortadan kalkmış bütün parçalar ısı transferi açısından dengeye ulaşmıştır. Bu çalışma bize ince katı hacimlerde prizma oluşumunun kritik olduğunu göstermiştir. Bunun ana nedeni CFX, katı arasında iletim problemini çözümlerken enerji eşitlik denklemini kullanmaktadır. Bu denklem içinde taşınım ile olan ısı transferi hıza bağlı olduğundan dolayı görülmemektedir. Sadece iletimle olan ısı transferi göz önüne alınmıştır. Bu yüzden enerji eşitlik denklemi Fourier denklemi haline gelmiştir. Bu eşitlik mesh kalitesine oldukça hassas olarak bağlıdır. Her mesh setinde katılardaki prizmalar kapatılmalıdır. Merkezi tetra elemanlar sıkıştırılmıştır. Bu yüzden katı parçalar üzerinde oluşan mesh kalitesi bütün kalite iyi görünse bile uygun görülmemiştir. Enerji taşınım denkleminin yakınsaması için katılarda tetra eleman yapılarının olmasının sonuçları olumlu etkileyeceği görülmüştür. Tetra eleman sayısının katılar içine güvenli prizma oluşturabilmek için çok yüksek yoğunlukta olması gerekmektedir. Ayrıca tetra eleman sayısının yüksek olması, çözüm zamanını ve yakınsamayı da etkileyecektir. Prizma yapılar sıvılar için çok önemlidir. Çünkü duvar

yüzeyindeki dağılımın tespitini ve sıcaklığın doğrulanmasını sağlamaktadırlar. Özellikle düşük Reynolds sayılarında prizma uygulaması sadece akışkanlara yapılmalıdır.

c) Prizma katman sayısının mesh kalitesine etkisi

Bir sonraki basamak olarak prizma katman sayısının (Şekil 3.44) çözüm üzerine etkilerini incelendi.



Şekil 3. 44. 3, 5 ve 10 Katmanlı prizmatik mesh yapıları

Isı kaynağı simülasyonunda ampul sıcaklık dağılımında olduğu gibi prizma etkisi görülmektedir. Çizelge 3.10'da ampul sıcaklık ölçümleri, Çizelge 3.11'de üst-alt sıcaklık değişimleri verilmiştir.

Çizelge 3.10.Prizma katman sayısına bağlı maksimum sıcaklık

Katman sayısı	Max Sıcaklık (°C)
0	248,7
3	244,9
5	243,2
10	241

Çizelge 3. 11 Prizma katman sayısına üst-alt sıcaklık değişimi

Katman sayısı	Üst-Alt sıcaklık değişim %
0	39,4
3	42,5
5	38,5
10	42,7

Gaz hareketi ve sıcaklık prizma katman farklılığın etkisinin az olduğunu göstermektedir. Isı kaynağı için yapılan simülasyonda prizma yapısının basitçe iyileştirildiği görülmektedir. Çünkü ışınım ve taşınımın olduğu en önemli bileşendir. Isı kaynağında küçük hacimlerde olan taşınım ile olan ısı transferinden çok tetra eleman kalitesi önemlidir. Simülasyonda buoyancy taşınım etkileri görülmektedir. Z ekseninde boyunca asimetrik sıcaklık dağılımı görülmektedir. Ardışık prizma yapılarının oluşturulması prizmatik yapısı olmayan kaliteli bir çözümden daha doğru sonuçlar vermektedir. Çizelge 3.12, 3.13 ve 3.14 farklı prizma katmanlarındaki sonuçları vermektedir.

Çizelge 3.12. Temel küp elemanı üst görünüşten alınan analiz sonuçları

	Sıcaklık	Prizma yok	Hata oranı	3 K	Hata oranı	5 K	Hata oranı	10 k	Hata oranı
Tmax	75,9 °C	88 °C	%15,94	78 °C	%2,77	77 °C	%1,45	77 °C	%1,45

Çizelge 3.13. Temel küp elemanı yan görünüşten alınan analiz sonuçları

	Sıcaklık	Prizma yok	Hata oranı	3 Katman	Hata oranı	5 Katman	Hata oranı	10 Katman	Hata oranı
Tmax	46	63	%36,96	55	%19,57	53	%15,22	50	%8,7
T1	43,1	55	%27,61	48	%11,37	51	%18,33	47	%9,05
T2	43,3	53	%22,40	46	%6,24	50	%15,47	44	%1,62
T3	41,8	52	%24,40	46	%10,05	43	%2,87	44	%5,26
T4	42,6	59	%38,50	50	%17,37	45	%5,63	45	%5,63
T5	41,4	53	%28,02	49	%18,36	41	%0,97	43	%3,86
T6	39,6	51	%28,79	40	%1,01	42	%6,06	40	%1,01
T7	38,9	52	%33,68	45	%15,68	43	%10,54	37	%4,88
T8	37,8	45	%19,05	44	%16,40	36	%4,76	36	%4,76
T9	37,7	42	%11,41	41	%8,75	37	%1,86	35	%7,16

Çizelge 3.14. Temel küp elemanı ön görünüşten alınan analiz sonuçları

	Sıcaklık	Prizma yok	Hata oranı	3 Katman	Hata oranı	5 Katman	Hata oranı	10 Katman	Hata oranı
T1	39,8	49	%23,12	43	%8,04	43	%8,04	40	%0,5
T2	40	44	%10	39	%2,50	45	%12,50	37	%7,5
Tmax	41,1	50	%21,65	46	%11,92	47	%14,36	45	%9,5
T3	40	45	%12,50	43	%7,50	40	%0	38	%5
T4	39,8	52	%30,65	39	%2,01	41	%3,02	42	%5,53
T5	37,5	44	%17,33	36	%4	39	%4	35	%6,67
T6	34,9	34	%2,58	30	%14,04	36	%3,15	30	%14,04
T7	35,5	42	%18,31	35	%1,41	38	%7,04	33	%7,04
T8	35,2	43	%22,16	35	%0,57	37	%5,11	33	%6,25

Test ve analizlerin karşılaştırılması sonucunda prizma katman sayısına göre ortalama hata oranları Çizelge 3.15’de verilmiştir.

Çizelge 3. 15 Prizma sayısına göre hata oran dağılımı

	Prizma yok	3 katman	5 katman	10 katman
Ortalama hata	%21,37	%9,38	%7,59	%5,87

Sonuçlardan görülen şudur ki; prizma katman sayısı arttıkça küp içi hava ve küp üzerindeki sıcaklık dağılımına ait sonuçlara yakın sonuçlar alınırken, ısı taşınım ve ışınımının merkezinde bulunan kritik ampul ve ampul duyu sıcaklıklarında hata payının arttığı tespit edilmiştir. Küp içindeki hava ve küp için özellikle 3 katmanlı prizma çözümlerinden sonra göze çarpan doğrulama vardır. Burada termal kamera hata payını %1-2 gibi, ışınım yayma katsayısından gelen hata oranını da %1-2 alırsak sonuçların doğruluk payı oldukça iyidir. Doğrulama çalışmamız sonucu elimize geçen veriler ışığında, eleman yapısının kalitesi 0.1’den yüksek olmak zorundadır. Aydınlatma ürünlerinin şekilli yapısı, bileşenlerin karışıklığı prizma eleman yapısının oluşturulmasına büyük engel teşkil etmektedir Bu nedenle çalışmalarda kullanılmak üzere iki mesh yapısının deneysel doğrulama ile karşılaştırılması ortaya konulmuştur. Test sonuçlarına en yakın, kabul edilebilir hata oranına sahip eleman yapısı mesh kriteri olarak alınmıştır.

Eleman tipi belirleme çalışmasında basit bir geometri yerine, varolan ve ön aydınlatma elemanı olarak çalışmamızda incelediğimiz ürün incelemeye alınmıştır.

3.2.11 Aydınlatma elemanları için uygun hacimsel eleman yapısının belirlenmesi

3.2.11.1 Örnek far geometrisi:



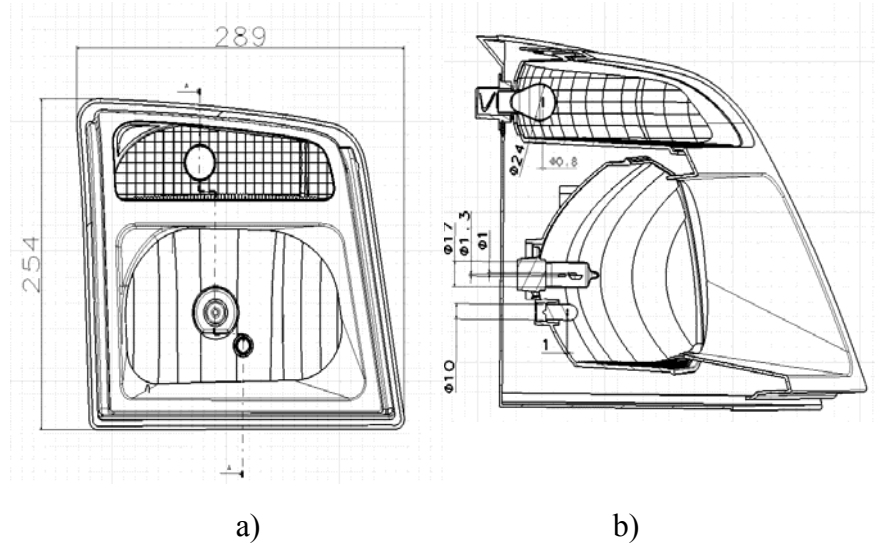
a)

b)

Şekil 3.45.Çalışmada kullanılan örnek far a) Ön görünüş ve b) Arka görünüş

Far içinde ısı kaynağı olarak H4 ampul, sinyal fonksiyonu için PY21W ampul ve pozisyon fonksiyonu için W5W ampul kullanılmıştır. Ampullerin flamanlarına sırasıyla 75W, 24W, 6W güç verilmiştir. Far bileşenlerinden lens PC (Polycarbonate), gövde PP TD40 (Katkılı Polypropylene), reflektörler BMC (Bulk Molding Compounds), ve estetik çerçeve (Bezel) PBT (Polybutylene Terephthalate) malzemelerinden oluşmaktadır (Sökmen ve ark 2012).

Kullanılan farın geometrik modeli ve ölçüleri Şekil 4.47'deki gibidir. Far X ekseninde 289 mm, Y ekseninde 254 mm'dir. Pozisyon fonksiyonunda kullanılan W5W ampulün çapı 10 mm, flaman çapı ise 1 mm'dir. Uzun ve kısa hüzme görevi gören H15 ampulünün çapı 17 mm, uzun hüzme flaman çapı 1 mm, kısa hüzme çapı 1,3 m'dir. Sinyal fonksiyonu için kullanılan PY21W ampulün çapı 24 mm ve flaman çapı 0,8 mm'dir (Sökmen ve ark 2012).



Şekil 3. 46. Çalışmada kullanılan far ölçüleri a) Ön görünüş ve b) Yan görünüş (Ölçüler mm dir.) (Sökmen ve ark 2012)



Şekil 3.47. Çalışmada kullanılan farın Catia V5 R19’da hazırlanmış datası (Sökmen ve ark 2012)

Bilinen boyutsal ölçülere göre ön aydınlatma elemanı, CATIA V5 R19 programında 3 boyutlu hale getirilir. Tasarım bitirildikten sonra geomterik basitleştirme kurallarına göre data elemanları ayırıştırma aşamasına hazır hale getirilir.

3.2.11.2. Analizde kabul edilen sınır şartları ve ısı kaynağı güçleri

Analizde ve deney safhasında kullanılan sınır şartları ise aşağıda yazdığı gibi kabul edilmiştir:

Hava giriş hızı: 0.5 m/s

Klimatik fırın içi sıcaklık: 50°C

Ampul enerjileri

Uzun hüzme H4 (75W) AÇIK

Kısa hüzme H4 KAPALI

Sinyal ampülü PY21 (24W) AÇIK

Pozisyon W5W (6W) AÇIK

olacak şekilde alınmıştır.

a) Akışkan tanımlaması: Bütün akışkan tanımlamaları iletim, taşınım ve ışıınının ısı transfer miktarını hesaplayabilmek için hacim olarak modellenmiştir.

b) Yerçekimi kuvvetleri (Buoyancy):Bütün akışkan tanımlamalarında buoyancy etkisi olarak bilinen yerçekimi etkisi dikkate alınmıştır. Z eksenini doğrultusunda yerçekimi kuvveti verilmiştir.

c)Işıınım modeli: Hacim içinde ışıınım ile ısı transferinin hesaplanması için Monte Carlo ışıınım yayma modeli hava için tanımlanmıştır. Foton sayısı olarak 5000000 bandı kabul edilmiştir.

d)Taşınım modeli: Far içinde ve fırın içinde hava için doğal taşınım kabulü yapılmıştır.

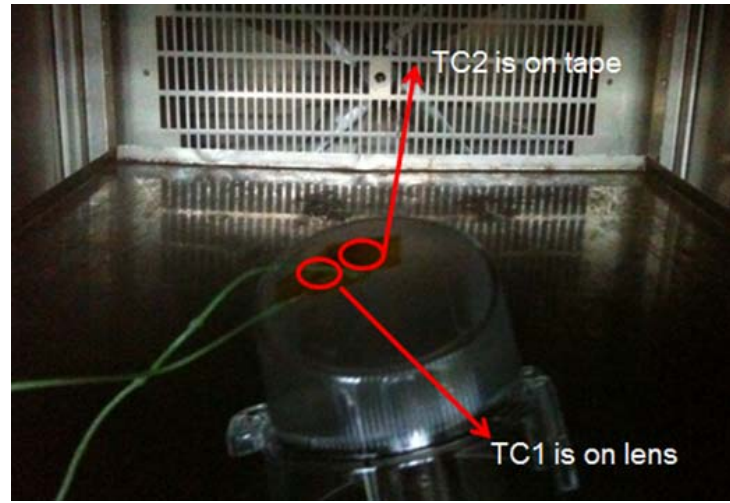
Analizde sıcaklık değişimine bağlı hava özelliklerinin değişimi dikkate alınmıştır.

Mesh eleman tipi doğrulaması için yapılan analiz, deney sonuçları ile karşılaştırılmış ve hata oranı en düşük olan eleman tipi seçilmiştir. Deney cihazında kullanılan malzemeler ve özellikleri Çizelge 3.16'da verilmiştir.

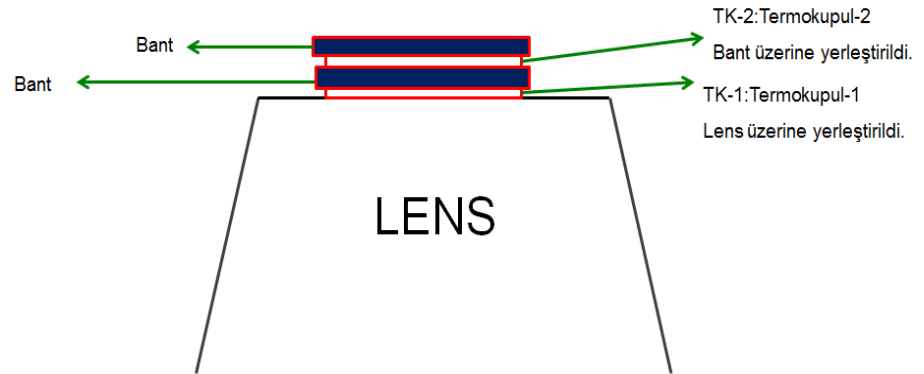
Çizelge 3. 16. Deney cihazları ve özellikleri (Sökmen ve ark 2012)

Deney Cihazı	Marka	Çalışma Aralığı	Hassasiyeti
Klimatik Fırın	Angelantoni C600	-70°C/+180°C	+/- 0,1°C
Termometre	APPA-50	-40°C/+204°C	+/- 2,2°C
Termokupul	Standart K-Tipi	-100°C/+650°C	+/- 0,1°C

Ölçümler APPA marka termometre ile iki ayrı termokupl okuyabilen cihaz ve ürün içine yerleştirilmiş yedi ayrı termokupl ile yapılmıştır. Ölçümlerden önce termokupul kalibrasyonu klimatik fırın içinde yapılmıştır. Termokupullar ürün üzerine bir bant aracılığı ile yapıştırıldığından bandın ölçümleri nasıl etkilediğini bulabilmek için fırın içinde (Şekil 3.48, 3.49), başka bir ürün üzerinde ürün yüzeyine yapıştırılmış bir termokupl ve onun üzerine (bant üzerine) yapıştırılmış başka bir termokupl ile 50°C'lik şartlar altında doğrulama yapılmıştır. Yüzey sıcaklığı 50,3°C iken bant üzeri sıcaklığı 50,1°C olarak ölçüldüğünden bantın etkisi ihmal edilmiştir.



Şekil 3.48. Termokupullarda kullanılan bant validasyon deney fotoğrafı

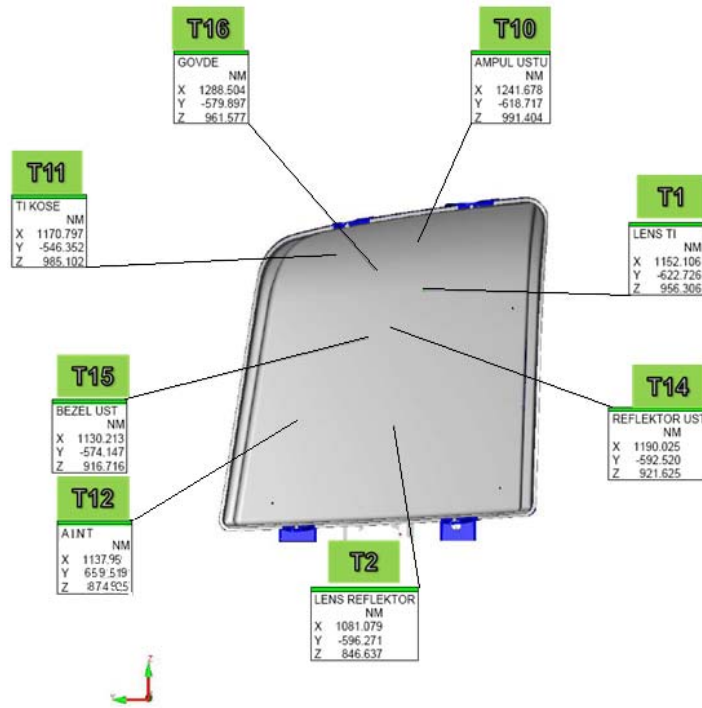


Şekil 3.49. Termokupullarda kullanılan bant validasyon deney şeması

Sekiz adet termokupul özellikle far üzerinde sıcaklığın kritik değere ulaşacağı ve sıcaklık problemlerinin beklendiği bölgelere yerleştirilmiştir. Sekiz termokupulun yerleştirildiği bölgeler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. Termokupulların araç eksenine

göre koordinatlarını tespit etmek amacıyla 3 boyutlu ölçüm cihazında her bir termokuplun koordinatı tespit edilmiştir (Şekil 3.50). Termokupul koordinatları tespit edildikten sonra ürün test için bütün fonksiyonları açık halde fırın içine yerleştirilmiştir. Çizelge 3.17.Termokupulların yerleştirildiği konumlar

TERMOKUPUL	KONUM
T1	Lens üzerinde H4 ampul karşısı
T2	Lens üzerinde PY21W ampul karşısı
T10	Sinyal reflektöründe PY21W ampulün tam üstü
T11	Sinyal reflektörü üst köşesi
T12	İç hava
T14	Reflektör üzerinde H4 ampul karşısı
T15	Estetik çerçevede H4 tarafında
T16	Gövde üzerinde PY21W



Şekil 3.50.Termokupulların araç eksenine göre koordinatları

Çizelge 3.18. Termokupulların yerleştirildiği koordinatlar

	TERMOKUPUL KOORDİNATLARI			Ölçüm Sonuçları
		X	Y	T(°C)
Point_1	T1	1161,8	621,683	94,112
Point_2	T2	1080,279	596,271	67,1
Point_3	T10	1241,678	618,717	152,6
Point_4	T11	1183	550,352	92,8
Point_5	T12	1139,83	660,488	87,7
Point_6	T14	1190,025	592,52	132,4
Point_7	T15	1130,213	574,147	113,5
Point_8	T16	1289,75	575,602	65,5

Termokupullar koordinatlarına bağlandıktan sonra bütün fonksiyonları açık halde 50°C 'lık fırında 2 saat süre ile çalıştırılmıştır.



Şekil 3.51.Fırın içinde termokupulları yerleştirilmiş bütün fonksiyonları açık ön far Fonksiyonlar çalışırken ilk yarım saat, birinci saat sonunda ve iki saat sonunda olmak üzere belirlenen noktalardan okuma yapılmıştır.

Çizelge 3.19. Termokupullardan alınan ölçümler

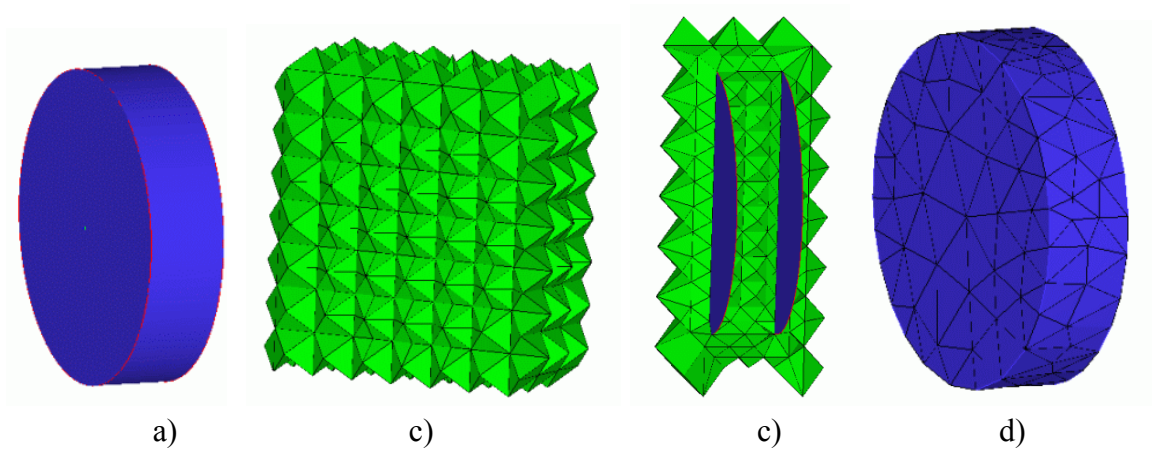
Termokupul	Ölçüm 1 (30 dk sonra)		Ölçüm 2 (1 saat sonra)		Ölçüm 3 (2 saat sonra)	
		°C		°C		°C
T1	71,3	°C	73,1	°C	73,8	°C
T2	66,2	°C	67,1	°C	67,1	°C
T10	150,4	°C	152,4	°C	152,6	°C
T11	87,4	°C	92,4	°C	92,8	°C
T12	84,5	°C	87,7	°C	87,7	°C
T14	129,3	°C	132,3	°C	132,4	°C
T15	103,3	°C	107,5	°C	107,9	°C
T16	64,7	°C	66,5	°C	65,5	°C

Sıcaklık testinden sonra ön farın elemanlarına ayrıştırılması yapılmıştır. ICEM CFD programında tetra yapı olarak Octree ve Delaunay yapıları mevcuttur.

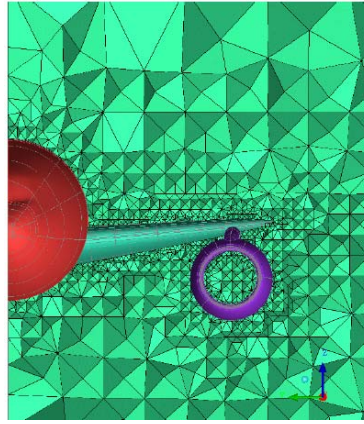
3.2.12. Analizde karşılaştırılan hacim eleman yapıları

3.2.12.1 Octree mesh yapısı

Octree tetra hacimsel yapısı kaba mesh elemanı olarak kabul edilmektedir. Octree mesh yapısı yüzeyleri dikkate almadan geometriyi içine alacak şekilde genel bir hacim mesh yapısı oluşturmaktadır. Hacimsel olarak geometriden büyük olan hacim mesh daha sonra geometrinin yüzeyleri ile kesilmektedir. Geometrinin içinde kalan hacim geometrimizin hacim meshini oluşturmaktadır. Octree mesh oluşturulması kolay bir mesh yapısıdır. Octree mesh yapısında nodların karşılıklı olarak birbirini tutmama riski mevcuttur. HAD yazılımında Octree eleman oluşturma mantığı Şekil 3.52'de gösterilmiştir. Şekil 3.53'de örnek hacim içinde Octree eleman yapısı gösterimiştir.



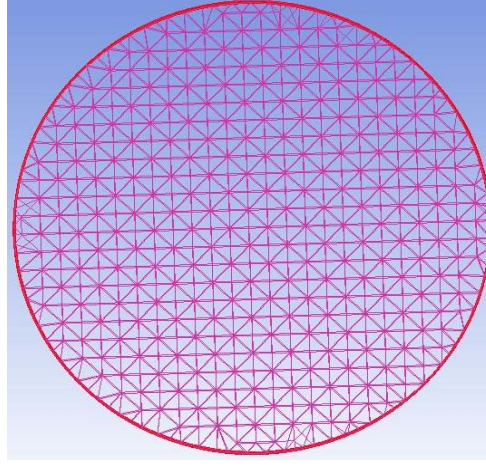
Şekil 3.52. a) Geometrik model b)Geometrik modeli kapsayan hacim mesh c)Octree meshin geometrinin yüzeyleri ile kesilmesi d)Octree mesh oluşturulan geometri



Şekil 3. 53.Örnek hacim içi Octree yapı

3.2.12.2.Delaunay mesh yapısı

Delaunay mesh yapısı (Şekil 3.54), Octree mesh yapısına göre daha homojen ve daha kararlı özelliğindedir. Octree mesh yapısının tersine, geometrinin yüzeylerini referans olarak yüzeylerden iç hacme doğru elemanları oluşturulur.

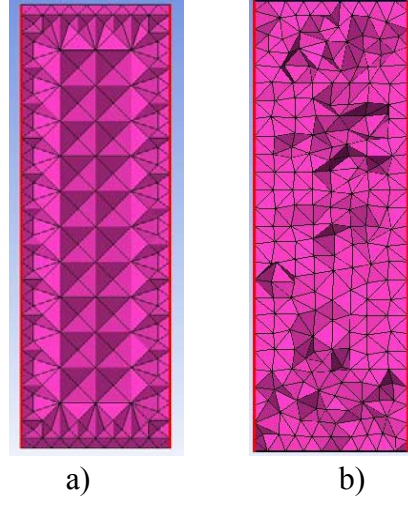


Şekil 3.54.Örnek hacim içi delaunay yapı

Delaunay mesh seçeneği daha önceden varolan yüzey meshe ihtiyaç duyar. Yüzey meshin kalitesi Delaunay meshin kalitesine direk olarak etki etmektedir. Eğer yüzey mesh geometride oluşturulmadı ise geometriye öncelikli olarak yüzey mesh oluşturulur. Yüzey mesh oluşturmada 2 farklı yöntem mevcuttur:

- a)** Geometriye önce yüzey mesh yapısı oluşturulur. Yüzey meshi temel alan Delaunay mesh yapısı varolan yüzey elemanlarından, geometrinin iç hacmine doğru hacimsel elemanlar oluşturulur.
- b)** Geometride önce Octree hacim mesh yapısı oluşturulur. Geometride delik ve yüzey bozuklukları olmaması önemlidir. Octree hacim mesh elemanları silinerek yüzey mesh elemanları elde edilir. Bu aşamada da yüzey mesh elemanların kalitesi hacim mesh yapısını etkilemektedir.

Bahsi geçen 2 mesh tipinin karşılaştırılması ise Şekil 3.55’de verilmiştir.



Şekil 3.55.a) Octree hacim mesh b)Delaunay hacim mesh

Örnek ön aydınlatma farına her iki mesh yapısında uygulanmıştır. İki mesh yapısı ile de alınan sonuçlar test sonuçları ile karşılaştırılmış ve değerlendirme yapılmıştır.

3.2.13. Delaunay ve Octree hacimsel elemanları ile yapılan analizlerin karşılaştırılması

3.2.13.1. Delaunay ve Octree hacimsel eleman sayıları

Çizelge 3.20.a) Delaunay hacim mesh ile oluşan eleman sayısı b) Octree hacim mesh ile oluşan eleman sayısı

a)			b)		
Domain	Nodes	Elements	Domain	Nodes	Elements
AIREXT	351097	1687124	BEZEL	99901	370956
AIRINT	1355969	6974457	EXTAIR	448062	2234430
ARGON H4	29838	162975	H4_BULB	6065	18311
ARGON PY21W	19779	106215	H4_BULBHOLDER	13035	55272
ARGON W5W	4596	24008	H4_BULB_GAS	21112	106604
BEZEL	131925	455679	H4_HIGHBEAM_FILAMENT	1353	6097
H4	6116	18378	H4_LOWBEAM_FILAMENT	991	4346
H4 BH	13390	58622	H4_SHIELD	1830	5240
H4 HB	1032	4324	HOUSING	167863	666652
H4 LB	722	2855	INTAIR	960486	6774614
H4 SHLD	1887	5401	LENS	174835	691162
HOUSING	119074	361608	P21W_BASE	15024	56035
LENS	202000	773094	P21W_BASE_AIR	14843	72381
PY21W	9416	29649	P21W_BULB	10818	38203
PY21W BASE	11145	33910	P21W_BULBHOLDER	17917	82738
PY21W BASEAIR	13127	64617	P21W_BULB_GAS	12687	61610
PY21W BH	13270	56440	P21W_FILAMENT	742	3130
PY21W CONTACT	630	1428	PY21W CONTACT	616	1387
PY21W FILAMAN	544	1965	REFLECTOR	64290	243698
REFLECTOR	105726	406855	TURN_REFLECTOR	41113	151775
REFLECTOR TI	97828	381997	W5W_BULB	2300	7758
W5W	2189	6890	W5W_BULB_AIR	4115	20561
W5W FILAMAN	575	2295	W5W_FILAMENT	736	3252
All Domains	2491875	11620786	All Domains	2080734	11676212

Çizelge 3.20'de Delaunay ve Octree eleman yapısına göre analizi yapılan farın bileşenlerinin ağ eleman sayıları verilmiştir.

3.2.13.2 Delaunay ve Octree hacimsel elemanları ile yapılan analiz sonuçları

Çizelge 3.21. Delaunay hacim mesh analiz sonuçları (termokupullar ile aynı koordinatlarından alınan ölçümler)

Termokupul	Ölçüm (K)		Ölçüm (°C)	
T1	352,686	K	79,536	°C
T2	342,815	K	69,665	°C
T10	422,978	K	158,503	°C
T11	370,471	K	93,321	°C
T12	358,622	K	90,399	°C
T14	408,332	K	132,182	°C
T15	384,958	K	111,03	°C
T16	342,214	K	67,064	°C

Çizelge 3.22. Octree hacim mesh analiz sonuçları (termokupullar ile aynı koordinatlarından alınan ölçümler)

Termokupul	Ölçüm (K)		Ölçüm (°C)	
T1	355,035	K	81,885	°C
T2	346,342	K	73,192	°C
T10	437,459	K	164,309	°C
T11	368,787	K	95,637	°C
T12	365,5	K	92,35	°C
T14	405,848	K	135,698	°C
T15	384,197	K	111,347	°C
T16	341	K	69,714	°C

3.2.13.3 Delaunay ve Octree hacimsel elemanları ile yapılan analizlerin hata oranları

Çizelge 3.23.Delaunay hacim mesh analiz sonuçları ve test ölçümleri arasındaki hata oranları

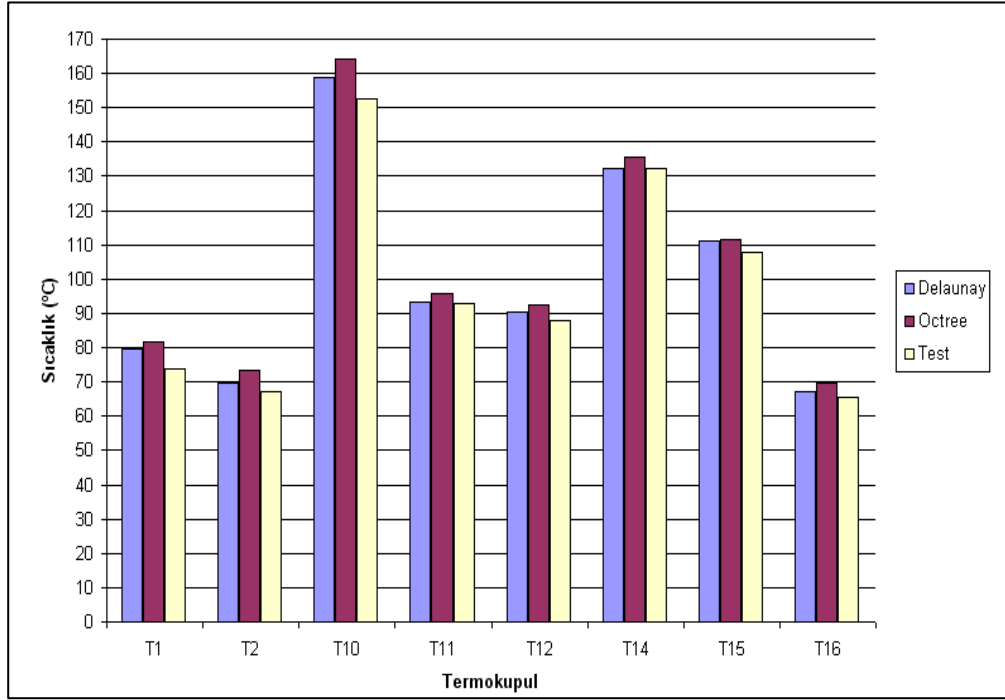
Termokupul	Test Ölçüm 1		Hata oranı 1	Test Ölçüm 2		Hata oranı 2	Test Ölçüm 3		Hata oranı 3	Analiz Sonuçları	
		°C			°C			°C			°C
T1	71,3	°C	10,36%	73,1	°C	8,09%	73,8	°C	7,21%	79,53	°C
T2	66,2	°C	4,97%	67,1	°C	3,68%	67,1	°C	3,68%	69,66	°C
T10	150,4	°C	5,29%	152,4	°C	4,03%	152,6	°C	3,91%	158,50	°C
T11	87,4	°C	10,19%	92,4	°C	5,06%	92,8	°C	4,65%	93,32	°C
T12	84,5	°C	6,53%	87,7	°C	2,99%	87,7	°C	2,99%	90,40	°C
T14	129,3	°C	4,35%	132,3	°C	2,13%	132,4	°C	2,06%	132,18	°C
T15	103,3	°C	7,61%	107,5	°C	3,85%	107,9	°C	3,50%	111,03	°C
T16	64,7	°C	6,32%	66,5	°C	3,71%	65,5	°C	5,16%	67,06	°C

Çizelge 3.24.Octree hacim mesh analiz sonuçları ve test ölçümleri arasındaki hata oranları

Termokupul	Test Ölçüm1		Hata oranı 1	Test Ölçüm 2		Hata oranı 2	Test Ölçüm 3		Hata oranı 3	Analiz Sonuçları	
		°C			°C			°C			°C
T1	71,3	°C	12,93%	73,1	°C	10,73%	73,8	°C	9,87%	81,88	°C
T2	66,2	°C	9,55%	67,1	°C	8,32%	67,1	°C	8,32%	73,19	°C
T10	150,4	°C	8,47%	152,4	°C	7,25%	152,6	°C	7,13%	164,30	°C
T11	87,4	°C	8,61%	92,4	°C	3,38%	92,8	°C	2,97%	95,63	°C
T12	84,5	°C	8,50%	87,7	°C	5,04%	87,7	°C	5,04%	92,35	°C
T14	129,3	°C	2,56%	132,3	°C	0,30%	132,4	°C	0,22%	135,69	°C
T15	103,3	°C	6,98%	107,5	°C	3,19%	107,9	°C	2,83%	111,347	°C
T16	64,7	°C	4,45%	66,5	°C	1,79%	65,5	°C	3,27%	69,71	°C

3.2.13.4. Delaunay ve Octree hacimsel elemanları ile yapılan analizlerin karşılaştırılması

Termokupullardan ve analizlerden alınan sonuçlar karşılaştırıldığında delaunay mesh yapısının daha hassas sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Octree mesh yapısı kaba bir hacim elemana sahip olmasına rağmen kabul edilebilir bir hata aralığında çıkmıştır.



Şekil 3. 56.Delaunay, Octree ve Test sonuçlarının karşılaştırması

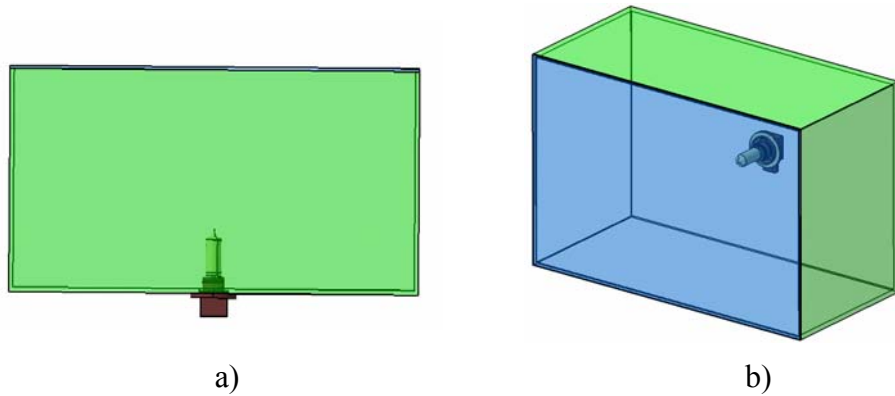
Octree mesh yapısı kabul edilebilir ölçülerde olsa da çalışmalarımızda delaunay mesh yapısı tercih edilmiştir. Hassas çözümler malzeme seçiminde etkili olacağı için test sonuçlarına en yakın değerleri veren mesh yapısı uygulanmıştır.

Buraya kadar mesh tipleri ve aydınlatma ürünlerine etkileri detaylıca incelenmiştir. Prizmatik eleman yapısının, Octree ve Delaunay hacim mesh eleman yapılarının avantaj ve dezavantajları incelenmiştir. Ayrıca aydınlatma ürünlerinin eleman yapılarının ayrıştırılması için geometri üzerinde dikkat edilmesi gereken noktalar belirlenmiştir. Bir üründe analize alınmadan önce geometrik olarak hangi değişikliklerin yapılması gerektiği tespit edilmiştir.

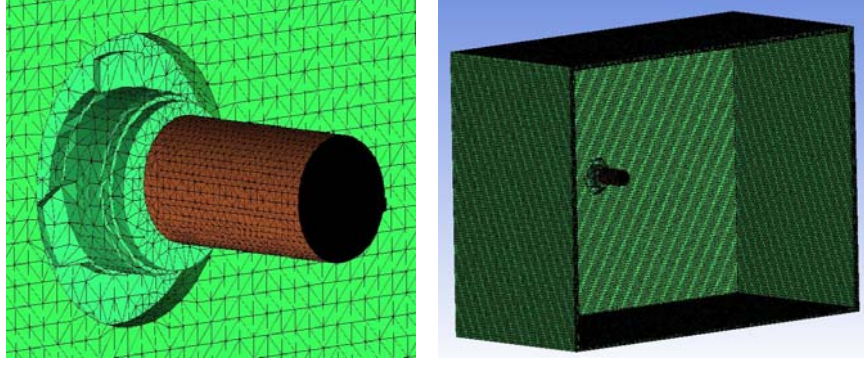
Bir sonraki basamak olan araç ön aydınlatma farlarında ısı analiz konusu yukarıdaki bilgilerin ışığında gerçekleştirilmiştir. Doğrulama çalışmaları için öncelikle daha önceden belirlenen geometrik basitleştirmeler yapılır. Tercih edilen hacim elemanı üzerinden mesh işlemi yapılır. Burada önemli olan bir diğer konu ise ön aydınlatma farlarında oluşturulması gereken eleman sayısının belirlenmesidir. Ayrıca Ampul validasyonlarının doğrulanması gerekmektedir. Bu iki konunun araştırılması için varolan basit ve hacim olarak kabul edilebilir büyüklükte örnek bir far ele alınmıştır. Far içinde ısı analizinin laminar mı, türbülanslı mı olacağı, havanın iç hacimde davranış şekli araştırılmıştır. Doğrulama çalışmalarımız için hacim eleman yapısını belirlediğimiz örnek far kullanılmıştır.

3.2.14. Aydınlatma elemanları için örnek ampul gücü doğrulaması

Aydınlatma elemanlarının ısı analizini yapılmadan önce kullanılan ampuller için örnek doğrulama çalışması yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı ürün içinde sabit ısı akısı verilen ampulün gücü için herhangi bir doğrulama katsayısı var olup olmadığının belirlenmesidir. Çevre parçalarda oluşan sıcaklıklara göre ampul gücü doğrulaması yapılmıştır. Validasyon için 15x30x20 mm ölçeğinde Ultem malzemedeki bir kutu yapılmıştır. Kutu gövdeyi siyah renkli gövdeyi temsil edecektir. Kutunun ön tarafı ön far lenslerinde kullanılan PC malzemesi kullanılmıştır.

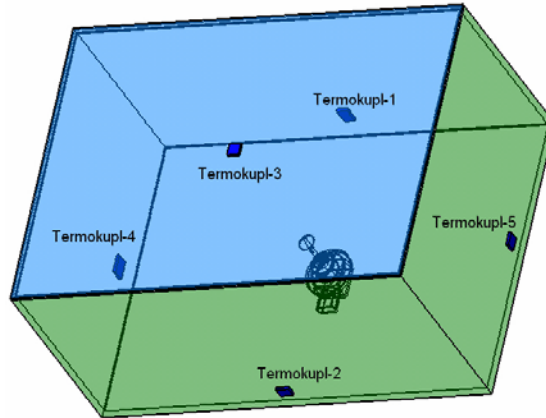


Şekil 3.57.H8 Ampul validasyonu için tasarlanan deney düzeneği Catia Datası a) Üst görünüş b) İzometrik görünüş



Şekil 3. 58.Deney düzeneğinin meshli yapısı

Deney tesisatının analizinde dikkat edilmesi gereken önemli bir husus, ECE 37 standartlarına göre H8 ampulünün güç verileri sınır şart olarak analize dahil edilmelidir. Burada amaç standart olarak verilen ampul gücünün gerçek şartlarda da sağlanıp, sağlanmadığını kontrol etmektir. Deney tesisatı ayrıca prototip olarak da üretilmiş ve test edilmiştir. Simulasyonda ve test esnasında çevre sıcaklığı 24°C alınmıştır. Testte 5 adet termokupul kullanılmış, biri lens üzerine yerleştirilmek şartıyla gövde üzerine şekil.3.59’da gösterilen bölgelere yerleştirilmiştir. İlk analiz sürekli rejimde ECE 37 standardına göre H8 ampul filamanına 43 W güç verilerek yapılmıştır. Sonuçlar termal kamera ile de takip edilmiştir. İkinci analiz ise ampul filamanına 43x0,85 W gibi bir değer ile yapılmıştır. Amaç ısı dağılımının simülasyonun doğru tespit edilmesi için doğru gücü filamana uygulanmaktadır.

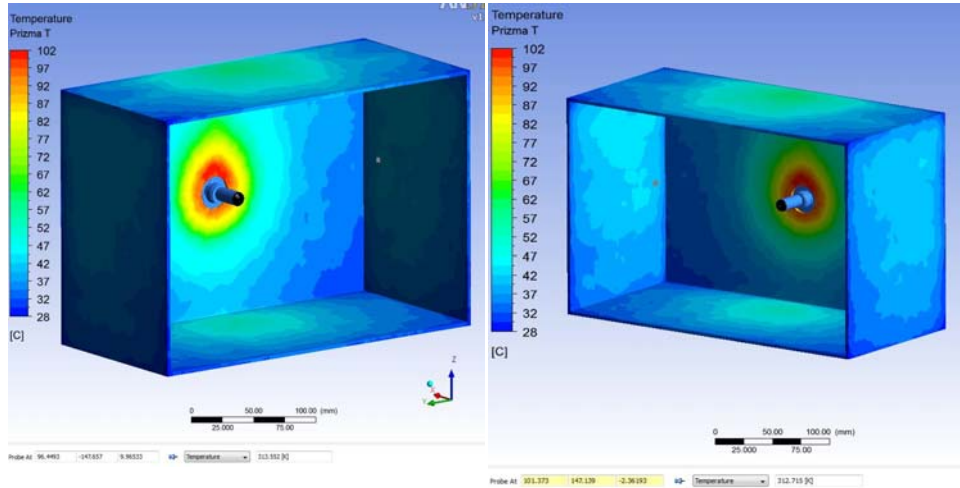


Şekil 3. 59.Test aşamasında termokupulların yerleştirildiği bölgeler



Şekil 3.60. Test için hazırlanan düzenek

Simulasyon sonuçlarının analiz programından alınan çıktıları:

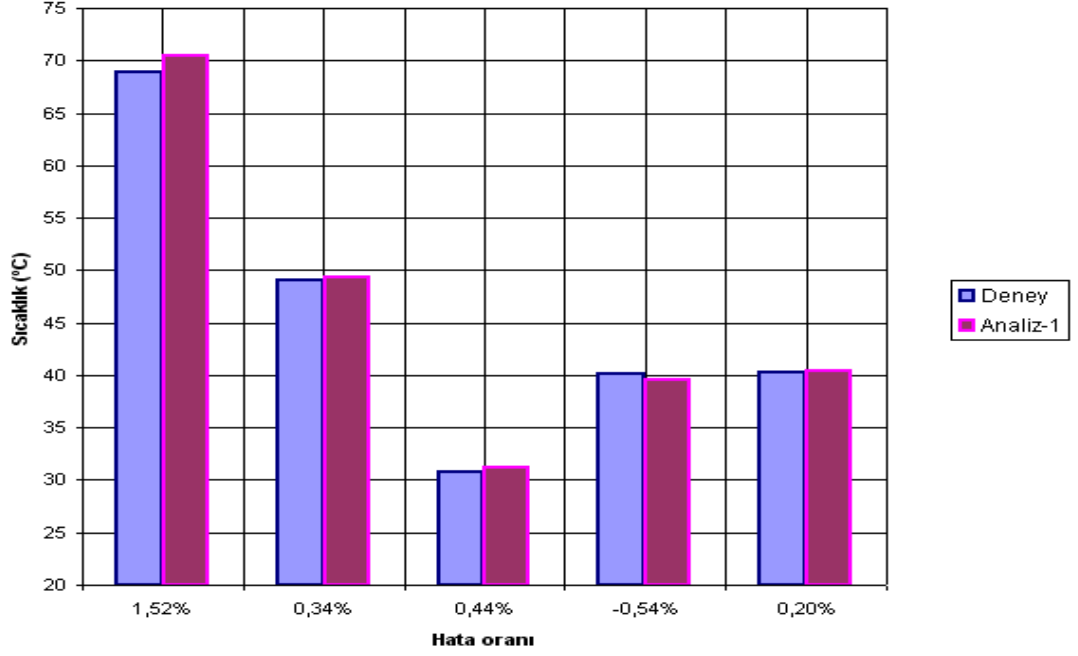


Şekil 3. 61. Simulasyon sonuçlarından alınan ölçümler

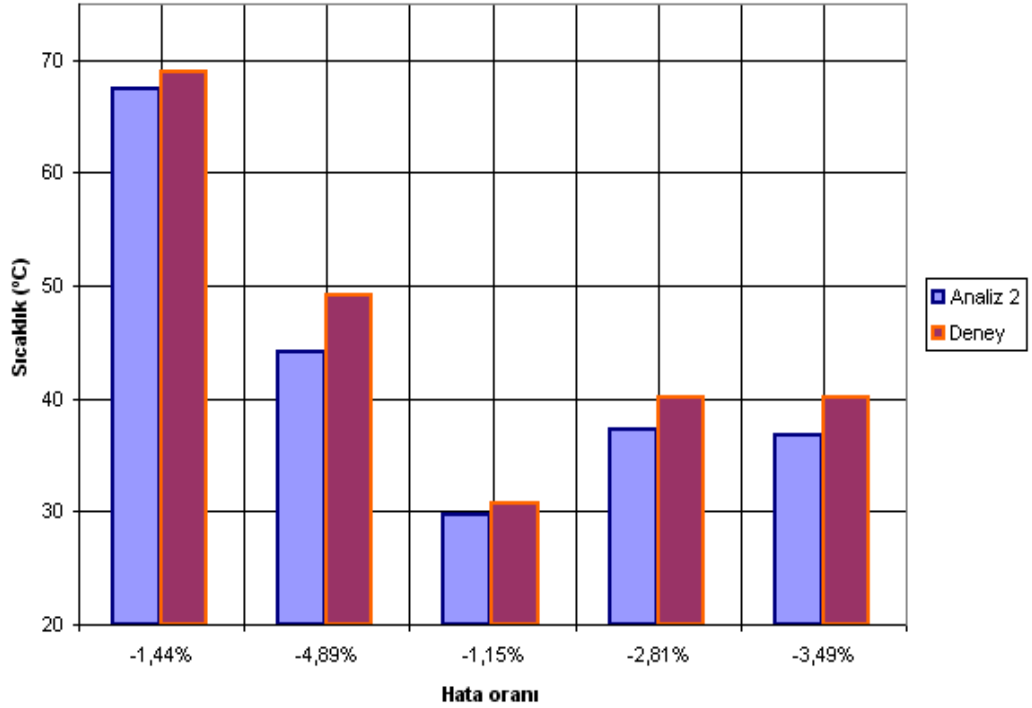
Çizelge 3. 25. Deney ve simulasyon sonuçlarının karşılaştırılması

	Termokupl-1	Termokupl-2	Termokupl-3	Termokupl-4	Termokupl-5
Ölçüm-1	67,2°C	41,3°C	29,2°C	31,4 °C	32,2 °C
Ölçüm-2	67,5°C	42,6°C	29,6°C	38,2 °C	39,5 °C
Ölçüm-3	67,9°C	47,9°C	29,9°C	38,8 °C	39,7 °C
Ölçüm-4	68,2°C	48,4°C	30,2°C	38,9 °C	40 °C
Ölçüm-5	68,7°C	48,6°C	30,6°C	40 °C	40,2 °C
Ölçüm-6	68,9°C	49,1°C	30,8°C	40,1 °C	40,2 °C
Simulasyon 1	70,423°C	49,443°C	31,241°C	39,565°C	40,402°C
Simulasyon 2	67,459°C	44,215°C	29,654°C	37,289°C	36,706°C
Hata oranı_1	1,52%	0,34%	0,44%	-0,54%	0,20%
Hata oranı_2	-1,44%	-4,89%	-1,15%	-2,81%	-3,49%
Simulasyon 1: ECE 37'e göre ampul filamanına 43 W güç verilmiştir.					
Simulasyon 2: Ampul filamanına 43x0,85 W güç verilmiştir.					

Deney ve analiz sonuçlarının karşılaştırılmasını yaptığımızda H8 ampul filamanına sis farı için 43 W değerinin doğrudan verilmesinin daha doğru olacağını göstermektedir.

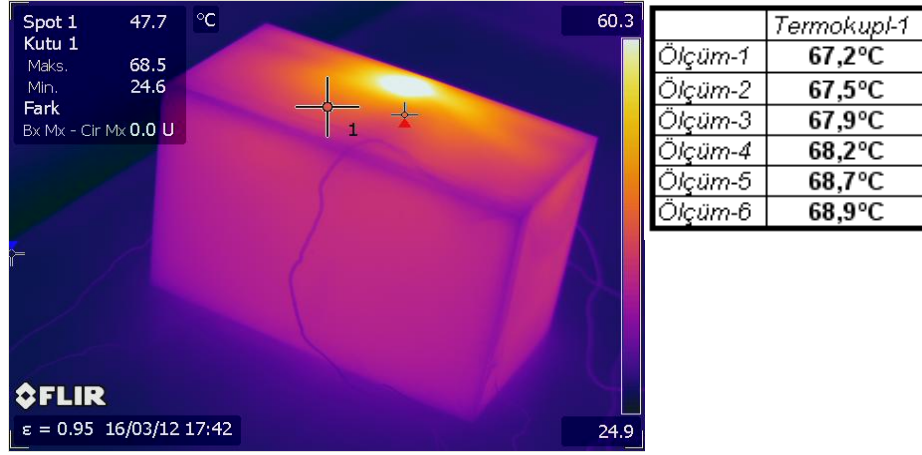


Şekil 3. 62.Deney ve simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması 43 W için

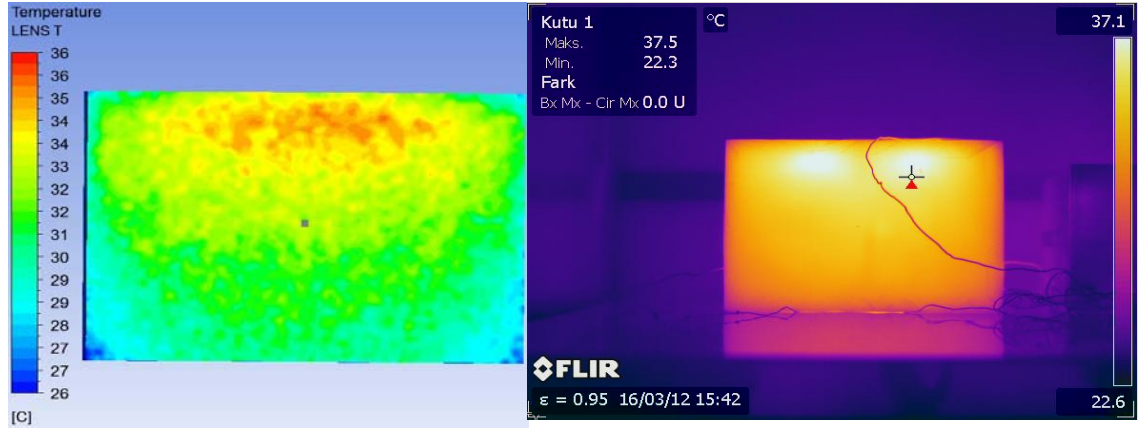


Şekil 3. 63.Deney ve simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması 43x0,85 W için

Elde edilen test ve analiz sonuçlarını doğrulayan termal kamera görüntüleride aşağıda verilmiştir.



Şekil 3. 64. Termal kamera ile gövde üzerinde maksimum sıcaklık doğrulaması



a)

b)

Şekil 3.65. Termal kamera ile lens üzerinde maksimum sıcaklık doğrulaması
a) Simulasyon sonucu b) Termal kamera sonucu

Test ve analiz doğrulamalarından sonra ürünlerde kullanılacak ampul güçleri için ampul katalog değerlerinin incelenmesine karar verilmektedir. Gerçekte test değeri 13,5 V sabit gerilimde yapılmaktadır. Fakat araç üzerinde kayıplar gözönüne alınarak analiz değerleri için 0,85 katsayısı kullanılmıştır. Değişken gerilimde gücün sürekli dalgalanması ortalama bir değer kabulünü gerektirmektedir. Çalışmada ampuller için sabit test şartları üzerinden ampul gücü için yukarıdaki doğrulama çalışması verilerine göre katsayı kullanılmayacaktır. Ampul doğrulama çalışmasının bitirilmesi ile ampul güçlerinin değerleri, oluşturulacak eleman yapısının şekli gibi soruların cevabı

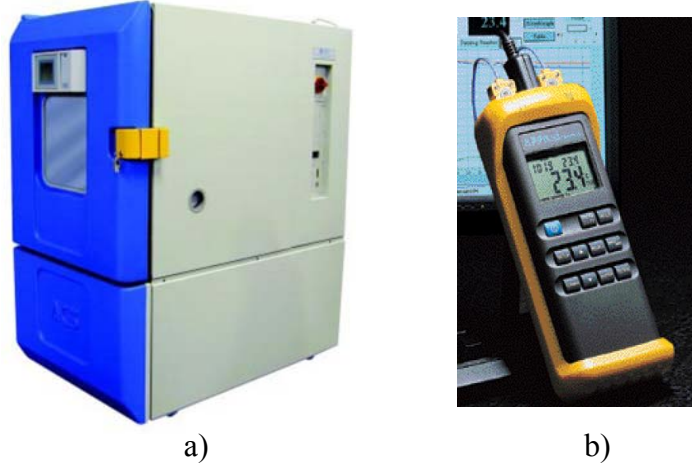
belirlenmiştir. Belirlenen kriterler çerçevesinde örnek bir ön far, arka far ve sis farı analizleri eleman sayısından bağımsız şekilde yapılmıştır.

3.2.15. Örnek ön aydınlatma farının ısı analizi

3.2.15.1. Far geometrisi

Bu çalışmada Şekil 3.46’de gösterilen daha önce hacimsel eleman yapısının belirlenmesinde kullanılan far kullanılmıştır. Sınır şartları, ampul filamanlarına verilen güçler ve ortam şartları aynıdır. Test ekipmanları yine Çizelge 3.16’da verildiği gibi validasyonları yapılmış şekilde aynı kullanılmıştır.

3.2.15.2. Test ekipmanları ve test ölçüleri



Şekil 3.66. Test ekipmanları a) Angelantoni C600 iklimik fırın b) APPA-50 termometre

Termokupulların yerleştirilme, kullanılan band doğrulaması yapılmış şekilde önceki ile aynı kullanılmıştır. Termokupullar çizelge 3.17, 3.18’de ve Şekil 3.45’de verildiği gibi hacimsel eleman yapısının belirlenmesi çalışmasında konumlandırıldığı yerlerde bulunmaktadır. Testler sonucu belirlenen koordinatlardan alınan sıcaklıklar ise aşağıdaki Çizelge 3.26’de verilmiştir.

Çizelge 3.26. Termokupulların yerleştirildiği konumlardan alınan sıcaklık değerleri

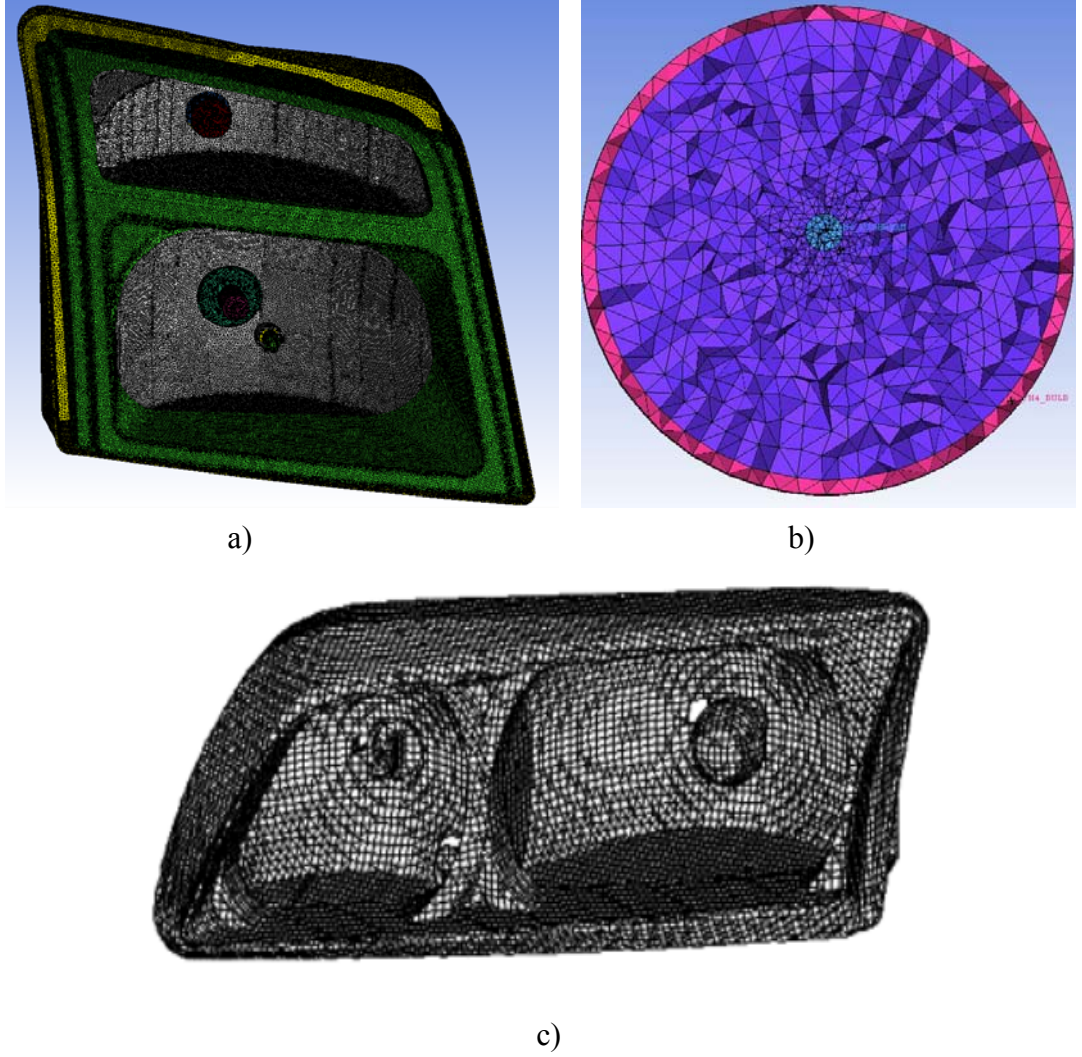
TERMOKUPUL	TERMOKUPUL KOORDİNATLARI			Ölçüm Sonuçları
	X	Y	Z	T(°C)
TK_1	1161,8	621,683	968,533	94,112
TK_2	1080,279	596,271	846,637	67,1
TK_10	1241,678	618,717	995,25	152,6
TK_11	1183	550,352	987,85	92,8
TK_12	1139,83	660,488	869,472	87,7
TK_14	1190,025	592,52	926,75	132,4
TK_15	1130,213	574,147	917,88	113,5
TK_16	1289,75	575,602	964,123	65,5

3.2.15.3. Sınır şartları ve eleman ağ yapısının kurulması

Test sonuçları ile karşılaştırmak üzere far üç boyutlu, datası daha önce belirlenen delaunay mesh yapısına ayrıştırılmıştır. Hedef öncelikle eleman sayısından bağımsız çözümü elde etmektir. Çünkü ön aydınlatma farlarının hacimleri birbirlerine çok yakındır. Örnek far üzerinde belirleyeceğimiz eleman sayısından bağımsız çözüm, eleman sayısı diğer farlarda oluşturulması gereken hacim eleman sayısına dair bilgi verecektir. Bu amaçla 4 farklı hacimsel eleman sayısı oluşturulup sonuçlar deneysel verilerle karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmada farın ısı analizi için ANSYS CFX 12.1 genel amaçlı HAD ticari kodu kullanılmıştır. Analizlerde tüm far bileşenleri için iterasyon başlangıç sıcaklığı 50 °C alınmıştır. Far içinde laminar doğal taşınım, üç boyutlu ve sürekli rejimde hava akışı kabul edilmiştir. Doğal taşınım için Boussinesq yaklaşımı, radyasyon etkilerinin dikkate alınmasında da Monte Carlo yaklaşımı kullanılmıştır. Far bileşenlerindeki iletim etkileri (conjugate effects) dikkate alınmıştır. Çalışmada daha önceden doğrulaması yapılan delaunay ağ yapısı kullanılmış ve Şekil 3.67’de gösterilmiştir. Yaklaşık 7,5, 9,5, 11,5 ve 14,5 milyon eleman sayılarında doğal taşınım analizleri yapılarak ağdan bağımsız çözüm elde edilmeye çalışılmıştır. Her bir eleman sayısında far bileşenlerinin sahip oldukları eleman sayıları Çizelge 3.27’de verilmiştir. Sonuçlar deneysel sonuçlarla karşılaştırmalı olarak Çizelge 3.28’de verilmiştir. 9,5-11,5 milyon eleman arasında

deneysel ölçümlerle en uyumlu sonuçlar elde edilmiştir ve bu çalışmada analizler 9,5 milyon eleman için alınan sonuçlar verilmiştir.



Şekil 3.67. Delaunay hacimsel mesh yapısı a)far iç parçaları b)Ampul camı, filaman ve argon gazı c) Okada ve ark. (2002) çalışmasında delaunay mesh örneği

Oluşturulan 4 ayrı hacimsel eleman sayısının elemanlara göre dağılımı ve toplam eleman sayısı aşağıdaki çizelge 3.27’de verilmiştir.

Çizelge 3. 27. Farklı hacim eleman sayılarına göre elemanların dağılımı

Bileşen	Bileşenlere ait eleman sayıları			
Dış Hava	998243	1266442	1687124	2177376
Far iç hava	4243668	5486433	6974457	8811569
ARGON H4	100030	129183	162975	199510
ARGON PY21W	61968	82119	106215	137551
ARGON W5W	16014	19999	24008	27859
ESTETİK ÇERÇEVE	348745	396273	455679	505285
H4	18378	18378	18378	18378
H4 AMPUL TUTUCU	40683	48984	58622	68582
H4 UZUN HÜZME FILAMAN	3170	3750	4324	4871
H4 KISA HÜZME FILAMAN	1930	2337	2855	3276
H4 ISI	5401	5401	5401	5401
GÖVDE	346600	351036	361608	382992
LENS	572249	706612	773094	827729
PY21W AMPUL	27176	28254	29649	30587
PY21W TABAN	32426	32460	33910	38803
PY21W TABAN HAVASI	41855	52943	64617	76108
PY21W AMPUL TUTUCU	39567	49978	56440	62025
PY21W KONTAK ELEMANI	1428	1428	1428	1428
PY21W FILAMAN	1453	1720	1965	2111
ANA REFLECTOR	298287	343401	406855	465238
SİNYAL REFLECTORÜ	279601	327948	381997	430438
W5W	6452	6670	6890	6998
W5W FILAMAN	1525	1804	2295	2480
Total Elements	7486849	9363553	11620786	14286595

3.2.15.4. Eleman sayılarına göre analiz sonuçları

Eleman sayılarına göre analizlerden elde edilen sıcaklık değerleri termokupulların koordinatlarına göre ANSYS CFX post yazılımından alınmıştır. Test değerleri ile karşılaştırılmak üzere koordinatlardan alınan sıcaklık değerleri aşağıdaki Çizelge 3.28'de verilmiştir.

Çizelge 3. 28. Eleman sayısına göre analiz sonuçları ve ölçüm sonuçları

KOD	TERMOKUPUL KOORDİNATLARI			7486849	9363553	11620786	14286595	Ölçüm Sonuçları
	X	Y	Z	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)
TK_1	1161,8	621,683	968,533	95,747	94,602	94,686	96,936	94,112
TK_2	1080,279	596,271	846,637	68,952	67,521	67,787	68,797	67,1
TK_10	1241,678	618,717	995,25	150,386	153,205	153,856	156,38	152,6
TK_11	1183	550,352	987,85	89,724	93,837	93,771	94,287	92,8
TK_12	1139,83	660,488	869,472	84,731	87,942	88,797	89,994	87,7
TK_14	1190,025	592,52	926,75	129,699	132,952	132,906	136,928	132,4
TK_15	1130,213	574,147	917,88	112,741	116,24	114,837	115,782	113,5
TK_16	1289,75	575,602	964,123	62,696	65,85	65,7	65,958	65,5

Test ve analiz sonuçları karşılaştırıldığında eleman sayısına göre hata oranları Çizelge 3.29'dadır.

3.2.15.5. Eleman sayılarına göre hata oranları

Çizelge 3. 29. Eleman sayısına göre analizlerin hata oranı

Eleman sayısı	7486849	9363553	11620786	14286595
Hata oranları	1,71%	0,52%	0,6%	2,9%
	2,69%	0,62%	1,0%	2,5%
	-1,47%	0,39%	0,8%	2,4%
	-3,43%	1,12%	1,0%	1,6%
	-3,50%	0,28%	1,2%	2,5%
	-2,08%	0,42%	0,4%	3,3%
	-0,67%	2,36%	1,2%	2,0%
	-4,47%	0,53%	0,3%	0,7%

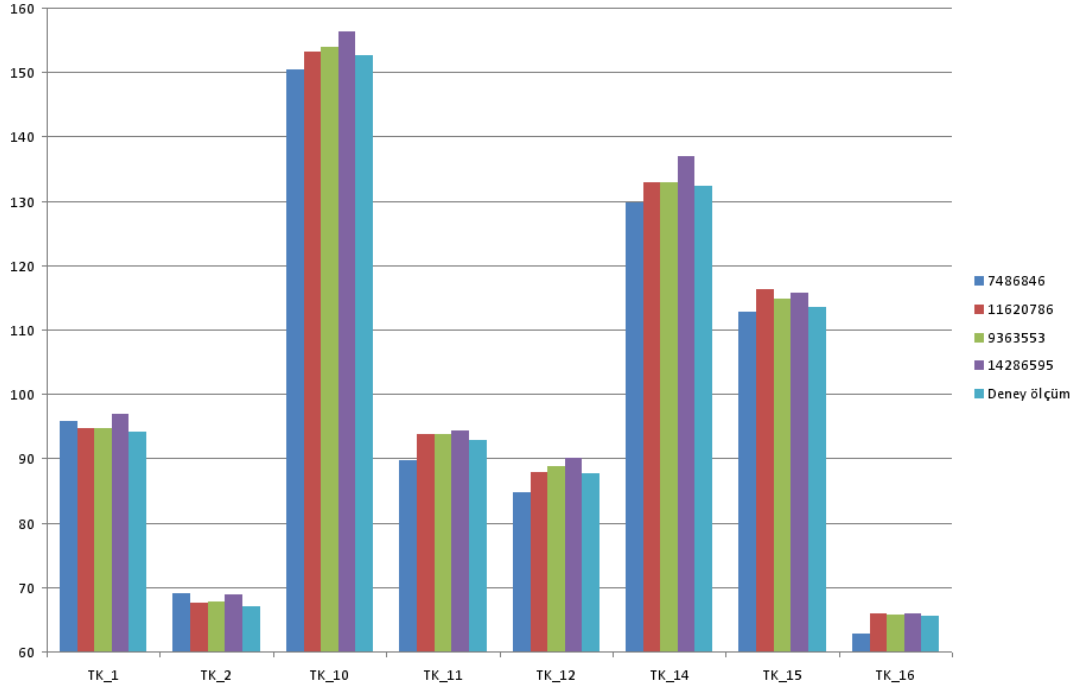
3.2.15.6 Eleman sayılarına göre çözüm süreleri

Eleman sayısına göre analizlerin çözüm süreleri ise çizelge 3.30'da verilmektedir.

Çizelge 3. 30. Eleman sayısına göre analizlerin çözüm süreleri

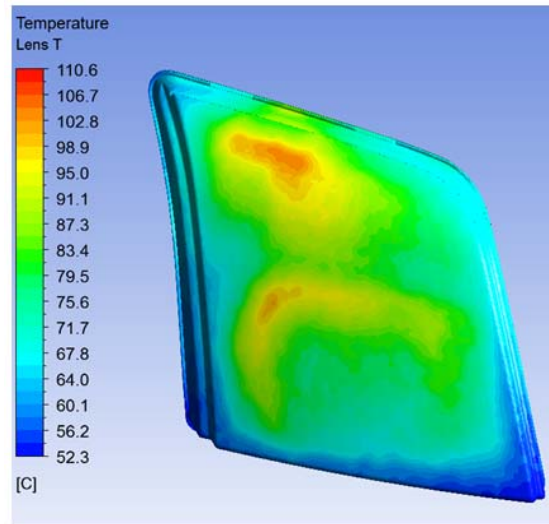
Eleman sayısı (milyon)	Çözüm süresi (1000 iterasyon)
7,5	28(sa)
9,5	30(sa)
11,5	46(sa)
14,5	58(sa)

Analizler 8 çekirdek için HPC lisansı ile, 32 GB RAM bilgisayarda yapılmıştır.

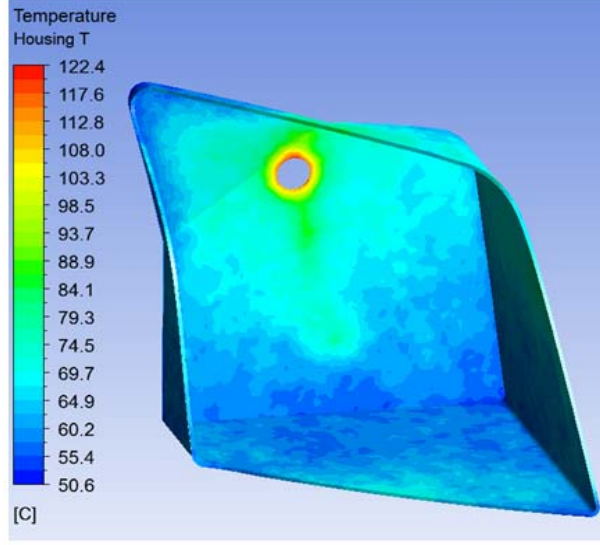


Şekil 3. 68. Eleman sayısına göre analiz sonuçlarının test sonuçları ile karşılaştırılması

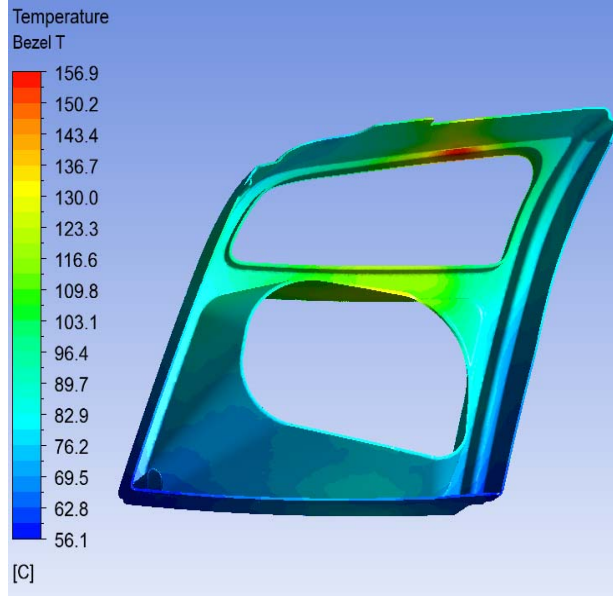
Denenen dört ayrı eleman sayısında da hem lens üzerinde hem de ampul etrafında sıcaklık dağılımları elde edilmesine rağmen, bu çalışmada sadece 9 363 553 (Yaklaşık 9,5 milyon) tetrahedra eleman sayısındaki çözümler verilmiştir. Far bileşenleri için elde edilen sıcaklık dağılımları aşağıda verilmiştir.



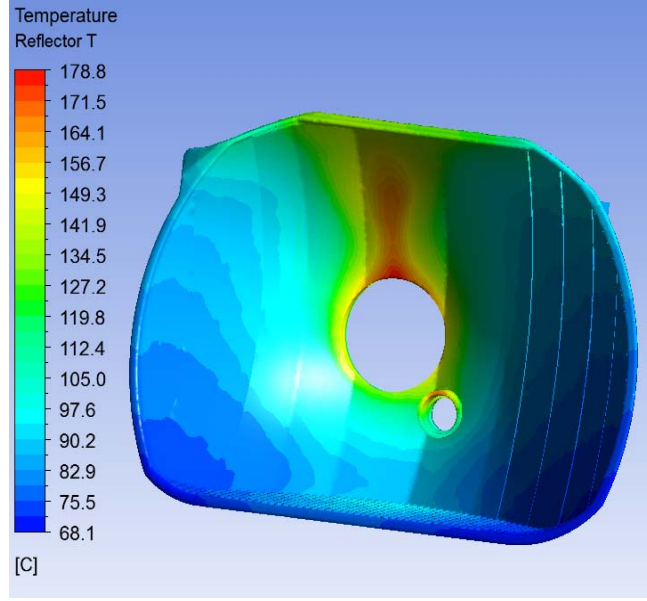
Şekil 3.69. 9,5 milyon hacimsel eleman için lens sıcaklık dağılımı



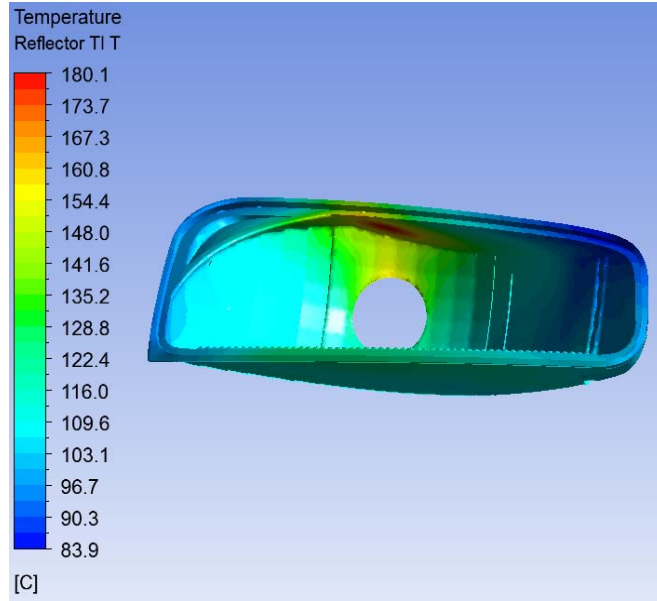
Şekil 3.70. 9,5 milyon hacimsel eleman için gövde sıcaklık dağılımı



Şekil 3.71.9,5 milyon hacimsel eleman için estetik çerçeve sıcaklık dağılımı



Şekil 3.72.9,5 milyon hacimsel eleman için ana reflektör sıcaklık dağılımı

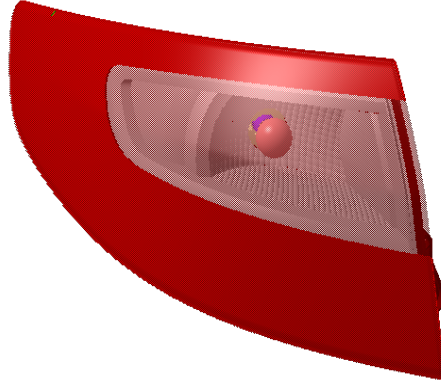


Şekil 3.73.9,5 milyon hacimsel eleman için sinyal reflektörü sıcaklık dağılımı

3.2.16. Örnek arka aydınlatma ve görünürlük elemanının ısı analizi

3.2.16.1. Arka aydınlatma eleman geometrisi

Bu çalışmada Şekil 3.74'de gösterilen örnek arka aydınlatma elemanı kullanılmıştır. Sınır şartları, ampul filamanlarına verilen güçler ve ortam şartları aynıdır. Test ekipmanları far geometrisinde kullanılan ekipmanlardır.



Şekil 3.74. Örnek arka aydınlatma geometrisi

3.2.16.2. Arka aydınlatma elemanında kullanılan malzemeler

Elemanda kullanılan parçaların malzemeleri aşağıdaki gibi kabul edilmiştir:

Dış lens malzemesi: PMMA

Gövde malzemesi: PC/ABS

Ampul taşıyıcı malzemesi: PP TD 20

Arka kapak malzemesi: EPDM

Fonksiyonlar için kullanılan ampuller ise

Stop fonksiyonu: P21-5 W

Sinyal fonksiyonu: PY21W

3.2.16.3. Arka aydınlatma elemanı için test

Çalışmada eleman hacminin küçüklüğü de dikkate alınarak kritik görülen 4 ayrı koordinata termokupul yerleştirilmiştir (Şekil.3.75).



Şekil 3. 75.Arka fara yerleştirilen termokupullar

Çizelge 3. 31. Termokupulların far üzerinde yerleştirildiği konumlar

No	Termokupulların konumları
T1	Sinyal ampülü üstü
T2	Renksiz dış lens üzeri
T3	Kırmızı lens üzeri
T4	Ampul taşıyıcı

Çizelge 3. 32. Termokupulların yerleştirildiği koordinatlar

Termokupul Koordinatları	X	Y	Z
T1	3360,88	-683,76	764,05
T2	3391,59	-699,97	767,57
T3	3347,56	-765,05	689,25
T4	3320,67	-696,40	715,49

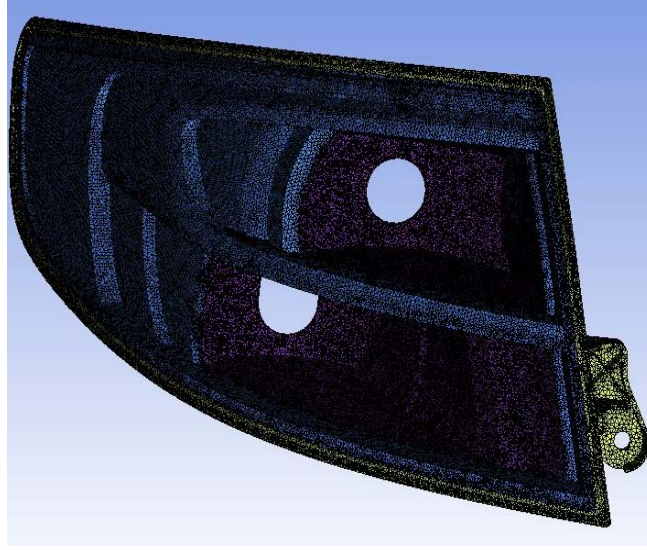
Çizelge 3. 33.Termokupulların yerleştirildiği konumlar

Termokupul Koordinatları	X	Y	Z	Test Sonuçları
T1	3360,88	-683,76	764,05	117
T2	3391,59	-699,97	767,57	93
T3	3347,56	-765,05	689,25	95
T4	3320,67	-696,40	715,49	121

3.2.16.4.Sınır şartları ve eleman ağ yapısının kurulması

Test sonuçları ile karşılaştırmak üzere arka far için aynı ön farda olduğu gibi delaunay mesh yapısına ayrıştırılmıştır ve 4 farklı hacimsel eleman sayısı oluşturulup sonuçlar deneysel verilerle karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmada yine arka farın ısıl analizi için ANSYS CFX 12.1 genel amaçlı HAD ticari kodu kullanılmıştır. Analizlerde tüm far bileşenleri için iterasyon başlangıç sıcaklığı 50 °C alınmıştır. Far içinde laminar doğal taşınım, üç boyutlu ve sürekli rejimde hava akışı kabul edilmiştir. Doğal taşınım için Boussinesq yaklaşımı, radyasyon etkilerinin dikkate alınmasında da Monte Carlo yaklaşımı kullanılmıştır. Far bileşenlerindeki iletim etkileri (conjugate effects) dikkate alınmıştır. Çalışmada daha önceden doğrulaması yapılan delaunay ağ yapısı kullanılmış ve Şekil 3.76'da gösterilmiştir. Yaklaşık 5, 6, 7 ve 10 milyon eleman sayılarında doğal taşınım analizleri yapılarak ağdan bağımsız çözüm elde edilmeye çalışılmıştır. Sonuçlar deneysel sonuçlarla karşılaştırmalı olarak Çizelge 3.32'de verilmiştir. 9,5-11,5 milyon eleman arasında deneysel ölçümlerle en uyumlu sonuçlar elde edilmiştir ve bu çalışmada analizler 9,5 milyon eleman için alınan sonuçlar verilmiştir.



Şekil 3.76.Delaunay hacimsel mesh yapısı

3.2.16.5.Eleman sayılarına göre analiz sonuçları

Çizelge 3. 34.Eleman sayısına göre analiz sonuçları ve ölçüm sonuçları

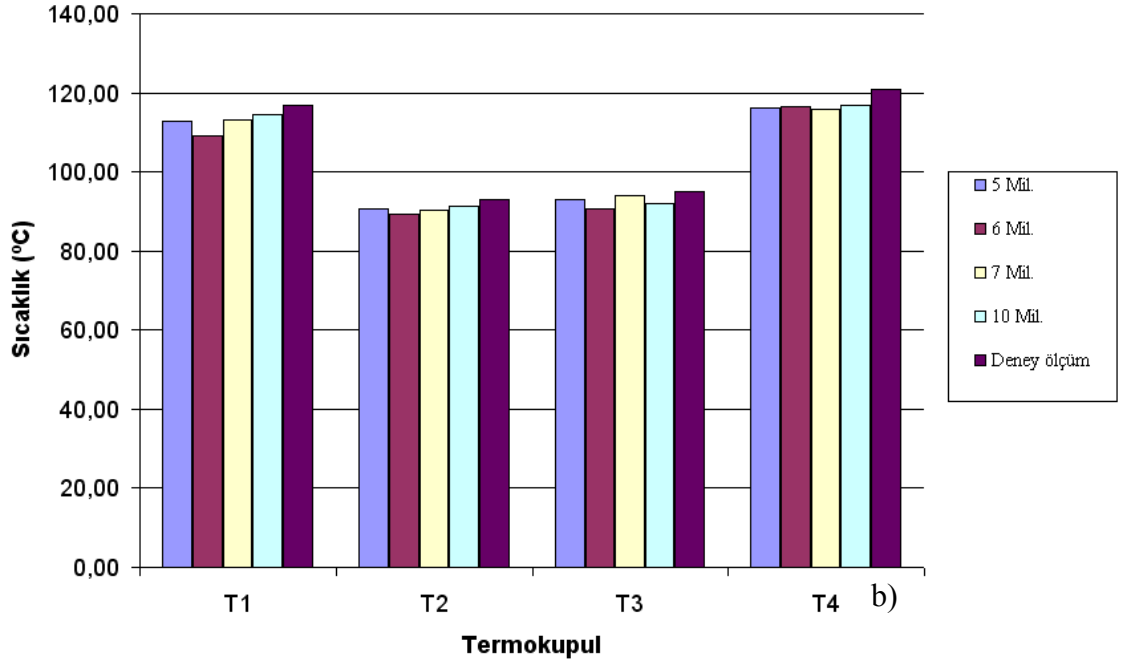
Termokupul Koordinatları	X	Y	Z	5 Mil. Eleman	6 Mil. Eleman	7 Mil. Eleman	10 Mil. Eleman	Ölçüm Sonuçları
T1	3360,88	-683,76	764,05	112,81	109,27	113,12	114,47	117
T2	3391,59	-699,97	767,57	90,78	89,36	90,19	91,48	93
T3	3347,56	-765,05	689,25	92,96	90,63	93,91	92,10	95
T4	3320,67	-696,40	715,49	116,29	116,64	115,97	116,69	121

Test ve analiz sonuçları karşılaştırıldığında eleman sayısına göre hata oranları Çizelge 3.34'dedir.

3.2.16.6.Eleman sayılarına göre hata oranları

Çizelge 3. 35.Eleman sayısına göre analizlerin hata oranı

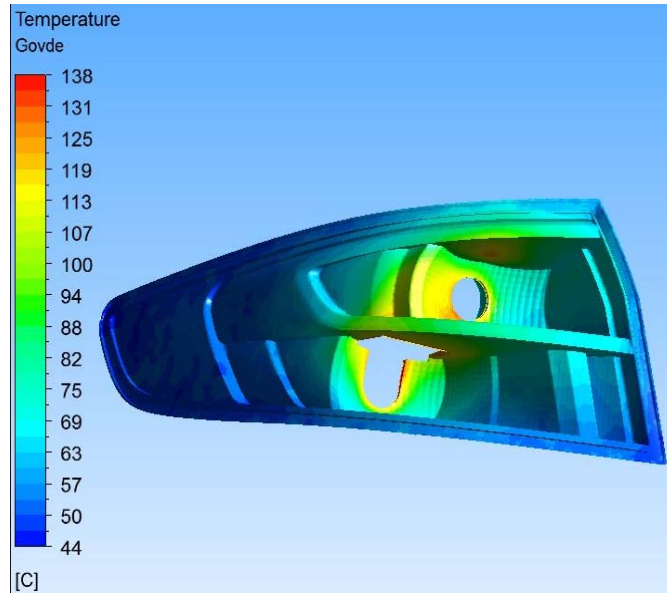
Eleman sayısı	5 Mil.	6 Mil.	7 Mil.	10 Mil.
Hata oranları	-4%	-7%	-3%	-2%
	-2%	-4%	-3%	-2%
	-2%	-5%	-1%	-3%
	-4%	-4%	-4%	-4%



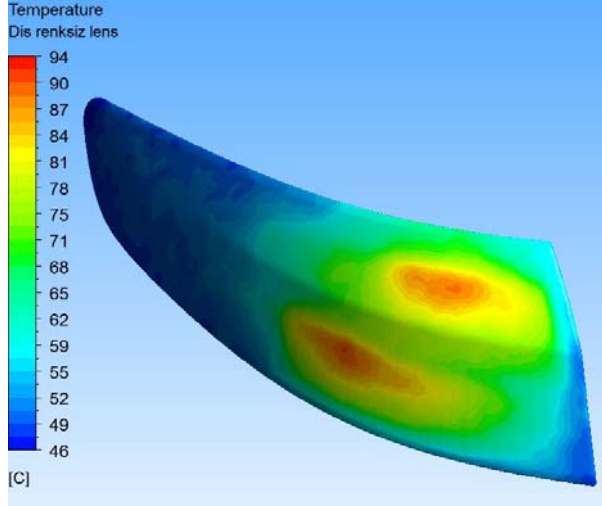
Şekil 3.77. Eleman sayısına göre analiz sonuçlarının test sonuçları ile karşılaştırılması

Analiz ve testlerden alınan sonuçlar dikkate alındığında test sonuçlarına en yakın değerlerin 7 milyon ve 10 milyon eleman için yapılan analizlerde elde edilmiştir. Analiz sonuçları 10 milyon elemana göre dikkate alınmıştır.

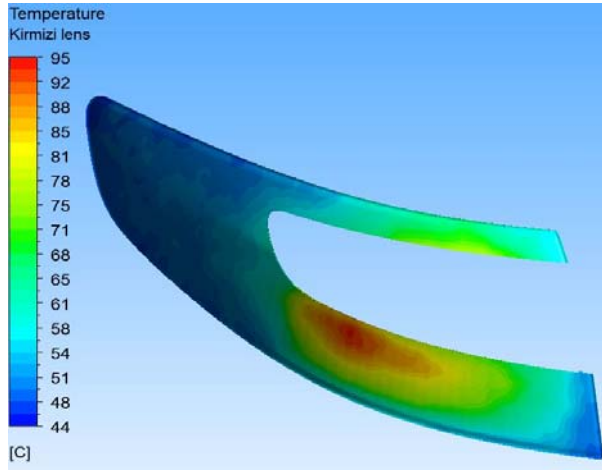
3.2.16.7 Eleman sayılarına göre çözüm süreleri



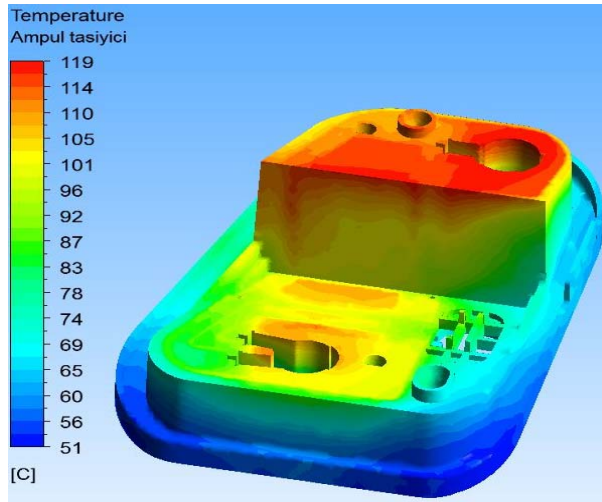
Şekil 3.78. 10 milyon hacimsel eleman için gövde-reflektör sıcaklık dağılımı



Şekil 3.79.10 milyon hacimsel eleman için lens sıcaklık dağılımı



Şekil 3.80.10 milyon hacimsel eleman için kırmızı lens sıcaklık dağılımı

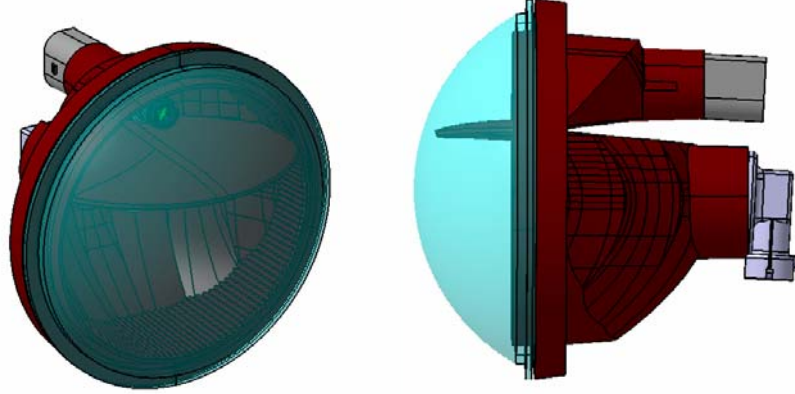


Şekil 3. 81.10 milyon hacimsel eleman için ampul taşıyıcı sıcaklık dağılımı

3.2.17. Örnek sis aydınlatma elemanının ısı analizi

3.2.17.1. Sis aydınlatma eleman geometrisi

H8 Ampulünün kullanıldığı örnek sis farı geometrisi Şekil 3.82’de görülmektedir.



Şekil 3.82. Analizi ve testleri yapılacak olan sis farı geometrisi

3.2.17.2. Sis aydınlatma elemanında kullanılan malzemeler

Elemanda kullanılan parçaların malzemeleri aşağıdaki gibi kabul edilmiştir:

Dış lens malzemesi: PMMA

Gövde malzemesi: PC/ABS

Sis fonksiyonu için kullanılan ampul ise

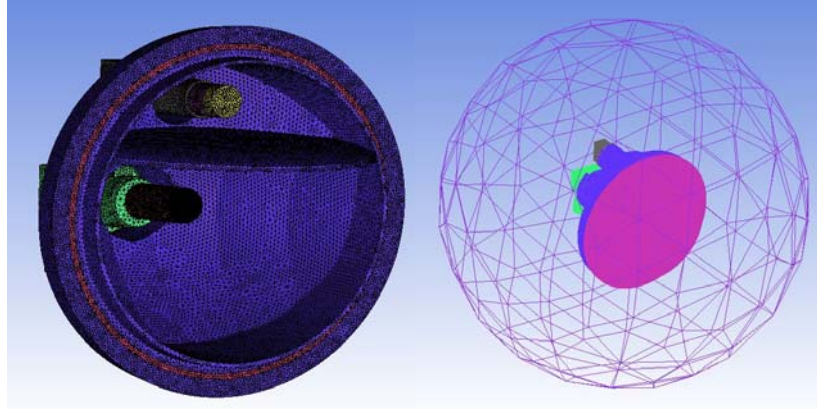
Stop fonksiyonu: H8 - 43W

3.2.17.3. Sis aydınlatma elemanı için test



Şekil 3.83. Sis farı test düzeneyi

Sis farında test sonuçlarının doğrulanması için termal kamera kullanılmıştır. Bu yüzden termokupul kullanımına gerek duyulmamıştır. Sis farı öncelikle Catia V5 R19 yazılımında katı model olarak tasarlanmıştır. Tasarım bittikten sonra geometrik olarak meshe uygun hale getirilmesi için geometri üzerinden radyüs, pah gibi kaba ayrıntılar geometri üzerinden silinmiştir. Mesh işlemi için hazır hale getirilen geometri ICEM CFD yazılı ile tetrahedra elemanlarına ayrıştırılır.



Şekil 3. 84. ICEM CFD ile elemanlarına ayrıştırılmış sis farı

Mesh işlemi yapılan sis farında toplamda 3006072 tane eleman bulunmaktadır. Scaling faktörü 1,03 değerine sabitlenmiştir. Bu faktöre bağlı olarak oluşacak eleman yapısı 1,03 oranında artarak hacmi kapatacaktır. Bu şekilde prizma mesh yapısına benzer bir eleman yapısı oluşacaktır.

Tetrahedra elemanlara ayrıştırılan tasarım analize hazır duruma gelmiştir. Analiz ve testte çevre hava sıcaklığı 24°C alınmıştır. Sis farı üzerinde bir adet havalandırma deliği bulunmaktadır. Analiz sürekli rejimde yapılmıştır. Sis farı içinde havanın akışı laminar olarak kabul edilmiştir. H8 ampul filamanına doğru sonuçlarına göre 43 W güç verilmiştir. Test esnasında H8 ampülü 2 saat sürekli açık bırakılmıştır. Sis farının test ve analiz koşulları da aynı şartlar altında yapılmıştır.

Yazılım içinde elemanların büyüme oranını kontrol etmemize yarayan Scaling faktör sekmesinde 1,3-1,2-1,1-1,08-1,03 değerlerini vererek 5 farklı eleman sayısına sahip mesh dosyası oluşturuldu. Oluşturulan eleman sayıları sırasıyla 2-2,5-3-3,5 ve 4 milyon eleman üzerinden analiz sonuçları alınmıştır.. Sis farı üzerinde termokupulların takıldığı koordinatlar, eleman sayılarına göre yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar ve test sonuçları çizelge 3.36’da verilmiştir.

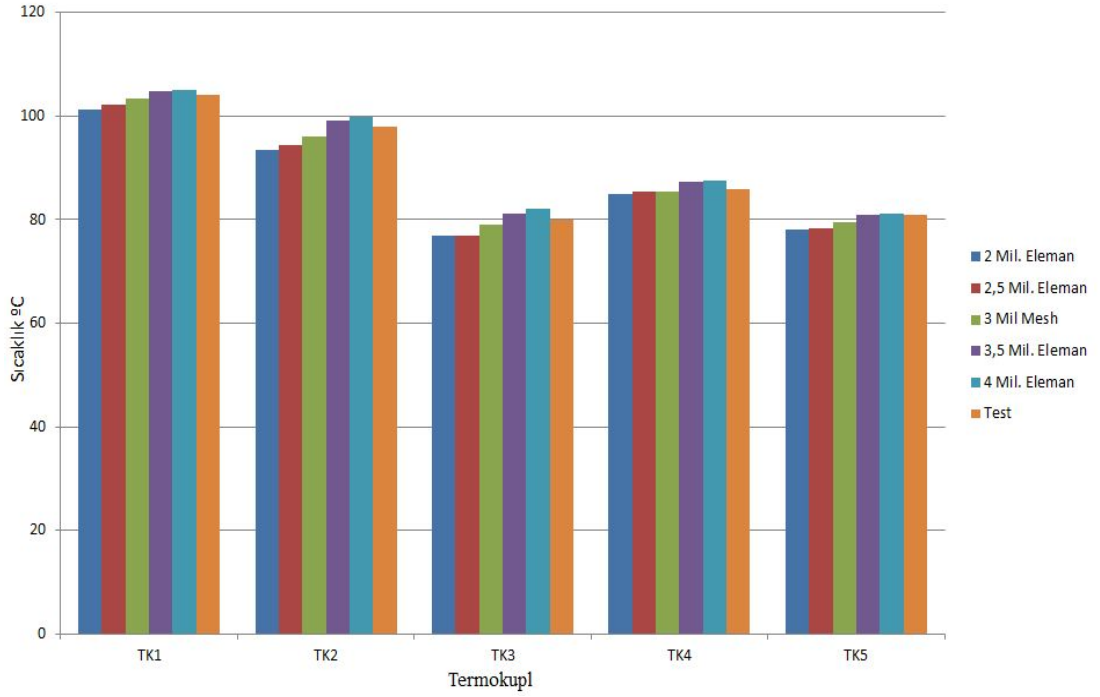
Çizelge 3. 36.Eleman sayılarına göre termokupul bağlı 5 farklı noktanın simülasyon sonucu

TERMOKUPL KOORDİNATLARI				2 Mil.	2,5 Mil.	3 Mil.	3,5 Mil.	4 Mil.	ÖLÇÜM
	x	y	z	Sıcaklıklar °C					
TK1	610,2	609,0	32,7	101,203	102,105	103,321	104,823	104,935	104
TK2	542,0	609,9	55,6	93,568	94,482	96,058	99,211	99,852	98
TK3	547,7	611,9	1,0	76,985	77,021	78,985	81,251	82,15	80
TK4	552,7	578,8	57,4	84,985	85,498	85,502	87,201	87,523	86
TK5	561,3	648,7	18,0	78,102	78,256	79,52	81,025	81,215	81

Farklı eleman sayılarına göre yapılan analizde eleman sayısından bağımsız çözüm aranmıştır. Sonuç olarak 3,5 milyon elemandan sonra sonuçların teste daha yakın olduğu gözlenmiştir. Özellikle 3,5 milyon eleman analiz sonuçları test değerlerine oldukça yaklaşmıştır. Eleman sayılarına göre tespit edilen hata oranları çizelge 3.37 ve hata oranı grafiği Şekil 3.85’de görülmektedir.

Çizelge 3. 37.Eleman sayılarına göre hata oranları

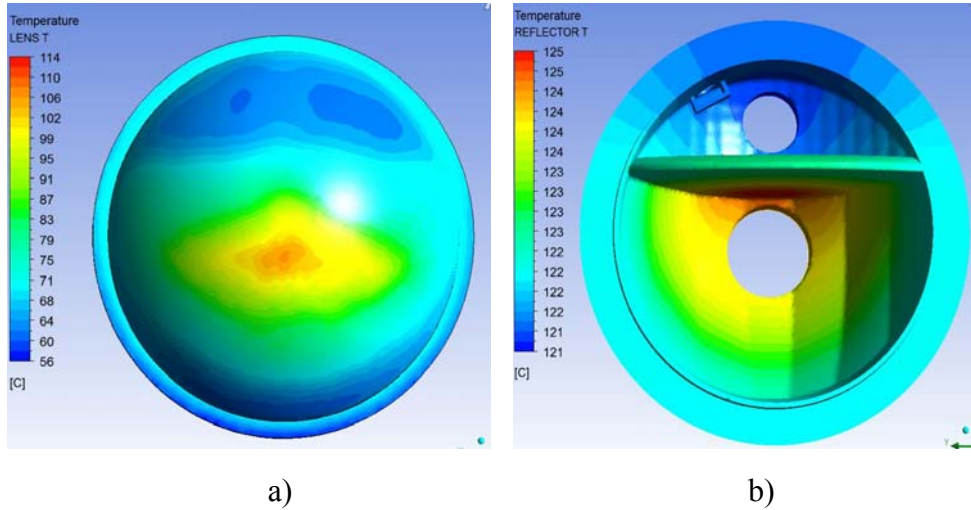
Eleman sayısı				
2 Mil.	2,5 Mil.	3 Mil.	3,5 Mil.	4 Mil.
-2,76%	-1,9%	-0,7%	0,8%	0,9%
-4,74%	-3,7%	-2,0%	1,2%	1,9%
-3,92%	-3,9%	-1,3%	1,5%	2,6%
-1,19%	-0,6%	-0,6%	1,4%	1,7%
-3,71%	-3,5%	-1,9%	0,0%	0,3%



Şekil 3. 85. Test ve eleman sayılarına göre alınan sonuçların karşılaştırılması

Test ve analiz sonuçlarına bakarak ortalama bir sis farı için 3,5 milyon tetrahedra eleman oluşturmanın gerçek sonuçlara en yakın değer vereceği tespit edilmiştir. Çalışmada sunulan sonuçlar da 3,5 milyon eleman ile yapılan analiz sonuçlarıdır.

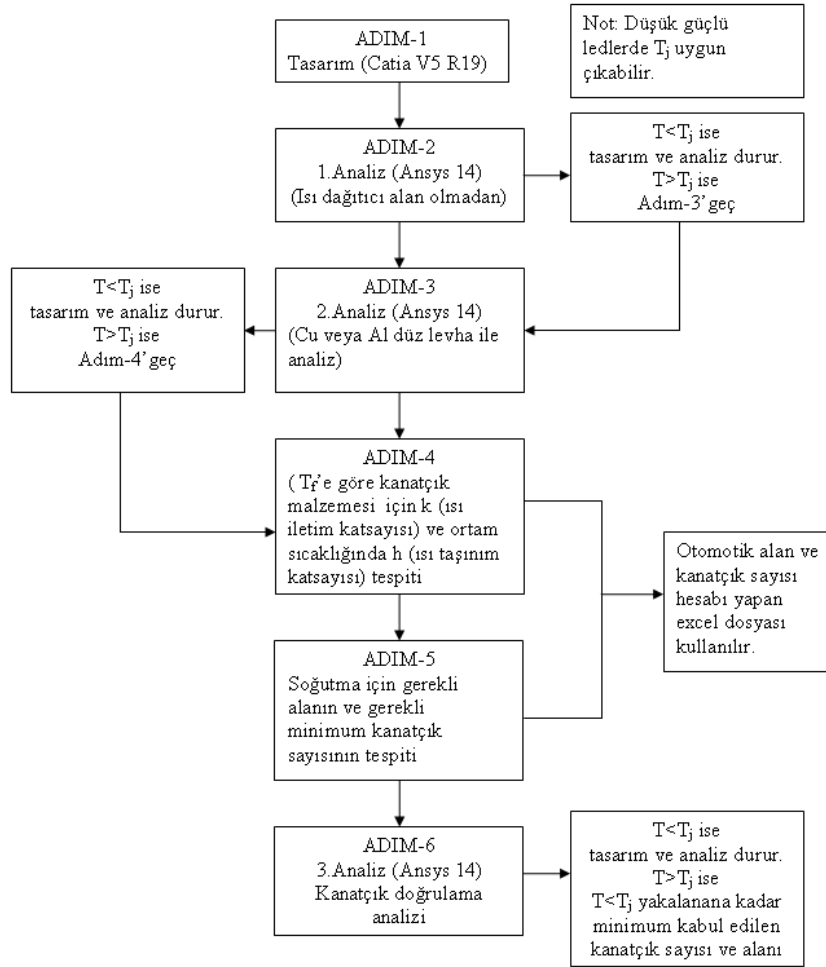
Ön sis farı analiz sonuçları 3,5 milyon eleman için Şekil 3.86’de verilmiştir.



Şekil 3.86. 3.5 milyon elemana göre elde edilen sonuçlar a) Lens sıcaklık dağılımı b) Gövde-reflektör sıcaklık dağılımı

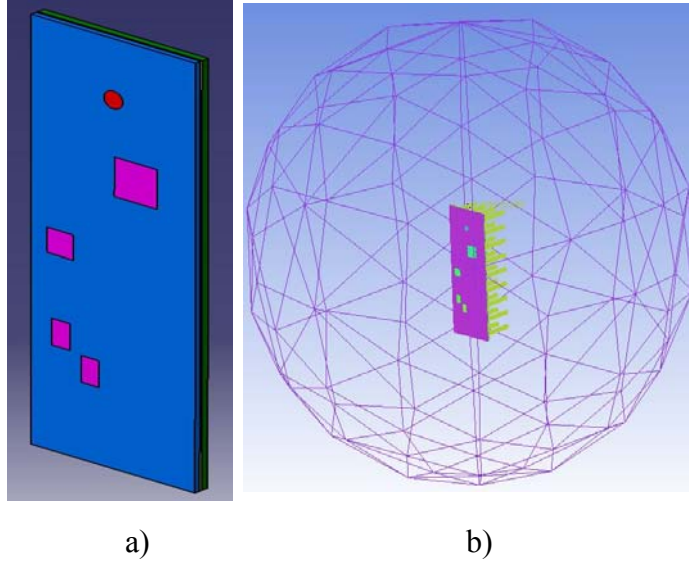
3.2.18. Örnek led elemanının ısı analiz

Ledler yapıları itibari ile geleneksel ampullerden farklı olarak ışıyım yapmayan ısısını büyük çoğunlukla iletim ve taşınım yoluyla çevreye atan ışık kaynaklarıdır. Ledler ısı transferi açısından, T_j sıcaklığına bağlı incelenen aydınlatma cihazlarıdır. T_j sıcaklığının izin verilen değerin üstünde çıkması ledin performansını ve ömrünü olumsuz yönde etkilemektedir. PCB üzerinde ısıyın yayılımının kontrol edilmesi, ledin renk ve ışığın T_j sıcaklığının etkisini daha net ortaya koymaktadır. Bu nedenlerden dolayı ledlerin sıcaklık kontrolü oldukça önemlidir. Ledlerin halojen ampullerle beraber kullanılması ile T_j değeri ayrı bir önem kazanmıştır. T_j değerinin tespiti ve kritik şartlar altında ihtiyaç duyulan ısı dağıtıcı veya kanatçık sisteminin tespiti önem kazanmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan Ansys 14 yazılımı yardımıyla Türkiye’de ilk defa şekil 3.87’de verilen ledlerin ısıy yönetimi için bir analiz rehberi oluşturulmuştur. Örnek bir proje üzerinde uygulanmış ve doğrulanmıştır.



Şekil 3. 87. LED ısıy tasarım analiz rehberi akış şeması

Adım 1: İlk olarak üzerinde led, transistör ve direnç bulunan PCB datası Catia programında Şekil 3.88 (a)'daki gibi tasarlanır ve (b)'deki gibi elemanlarına ayrıştırılır.



Şekil 3. 87. a) Catia'da modellenmiş LED b)Ortam içinde elemanlarına ayrılmış LED

Adım 2: Tasarlanan PCB şartnameler dahilinde belirlenen ortam şartlarında analiz edilir. (Şartname ya da herhangi bir analiz şartı yoksa ledin çalıştığı ortam şartlarında analiz yapılabilir.) Genel olarak analiz sonucu elde edilen T_j katalog değerinden yüksek çıkar. Çünkü ancak düşük güç çeken (100mV gibi) ledlerde T_j değeri uygun çıkabilir. Bunun anlamı tasarımın uygunluğudur. Eğer ledin T_j değeri katalog değerinden yüksek çıkarsa Adım 3'e geçilir.

Adım 3: Güç verilen led, transistör ve dirençler ile birlikte PCB ve kanatçık yapısı olmayan bakır ya da alüminyum düz bir levha yerleştirilir ve aynı sınır şartları dahilinde bir analiz daha yapılır.

- Bu adımın ana hedefi kanatçiksız halde T_j değerinin yakalanıp yakalanmadığının belirlenmesidir..
- Eğer uygun T_j değeri bulunursa tasarım ve analiz durdurulabilir.
- Güçlü led (Power led) dediğimiz ledlerde, genel itibari ile düz bir levhanın ısı dağıtıcı olarak kullanımı T_j değerinin yakalanmasına yetmemektedir.

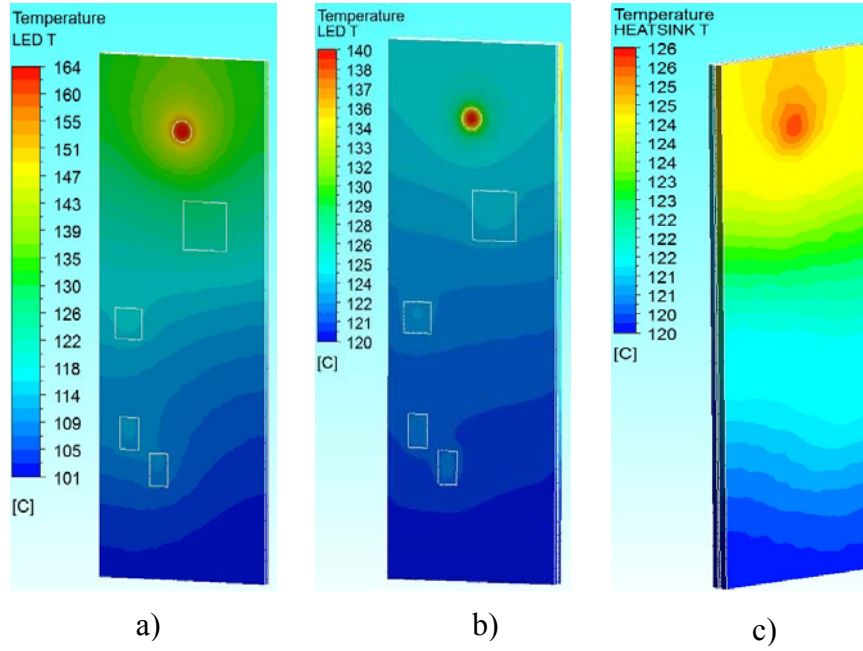
Eğer Adım 3 sonucu elde edilen T_j değeri uygunsa analiz ve tasarım durdurulabilir. Eğer sonuç olumsuz ise kanatçık tasarımına geçilmelidir.

Adım 4. Kanatçık tasarımı için öncelikli olarak genişletilmiş yüzeylerden ısı transferi bölümünde yer alan sonsuz uzunlukta kanat varsayımı kullanılmıştır. Adım 3'den alınan T_b , T_c değerlerine göre T_f sıcaklığı eşitlik 3.70'e göre bulunur. T_f sıcaklığına göre kanatçık malzemesinin T_f sıcaklığına göre ısı iletim katsayı değeri **EK-1'den** tespit edilir. Kanatçık hesabı için ortam ısı taşınım katsayısı Eşitlik x'e göre tespit edilir. Sonsuz kanatçık yaklaşımında seçilen çapa ya da kalınlık veya genişlik değerine göre m değeri eşitlik 3.15'e göre tespit edilir. Sonsuz uzunlukta çubuğun ucundan ısı kaybı olmaması kabulüne göre $\tan mL=0,99$ 'a göre maksimum L değeri elde edilir. Bu değer kritik değerdir. Elde edilen L değerine göre ısının atılabilmesi için gereken alan tespit edilir.

Adım 5. Elde edilen L değerine karşılık seçtiğimiz çap ve uzunlukta eşitlik 3.19'e göre kanat etkenliği hesap edilir. Kanat etkeliğinin $\zeta > 2$ olması beklenir. L'nin seçilen uzunluğa bölümü ile, gerekli minimum kanatçık sayısı elde edilir.

Adım 6. Belirlenen minimum alan ve kanatçık sayısına göre 3. doğrulama analizi yapılır. Analiz sonucu $T < T_j$ olduğunda tasarım ve analiz durdurulur. Eğer $T > T_j$ elde edilirse minimum seçilen kanatçık alanı ve sayısı yeniden arttırılır.

Isıl tasarım için belirlenen rehberde göre yapılan analizlerde excel makrosu kullanılarak yapılan hesaplarda belirlenen kanatçık sayıları ve tiplerine göre yapılan analizlerde T_j için uygun sonuçlar alınmıştır. Led ısıl tasarımı için ilk adım Catia yazılımında modeli oluşturmaktır (Şekil 3.88 a). Ardından herhangi bir ısı dağıtıcı parça olmadan sistem analiz edilir (Şekil 3.89 a). T_j kontrolü yapılır. Eğer T_j 'nin yeterli olmadığı görülürse sisteme alüminyum kanatçiksız ısı dağıtıcı tabaka eklenir ve ikinci analiz yapılır. (Şekil 3.89 b). Tekrar T_j kontrolü yapılır ve led ısıl tasarımı için geliştirilen excel makrosu aracılığı ile (T_b) sıcaklığı ve led'in çalışma (T_c) sıcaklığı girilerek kanatçık hesaplaması yapılır. Bulunan kanatçık sayıları üzerinden efektif kanatçık aralığı hesaplanarak tasarıma uygun kanatçık aralığı bilgisi verilir. Kanat ilavesinin ardından yapılan analizde T_j sıcaklığı kontrol edilerek tasarım rehberi tamamlanır.



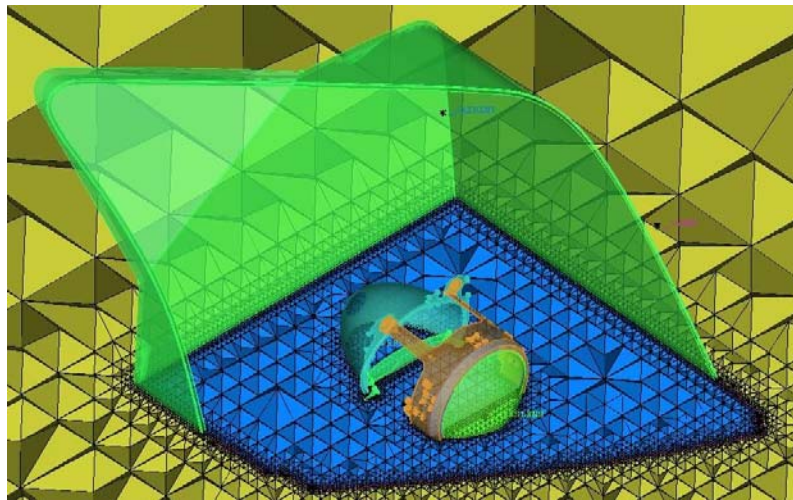
Şekil 3. 88 a) Isı dağıtıcısı olmadan yapılan analiz sonucu b) Düz Al ısı dağıtıcısı olan analiz sonucu c) Al levha taban sıcaklığı

Led tasarımında çevre sıcaklığı ilk olarak halojen bir farda oluşabilecek sıcaklık olan 85°C olarak alınmıştır. T_j sıcaklığı eşitlik 3.70'e göre hesap edilmiştir. R_{j-c} değeri led için üretici firmadan $10\text{ W}/^{\circ}\text{C}$ olarak alınmıştır. Led'e sabit ısı akısı olarak $1,3\text{ W}$ güç verilmiştir. PCB üzerinde bulunan transistör ve dirençlerin toplam çektiği güç $0,7\text{ W}$ olarak analize girilmiştir. Dik levha üzerinden doğal akış prensibine bağlı olarak PCB üzerinde h (ısı taşınım katsayısı) değeri $7\text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ olarak excel makrosunda eşitlik 3.64'i temel alarak hesaplanmıştır. Eşitlik 3.70'e göre Şekil 3.91 (b) için $T_j:177^{\circ}\text{C}$ çıkmaktadır. Led için katalog değeri $T_{j\text{ max}}:150^{\circ}\text{C}$ 'dir. T_j değeri uygun olmadığı için tasarım rehberine göre Al levha ile 2. analiz yapılmıştır. Eşitlik 3.70'e göre T_j değeri 153°C olarak tespit edilmiştir. Bulunan değer izin verilen T_j değerinin üzerinde olduğu için kanatçık tasarımı zorunlu hale gelmiştir. Kanatçık tasarımında T_b sıcaklığı Şekil 3.89 (d)'de görüldüğü üzere 126°C alınmıştır. Taban sıcaklık değerine göre excel makrosunda yapılan hesaplamada $T_b:126^{\circ}\text{C}$ için 24 adet 2 mm çaplı, 15 mm yüksekliğinde dairesel kesitli kanatçık ve 2 adet 1 mm kalınlığında 67 mm uzunluğunda dikdörtgen kesitli kanatçık ilavesi gerektiği görülmüştür. Aynı hesaplama excel makrosunda PCB üzerinden toplam 2 W gücü atmak için, eşitlik 3.38'e göre gerekli alan tespiti yapıldığında 57 adet 2 mm çaplı, 15 mm yüksekliğinde dairesel kesitli

kanatçık ve 5 adet 1 mm kalınlığında 67 mm uzunluğunda dikdörtgen kesitli kanatçık ilavesi gerektiği görülmüştür. Hesaplamalar sonucu T_j değerinin uygun çıkması için minimum 24, maksimum 57 adet dairesel kesitli kanatçık ve minimum 2 adet, maksimum 5 adet dikdörtgen kesitli kanatçık tasarlanması tespit edilmiştir. Fakat eşitlik 3.25, 3.26, 3.27 ve 3.28 yardımıyla hesaplanan etkin kanatçık aralığı kanatçık aralığı $S_{opt} = 7$ mm bulunmuş ve kanatçık tasarımı S_{opt} göre yapılmıştır. Analizler bu veriler ışığında tekrarlanmış ve sonuçlar alınmıştır.

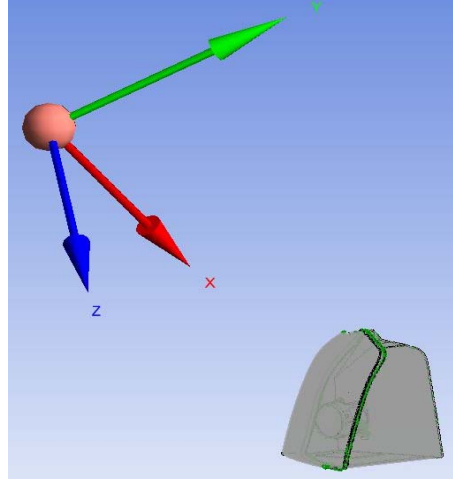
3.2.19 Güneş yük etkisi

Güneş yük etkisi sıcak ülkeler için yapılması öngörülen bir ısı analizidir. Etkisi yaygın olarak araç ön camından kırılarak aracın ön göğüs kısmına düşen güneş ışınlarının etkisine benzer şekilde özellikle ön aydınlatma farı iç elemanları üzerinde olumsuz etkisi görülebilmektedir. Güneş yük etkisi far içinde PES modul kullanımı ile kendini göstermektedir. Pes modül üzerinde bulunan camın odaklama ve ışık kırma indeksine göre ışık alüminyum kaplı reflektör ve diğer parçaların üzerine düşmekte ve kaplama kalkması gibi tesirler göstermektedir. Güneş yük etkisine örnek olarak Pes modül örnek bir far içine yerleştirilmiştir. Şekil 3.90'da görülen elemanlarına ayrıştırılmış far içinde bulunan Pes modül altına alüminyum kaplı düz bir levha yerleştirilmiş ve noktasal ışık kaynağından çıkan ışının alüminyum levha üzerindeki etkisi izlenmiştir.



Şekil 3. 89. Elemanlarına ayrıştırılmış güneş efekti datası

Güneş etkisi analizinde noktasal ışık kaynağı olarak 100 W'lık güç verilmiştir. Işık kaynağı Şekil 3.91'de görüldüğü gibi kullanılmıştır. Ön far üzerine ışınım modeli olarak Monte Carlo ışınım modeli kullanılmıştır. Analiz sonucu aliminyum kaplı levha üzerinde ışığın odaklandığı bölge tespit edilmiştir.



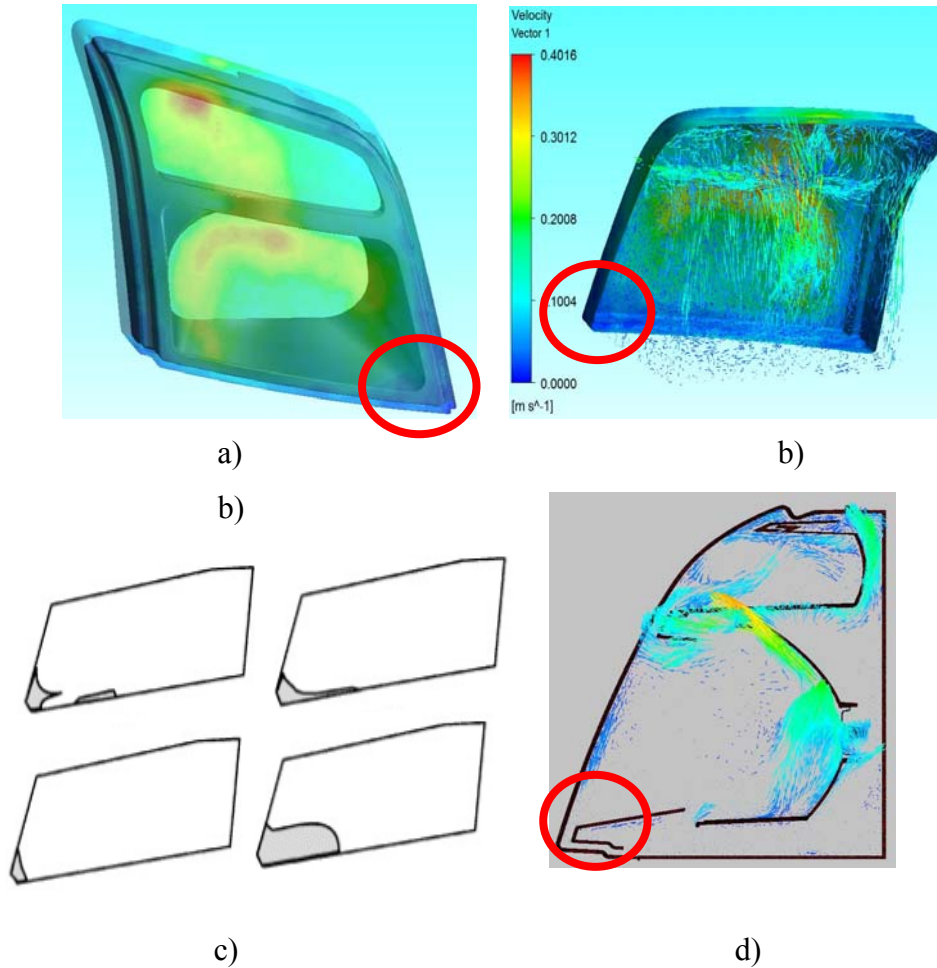
Şekil 3. 90.Noktasal ışık kaynağı ve ön far datası

3.2.20. Yoğuşma

Yoğuşma analizi için led sistemleri için yazılan excel makrosunun bir benzeri yazılmıştır. Özellikle teklif aşamasında ve tasarım aşamasında direk kullanılacak olan makro sıcaklık değişimine göre yoğunluk farkını dikkate alarak iç hava çığ noktası hesabıyla başlayarak, ısıl analiz sonucuna göre yoğuşma miktarı zamandan bağımsız olarak elde edilmektedir. Makronun çalışabilmesi için öncelikli olarak ısıl analiz sonuçlarının dikkate alınması gerekmektedir. Değişen izafi nem, iç hava sıcaklığı, yoğunluk, suyun hava içindeki yayılım katsayısı, lens ve dış hava sıcaklığına göre yoğuşma miktarları belirlenmiştir. Yoğuşma genel itibari ile multifaz bir çözüm olup, ana sanayi şartnamelerine göre ilk 3 dakika içinde gözlenmek istenmektedir. Fakat çalışmamız yoğuşma probleminin ilk basmağı olduğu için sıcaklık analizi üzerinden zamandan bağımsız çözüm alınmıştır.

Yoğuşma temel anlamda hava sirkülasyonunun olmadığı ya da hacim içinde diğer bölgelere göre havanın rahatlıkla akamadığı sıkışık geometrilere, kapalı hacimlerde, sıcaklık farkının yükseldiği bölgelerde gözlenmektedir. Bu bilgiler ışığında ısıl analiz

sonucu far içi hava akış çizgilerine bakıldığında yoğuşmanın oluşacağı bölge tahmin edilebilir durumdadır. Okada ve ark.(2002) çalışmalarında yaklaşık olarak ön far için yoğuşma bölgesini aynı yerlerde belirlemişlerdir. (Şekil 3.92 c). Çalışmada değişken ortam sıcaklıklarında, lens yüzey sıcaklıklarında ve izafi nem oranlarında örnek ön far üzerinde inceleme yapılmıştır. Yoğuşma beklenen bölge ısıl analiz sonucu belirlendikten sonra ısı transferi ile kütle geçişini temel alan excel makrosunda yoğuşma beklenen bölgedeki iç hava sıcaklığı, lens iç yüzey sıcaklığı belirlenerek yoğuşma hesabı yapılmıştır. Ayrıca değişen yüzey sıcaklığı, iç hava sıcaklığı ve izafi neme bağlı farklı sonuçlar elde edilmiş ve grafikler halinde verilmiştir. Yoğuşma oranının tespiti için yoğuşma beklenen bölgenin iç hava ortalama sıcaklığı 60°C, lens yüzey sıcaklığı 48°C olarak alınmıştır. Havanın izafi nem oranı %50-60 arasında değişken olarak alınmıştır.



Şekil 3. 91.Yoğuşma beklenen bölge a)Lens ve estetik çerçeve arası bölge b)Lens ve estetik çerçeve arasında hava akış hızının 0 m/s'ye düşüğü bölge c) Okada ve ark. (2002) yoğuşma tahmini bölgesi d)Yoğuşma beklenen bölgenin kesiti

Isıl analiz sonucu elde edilen verilerle farda, yoğuşma beklenen bölgenin iç hava sıcaklığı, izafî nem oranı ve yüzey sıcaklığı değiştirilerek yoğuşma incelemesi yapılmıştır. Sonuçların değerlendirilmesinden sonra tasarıma yoğuşmayı engelleyecek geometri detayı verilmiştir.

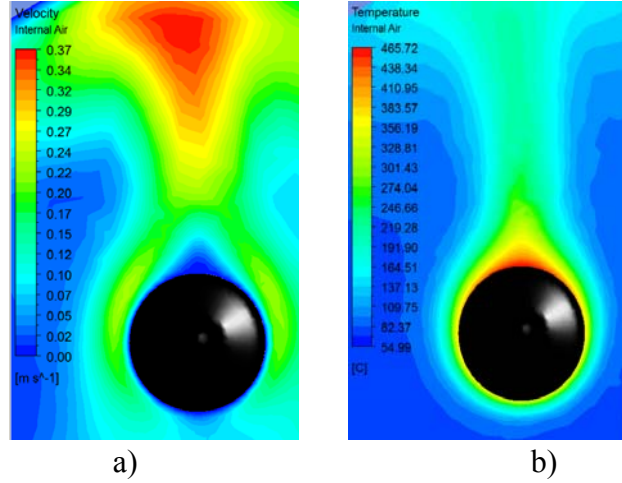
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Ön Aydınlatma Elemanı Analiz Sonuçları

Uygun eleman yapısı, uygun eleman sayısı, doğrulaması yapılmış ampul doğrulamalarından sonra analiz edilen ön far sonuçlarında ilk göze çarpan, analiz için belirlenen sınır şartlarının doğruluğu olmuştur. Ön far bileşenlerinin üzerindeki sıcaklık dağılımlarının maksimumda %2,5 ile %3,5 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Hata oranlarının düşük oluşu seçilen ışınım yöntemi Monte Carlo için öngörülen foton sayısının uygun olduğunu göstermiştir. Yansıtıcı yüzeyler için seçilen ışınım yama ve yama katsayıları 0,1 olarak seçilmiş ve seçimin uygun olduğu görülmüştür. Siyah malzemedan yapılan gövdenin ışınım neşretme ve yansıtma katsayısının uygunluğu gözlenmiştir. Isı kaynağı olan ampullerden, kapalı hacim kabul edilen far içinde yayılan sıcak havanın ampul merkezli değişimi ve davranışı çevre bileşenler üzerinde olumlu, olumsuz etki göstermektedir. Bunun öncelikli olarak ampul çevresindeki havanın dağılımı, davranışı üzerine etkileri incelenmiştir. Ampul, yatay silindir üzerinden akış temelinde alınmıştır. Çalışmada Kuehn ve Goldstein (1980) ve Bararnia ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmalarla aynı teori kabul edilmiştir. Çözüm için Çengel, (2011) ve (Incropera 2001) korelasyonları kullanılmıştır.

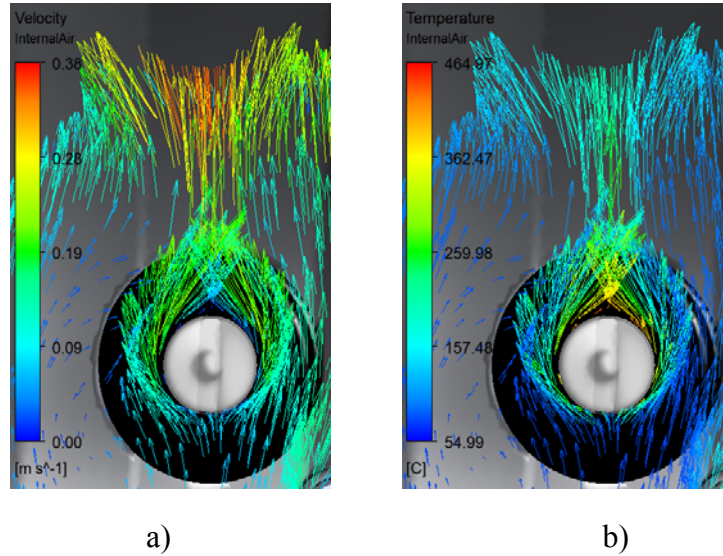
4.1.1 Uzun hüzme fonksiyonu (H4) ısı transferi açısından incelenmesi

Öncelikle ön far içinde en güçlü ampul olan H4 ampülü incelenmiştir. H4 ampülü far içinde kullanılan, test ve analiz şartlarında ECE standartlarına göre 75 W güç çeken en güçlü ısı kaynağı ampüldür. Çektiği güçle doğru orantılı olarak en fazla ısı üreten ampul olduğu için reflektör malzemesinin seçimini direk olarak etkilemektedir. Analizler ve testler sonucu üretilenin, ısı öncelikle reflektöre etki ettiği tespit edilmiştir. Ayrıca ampülün reflektöre olan üst ve alt mesafeleri reflektör üzerinde oluşacak sıcaklık problemini birinci derecede ilgilendiren ve tasarımı sıcaklık problemine göre şekillendiren unsurdur. Şekil 4.1'de H4 ampül çevresinde havanın hız ve sıcaklık dağılımları alınmıştır (Sokmen ve ark. 2012).



Şekil 4.1. Bölgesel dağılım a) Hız dağılımı ve b) Sıcaklık dağılımı (Sokmen ve ark. 2012).

H4 ampülü etrafındaki havanın hareketi, hızı ve sıcaklık dağılımı incelenmiştir. Rayleigh sayısına bağlı olarak taşınımın doğal taşınım olup olmadığı doğrulanmıştır. Şekil.4.2’de Ansys CFX Post 14 yazılımı aracılığı ile H4 ampül üzerinden olan havanın sıcaklık akışı vektörel olarak temsil edilmektedir.



Şekil 4. 2. H4 ampul etrafından sıcak havanın a) Hız vektörleri b) Sıcaklık vektörleri ile gösterimi

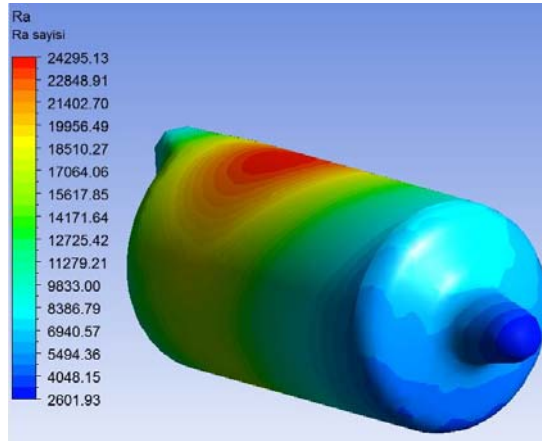
Sıcak havanın taşınım şekli reflektör sıcaklık dağılımına göre neden sıcak bölgelerin reflektörün üst noktasında oluştuğunu göstermektedir. Isı taşınımının doğal taşınım olduğunun doğrulanması ve karakteristiğinin belirlenmesi için ise H4 ampül yüzeyi yatay silindir olarak kabul edilerek Rayleigh sayısı hesaplanmıştır. Rayleigh sayısı

eşitlik 3.63'e göre hesaplanmıştır. Ampul için karakteristik uzunluk: 0,017 m, yerçekimi ivmesi ($g: 9,81 \text{ m/s}^2$) CFX Post yazılımı içinde g değeri otomatik tanımlıdır. T_∞ değeri için iç hacimdeki havanın ortalama sıcaklığı alınmıştır. T_y değeri için ise yüzeyin ortalama sıcaklığı alınmıştır. T_{film} ve β değerleri eşitlik 3.62 ve 3.61 göre tespit edilmiştir. Bu sebeple bir sabit, bir değişken Ra sayısı bulunmuştur. Ampul yüzeyi için sabit sıcaklık farkı göz önüne alınırsa α ve ν değerleri için CFX Postta hesap ettirilen T_{film} sıcaklığı 458,834 K için havanın termofiziksel özellikleri tablosundan alınan değerler interpolasyonla;

$$\alpha = 48,87 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\nu = 33,52 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Bu veriler çerçevesinde ortalama sıcaklık farkları alındığında Rayleigh sayısı 12904 olarak tespit edilmiştir. Fakat gerçek şartlarda ampul yüzey sıcaklığı değişken olduğu için T_y değerinin değişken olduğu durumda elde edilen Ra sayısı, CFX Post yazılımında hesap edilmiş ve Ra sayısı dağılımı Şekil 4.3'de verilmiştir.



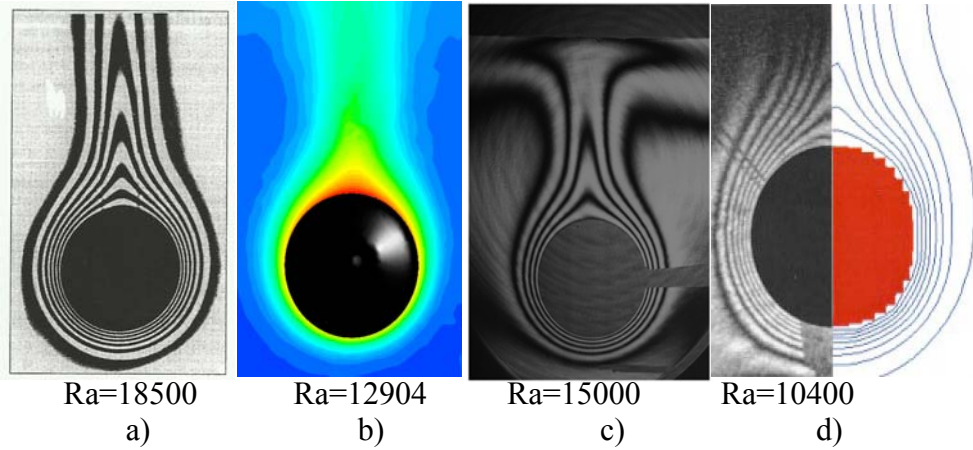
Şekil 4. 3. H4 ampul çevresinde değişken yüzey sıcaklığı sabit çevre sıcaklığına göre Ra sayısı dağılımı

Eşitlik 3.63'e göre $(T_y - T_\infty)$ değerinin en küçük olacağı yerde Rayleigh sayısının en küçük değeri alması beklenirken T_∞ değeri iç havanın ortalama değeri olarak yani başka bir ifadeyle sabit kabul edilmesi nedeniyle ampul üzerinde yüksek yüzey sıcaklığının olduğu bölgelerde Rayleigh sayısı yüksek çıkmıştır.

Çizelge 4. 1. Hava için kullanılan basitleştirilmiş doğal taşınım bağıntıları

Geometri	Karakteristik uzunluk	Akış şekli	Ra sayısı aralığı	Isı taşınım katsayısı ($W/m^2\text{°C}$)
Dik silindir ve levha	Yükseklik	Laminar Türbülanslı	10^4-10^9 10^9-10^{13}	$h_m=1,42(\Delta T/L)^{1/4}$ $h_m=1,31(\Delta T)^{1/3}$
Yatay silindir	Dış çap	Laminar Türbülanslı	10^4-10^9 10^9-10^{12}	$h_m=1,32(\Delta T/D)^{1/4}$ $h_m=1,31(\Delta T)^{1/3}$
Yatay levha a)Üst yüzey sıcak b)Üst yüzey soğuk	Tanımlandı Tanımlandı	Laminar Türbülanslı Laminar	$10^5-2.10^7$ $2.10^7-3.10^{10}$ $3.10^5-3.10^{10}$	$h_m=1,32(\Delta T/D)^{1/4}$ $h_m=1,52(\Delta T)^{1/3}$ $h_m=0,59(\Delta T/L)^{1/4}$

Her iki şekilde de Rayleigh sayısı olarak elde edilen değerler 10^9 kritik değerinden küçüktür. Bu sonuca göre ampul etrafında hava akışı doğal akış olarak tespit edilmiştir. Analizde sınır şartlarının girilmesinde, akış doğal taşınım olarak kabul edilmiştir. Sonuçlara göre kabulün doğru olduğu ve türbülanslı model kabulüne gerek olmadığı tespit edilmiştir.

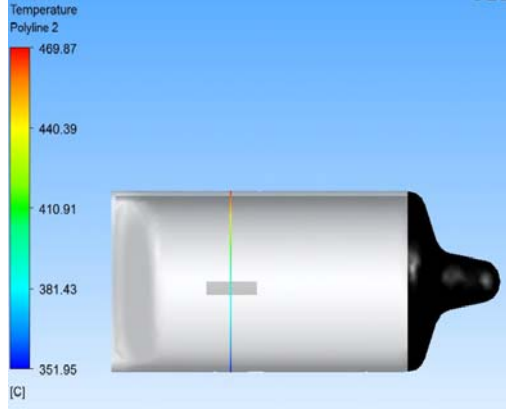


Şekil 4.4. Ampul çevresinde sıcaklık dağılımı a) Kreith ve Bohn (2001), Prof. E.R.G. Eckert b) Çalışmada elde edilen dağılım c) Interface fotoğrafı Ashjaee ve ark. (2007) d) Yatay uzun silindir interface fotoğrafı Newport ve ark. (2001)

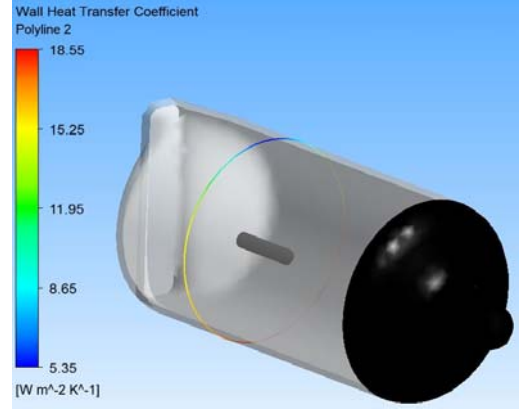
Şekil 4.4 incelendiğinde analizde elde edilen ampul etrafında hava akış profilini Şekil 4.4 a'da yer alan silindir üzerinden doğal akış ve Şekil 4.4 (c) ve (d)'de yer alan doğal akış profili ile doğrulanmıştır.

Bir diğer doğrulama için Incorpera (2001)'de yer alan sabit yüzey sıcaklığına sahip silindir etrafına açısal yöne bağlı olarak alınan yerel Nu dağılım grafikleri karşılaştırılmıştır. Yerel Nu sayısının hesaplanması ve grafiğin oluşturulması için ampul

üzerinde filamanın tam ortasından geçen kesitin, ampülü kestiği daire kesit olarak alınmıştır. Şekil 4.5’de eğri görülmektedir.



a)

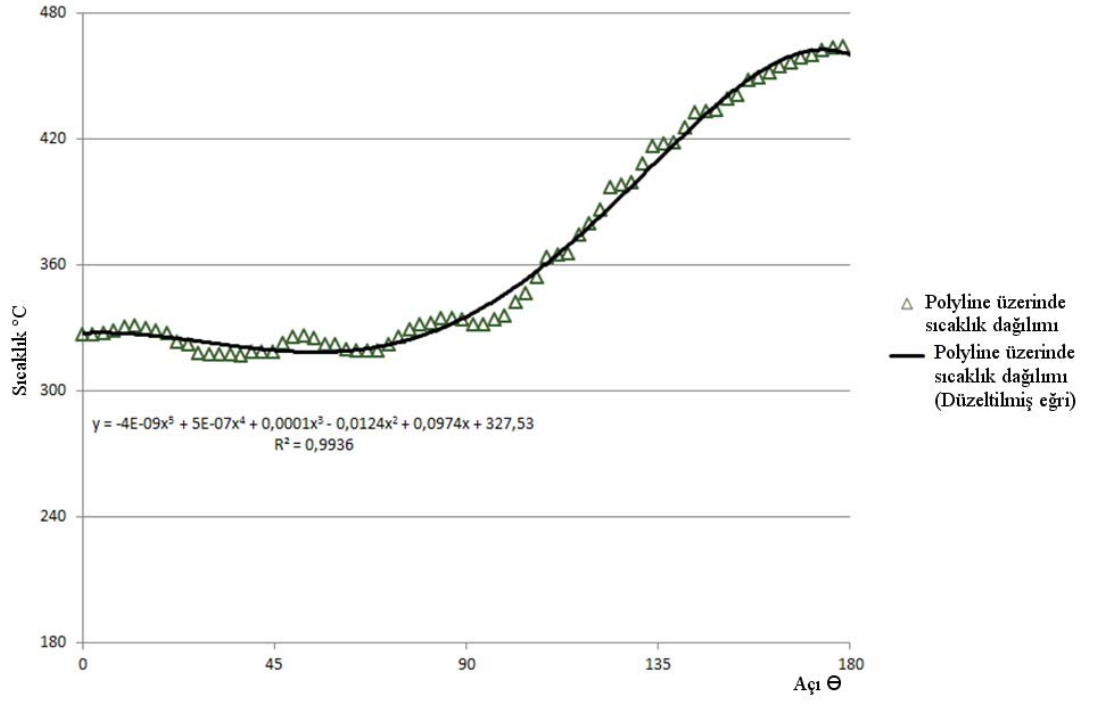


b)

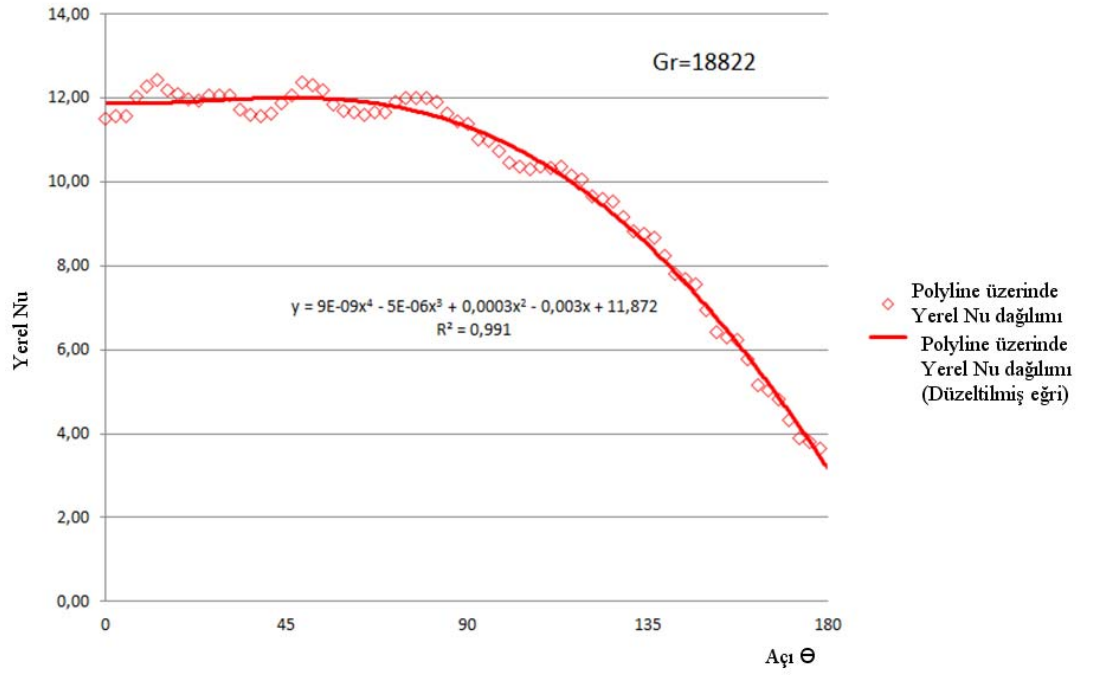
Şekil 4.5.H4 ampul üzerinde kesit eğrinin a) Sıcaklık dağılımı b) Isı tranfer katsayısı dağılımı

Isı taşınım katsayısı Ansys CFX Post 14 yazılımı içinden H4 ampul çevresinde Şekil 4.5’de ki gibi çıkarılmıştır. Analizden alınan h değerlerine göre Nusselt sayısı eşitlik 3.64’e göre hesap edilmiştir.

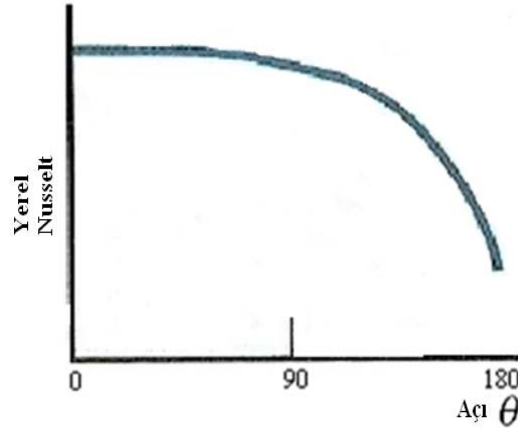
H4 üzerindeki dairesel kesit çevresinde sıcaklık dağılımı ve yerel Nu dağılımı Şekil 4.6 ve 4.7’de görülmektedir.



Şekil 4.6. Analiz sonucu silindir üzerinde eğride sıcaklık dağılımı



Şekil 4. 7. Analiz sonucu silindir üzerinde eğride sıcaklık dağılımı



Şekil 4. 8. Analiz sonucu silindir çevresinden açığa bağlı yerel Nu dağılımı (Incorpera 2001)

Elde edilen yerel Nu grafiği sabit yüzey sıcaklığına sahip silindir çevresinden doğal taşınımına ait Şekil.4.8’de verilen yerel Nu sayısının açısal dağılımı ile karşılaştırılmış ve sonuçların uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Dairesel kesti üzerindeki Gr, Ra sayıları hesaplamak için gerekli değerler analiz sonucu aşağıdaki gibi tespit edilmiş ve hesaplanmıştır.

$$T_{\text{film}} = 500,088 \text{ K}$$

$$\Delta T = 283,912 \text{ K}$$

T film sıcaklığına göre hava için tablodan bakılan özellikler:

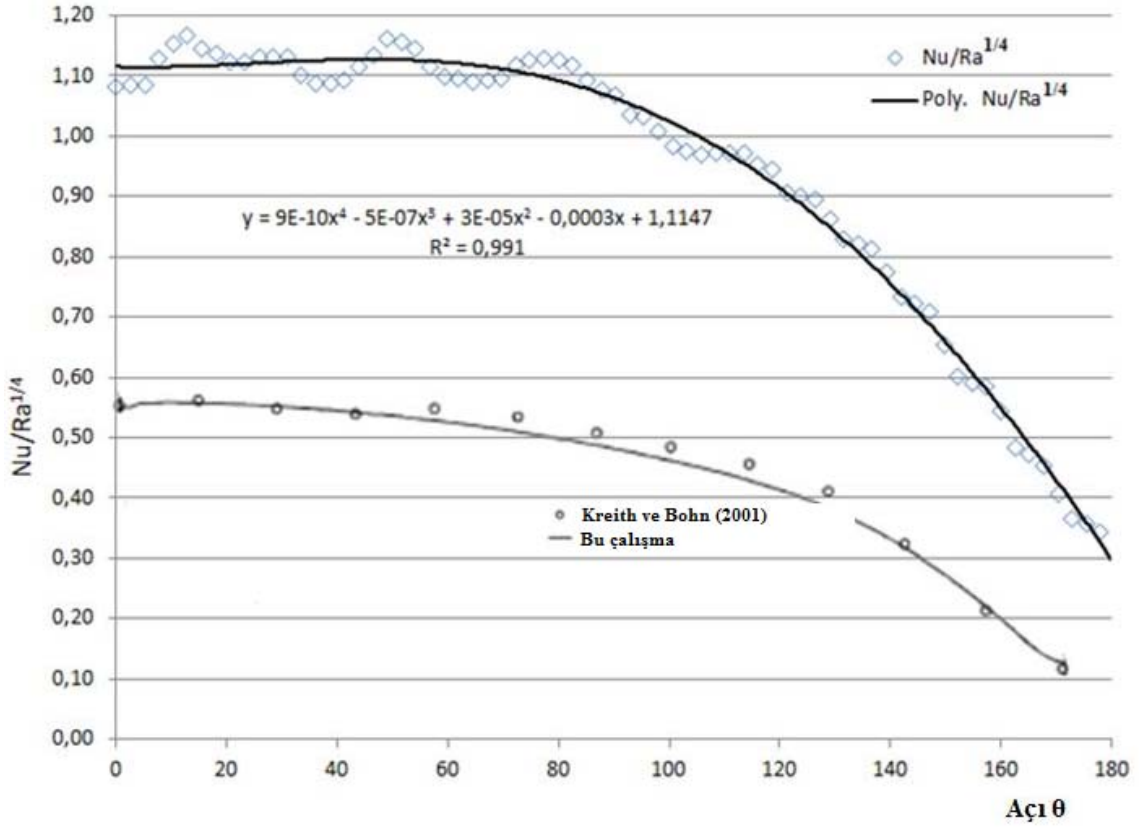
$$\alpha = 56,7 \cdot 10^{-6}, \gamma = 38,79 \cdot 10^{-6}, \text{Pr} = 0.684$$

Eşitlik 3.60 ve 3.63’e göre $Gr = 18178,8$, $Ra = 12434$ olarak bulunmuştur. Ortalama değerlere göre bütün silindir ve dairesel kesit arasında Gr ve Ra değerlerinin yakın değerler olduğu gözlenmiştir.

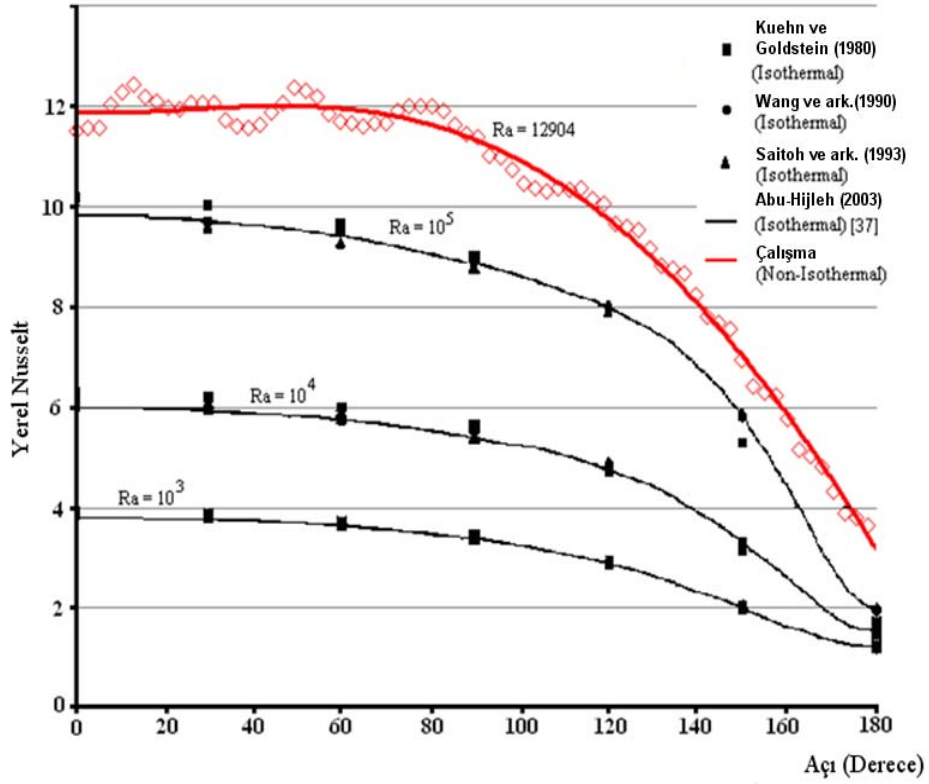
Morgan için Nusselt sayısı Çizelge 3.1 ve eşitlik 3.67 ile $Nu = 5,06$

Churcill ve Chu’ya göre Nusselt sayısı ise eşitlik x’e göre $Nu = 4,58$ olarak tespit edilmiştir.

Analiz sonucu eğri boyunca yerel nusselt sayısı ortalama değeri $Nu_m = 10,26$ olarak tespit edilmiştir.

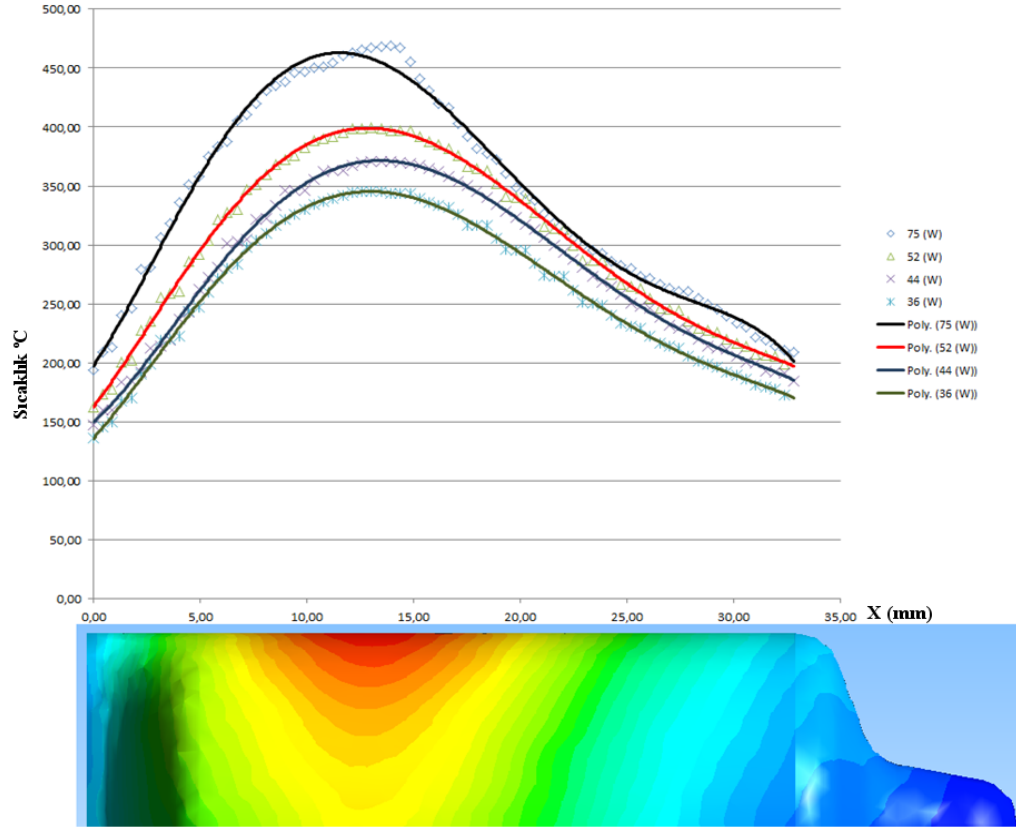


Şekil 4.9. Nu/Ra^{1/4} oranında Kreith ve Bohn (2001) ve çalışmanın karşılaştırma grafiği Kreith ve Bohn (2001)'ya göre Nu/Ra^{1/4} grafiği ile çalışma sonucu ortaya çıkan grafiğin uyumluluğu da Şekil 4.9'da görülmektedir. Yine bir karşılaştırma olarak farklı Rayleigh sayılarına göre yerel Nusselt sayısının sayısının dağılımı grafiği Şekil 4.10'da verilmiştir.

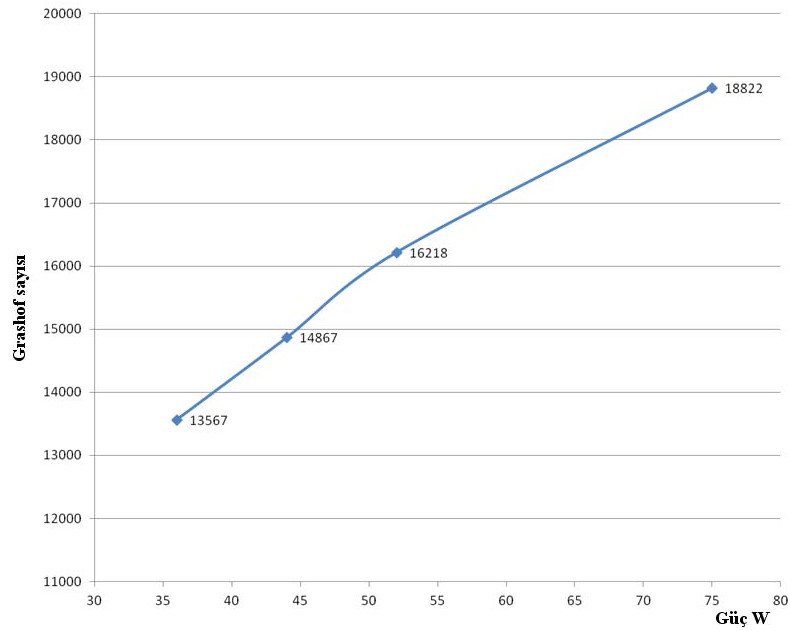


Şekil 4.10. Rayleigh sayısının değişimine göre yerel Nu dağılımı

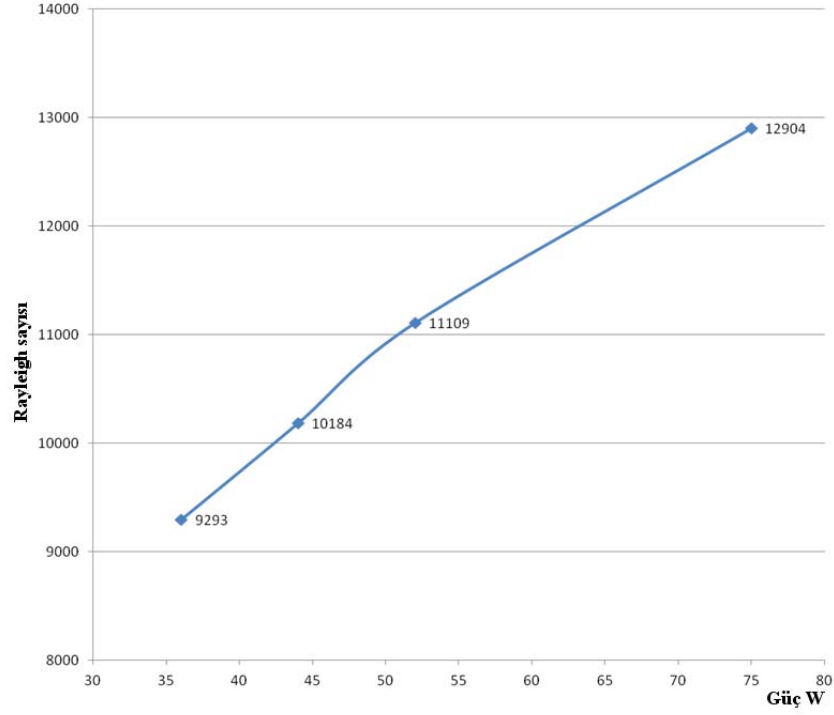
Farlarda kullanılan en güçlü ampul olması hasabiyle H4 ampul ürettiği sıcaklık anlamında en yüksek değere çıkan ampuldür. Araç üzerinde 75 W güç üretebilmesi 13,5 V'luk bir voltaj çekmesi ile mümkündür. Araç aküsünden daha az voltaj çekmesi halinde, gücünde düşme yaşanacak ve bu da ampul davranışını değiştirecektir. Çalışmada 13,5 V yerine 9,5-8 ve 6 V değerlerine karşılık 52 W, 44 W ve 36 W güçleri üretilmiştir. Güç değerlerindeki düşme ampulün üzerinde oluşan sıcaklık dağılımını Grashof ve Rayleigh sayılarını değiştirmiştir. Güce bağlı sıcaklık dağılımı değişimi Şekil 4.11'de verilmiştir. Yine güce bağlı Grashof ,Rayleigh ve değişken Rayleigh sayısına bağlı yerel Nusselt değişimleri sırasıyla Şekil 4.12,13 ve 14'de verilmiştir. Sonuçlar Şekil 4.10'de yer alan ve literatürden gelen grafikler tarafından doğrulanmaktadır. Grafiklerin eğimleri ve aldığı değerler benzer davranışlar göstermektedir.



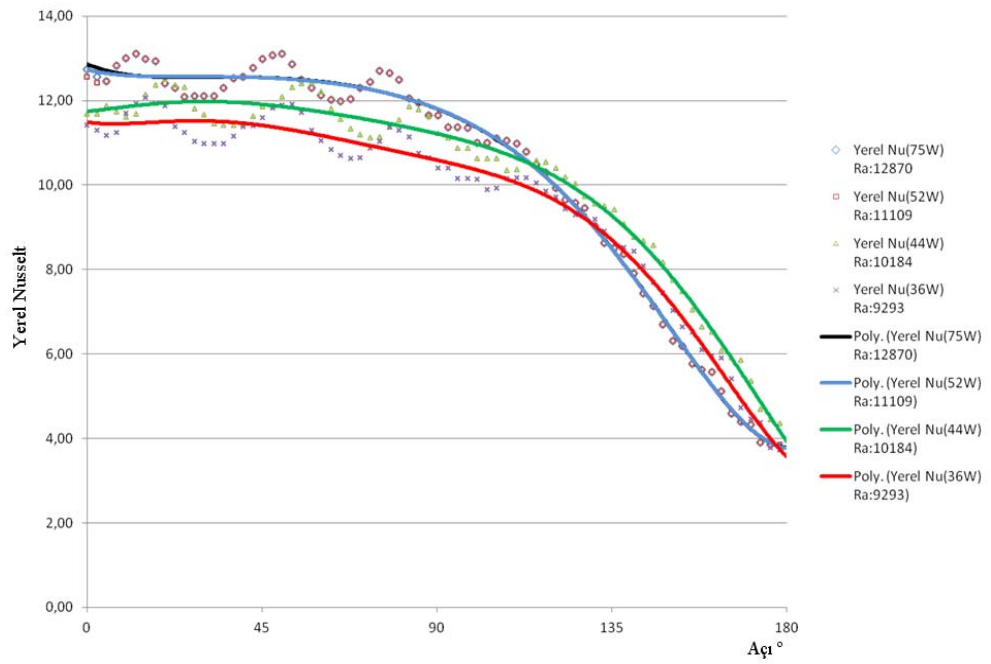
Şekil 4.11. 75 W, 52 W, 44 W ve 36 W güçlerde H4 ampul üzerinde x değişkeninde sıcaklık dağılımı



Şekil 4. 12. Ampulün değişen gücüne bağlı Gr dağılımı



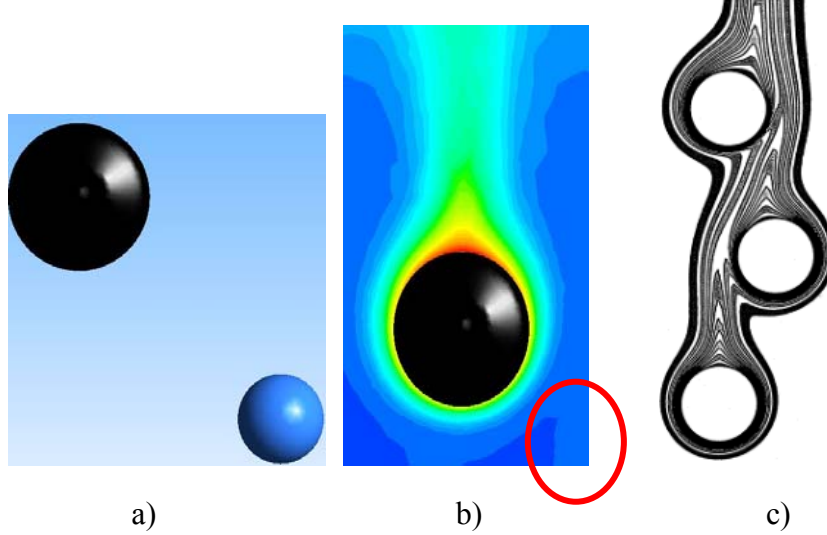
Şekil 4. 13.Ampulün değişen gücüne bağlı Ra dağılımı



Şekil 4. 14.Değişken Ra sayısına göre yerel Nu sayısı dağılımı

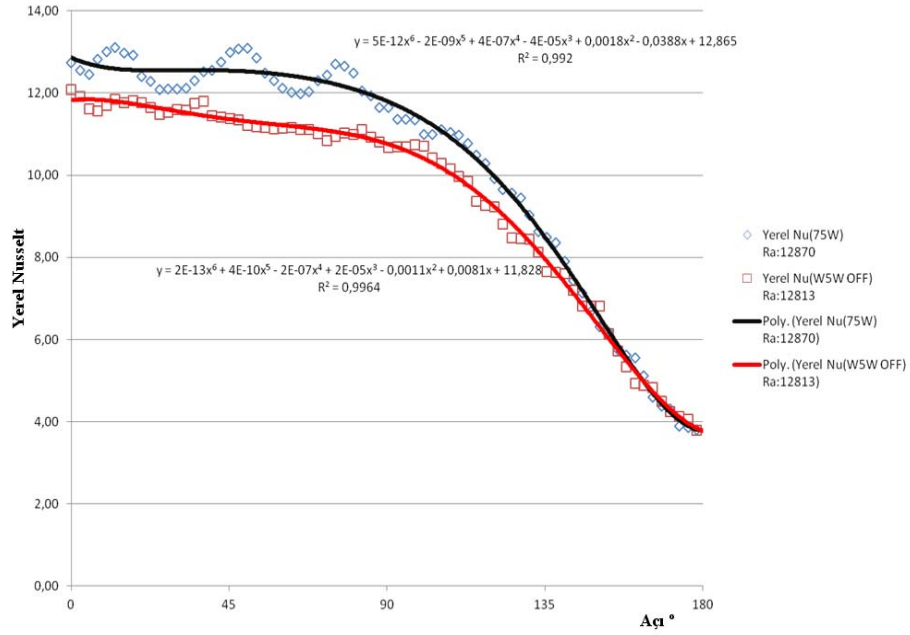
Örnek far modeli içinde H4 ampul ve W5W ampul birbirine çarpaz konumda duran iki silindiri temsil etmektedir. Şekil 4.15 a'da duruş konumlarını içermektedir. W5W

ampulün far içinde çalıştırılmadığı durumda, H4 ampulü üzerine etkimenin nasıl olacağı incelenmiştir. H4 ampul çevresinde sıcaklık akım dağılımı ve Ra, Gr sayısı etkileri incelenmiştir.



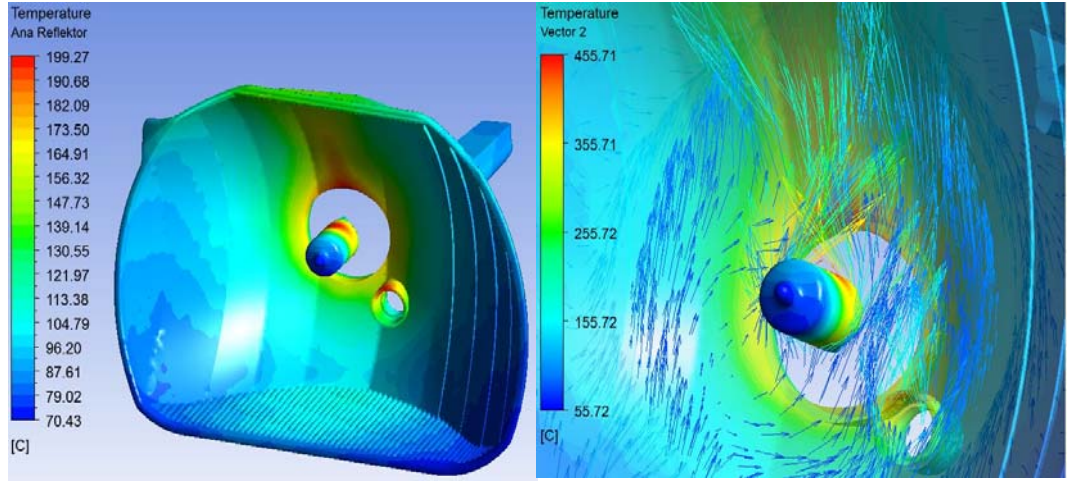
Şekil 4. 15.a) H4 ve W5W silindir ampul konumu, b) H4 ampulün W5W ampul açık durumunda sıcaklık akım resmi, c) Zhao ve Zhang (2000) aynı eksende olmayan doğal akış

W5W ampulünün kapatılması sonucu Şekil 4.15 (a)'da görülen W5W ampulden kaynaklanan sıcaklık akımı Şekil 4.15 (b)'de açık bir şekilde görülmektedir. Bu sonuç aynı zamanda Zhao ve Zhang (2000) çalışmasında elde edilen düzensiz silindir grubu üzerinden doğal akış profilini doğrulamaktadır. W5W'nun kapatılması Ra sayısını 12904'den 12813'e, Gr değeri ise 18822'den 18813'e geriletmiştir. Bu düşüş yerel Nusselt sayısına da yansımıştır. Şekil 4.16'da W5W kapalı haldeyken ve açık halde iken elde edilen yerel Nu sayısı dağılımı görülmektedir.



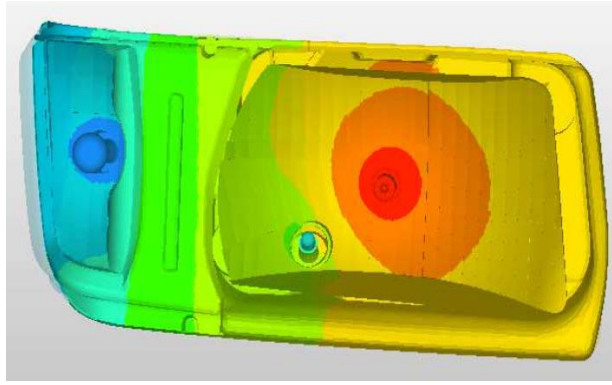
Şekil 4.16.H4 silindir ampul üzerinde W5W silindir ampul kapalı ve açık durumuna göre yerel Nu değişimi

H4 ampulü ısı transferi açısından incelediğimizde ısının doğal taşınım ile direk olarak ampulün üst bölgesinde bulunan far bileşenine ulaştığı tespit edilmiştir. Bu nedenle bu bileşenin malzemesinin, yüksek sıcaklık dayanımına sahip olması gerekmektedir. Genel itibari ile bu bileşen, ampulün monte edildiği reflektör bileşenidir. Reflektör malzemesinin sıcaklık dayanımı bu veriler ışığında büyük öneme sahiptir. Şekil 4.17 (b)'de görüldüğü üzere H4 ampul üzerinden doğal taşınım ile yayılan ısı öncelikle ampulün tam üst kısmına gelen bileşene çarpmaktadır. H4 ampulden çıkan sıcaklık vektörleri incelendiğinde sıcaklığın, vektörlerin reflektörü kestiği alan içinde maksimuma ulaştığı tespit edilmiştir. Şekil 4.17 (c)'de Ahuja ve Wakchaure (2012) çalışmasında reflektörde aynı bölgenin yüksek sıcaklıktan etkilendiği tespit edilmiştir.



a)

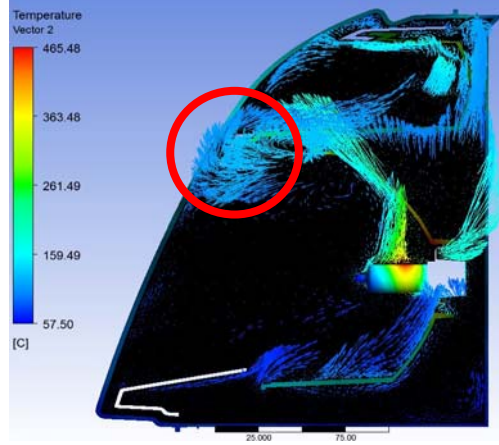
b)



c)

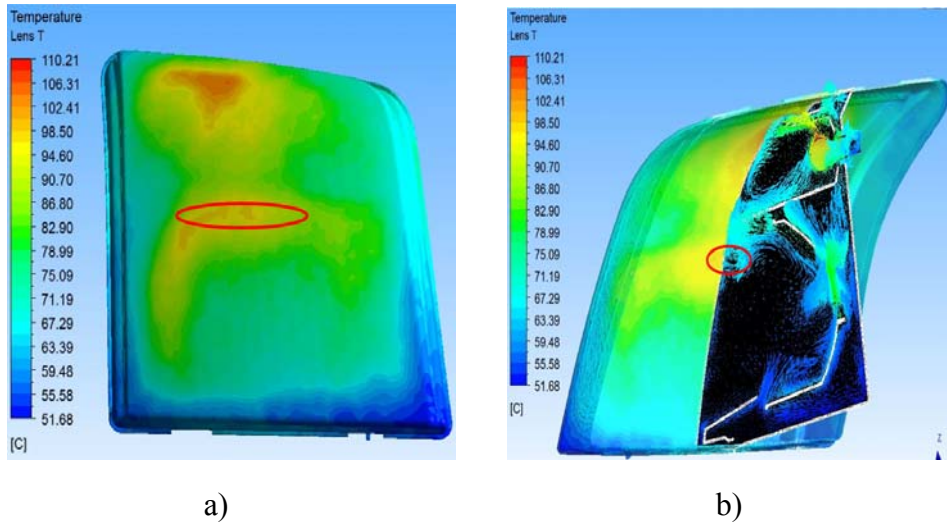
Şekil 4.17. a)H4 ampul ve ana reflektor sıcaklık dağılımı b)Ana reflektor üzerinde oluşan sıcak bölgeye H4 ampulden olan ısı akışı c) Ahuja ve Wakchaure (2012)

Sıcaklık vektörleri, reflektöre çarptığı noktadan sonra reflektörün formuna bağlı olarak yön değiştirmektedir. H4 ampülü üzerinden doğal taşınım ile yayılan sıcaklık, reflektör üst sınırından duvar üzerinden akarak lense ulaşmaktadır. Lens üzerindeki sıcaklığın belli miktarının ısı taşınımı ile gerçekleştiği tespit edilmiştir. Şekil 4.18’de sıcak havanın reflektör üzerinden lense nasıl ulaştığı görülmektedir.



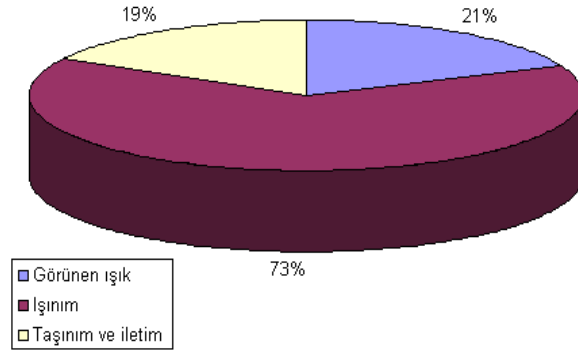
Şekil 4. 18. Uzun hüzmeye (H4) ampul kaynaklı doğal taşınım ile ısı transferinin lens üzerine etkisi

Şekil 4.18’de görülen kesitte H4 ampul kaynaklı iç havada maksimum 465°C’lik bir hava oluşmaktadır. 261°C sıcaklıktaki sıcak hava reflektör yüzeyine çarpmaktadır. Reflektör yüzeyini ısıtan hava, reflektör üst duvarı üzerinden akarak yaklaşık 57 °C’lik havayı lense taşımaktadır. Şekil 4.17 ve 18’den de anlaşılacağı üzere reflektör üzerindeki sıcaklığın ana sebebi doğal taşınım olan ısı transferidir. Doğal taşınım ile yayılan ısının az bir miktarı lens üzerinde toplanmaktadır. Bu sonuçlar Wulf (1998)’in yaptığı çalışma ile uyumludur. Ayrıca analizlerde ve tasarımlarda reflektör üst hizasında lens üzerinde oluşan sıcaklığın bir sebebinin de taşınım olduğunu göstermektedir. Şekil 4.19 (b) sıcak havanın lense çarptığı bölgeyi ve lens sıcaklık dağılımında etki ettiği bölgeyi göstermektedir.



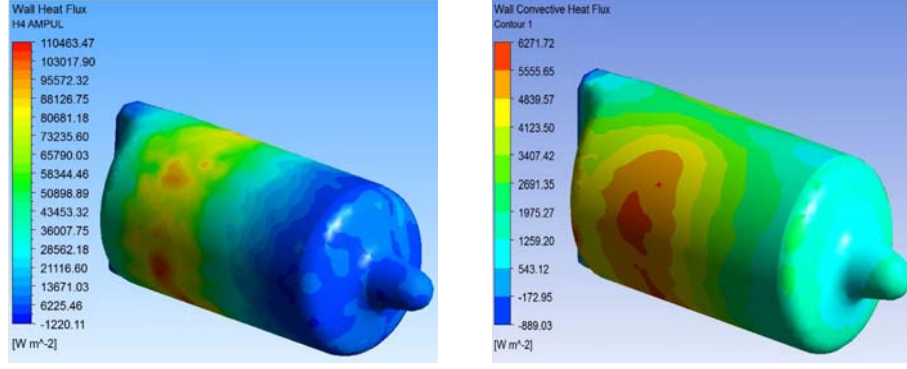
Şekil 4. 19. a) Lens üzerinde H4 kaynaklı doğal taşınım ile oluşan sıcak bölgeler b) H4 kaynaklı sıcak iç havanın lense taşınımı

Bu durumda dikkat edilmesi gereken lens üzerine giden taşınım miktarının belirlenmesidir. Lens bileşeni görsel ve estetik parça olduğu için deformasyonu halinde ilk göze çarpan parçadır. Bu verilerin belirlenmesi için H4 ampulünden çevreye gerçekleşen toplam ısı transferi miktarını, taşınım ve ışınım miktarı analizi kapsamında incelenmiştir. Taşınım dışında far içinde ışınım ile ısı transferi olduğu halojen ampuller üzerine yapılan çalışmalar da sabittir. Şekil 4.20’de görülen değerlere göre ışınım miktarının taşınım ve iletme oranla oldukça büyük olduğu görülmektedir. Bu bilgiler ışığında H4, PY21W ve W5W ampullerinden olan iç hacimde gerçekleşen taşınım, ışınım ile olan ısı transferi miktarları incelenmiştir.



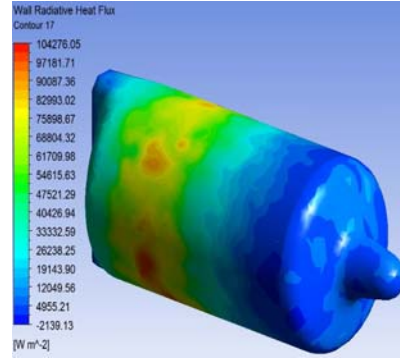
Şekil 4.20. Enkandesen ampuller için ısı transfer oranları

%73 gibi bir değeri ışımaya çeviren bir ampul için far içindeki ışınlama ile ısı transferinden büyük oranda bahsedilebilir. Işınım ile ısı transferinin kaynağı ampullerdir. Çevredeki far bileşenlerinin alüminyum kaplı olmasına göre ışınlama ile ısı transferi far içinde bileşenlere göre farklı değerler alabilir. Ayrıca Al kaplı malzemeler ışınlama ile ısı transferi miktarını oldukça arttırmaktadır.



a)

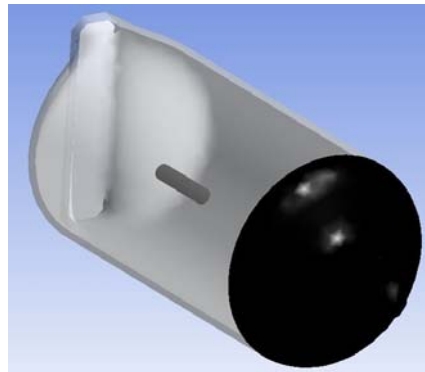
b)



c)

Şekil 4.21 H4 ampulden çevreye olan a) Toplam ısı tranferi b) Taşınım ile olan ısı tranferi C) Işınım ile olan ısı tranferi

H4 ampul üzerinden far iç havasına olan ısı tranferi miktarlarında ışınımın, taşınım oranla çok yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu veri enkandesen ampuller için litaretürde verilen bilginin üzerinde bir orandır. H4 ampülü siyah tepecikli dediğimiz ampul tepesinde siyah yüzeye sahiptir.



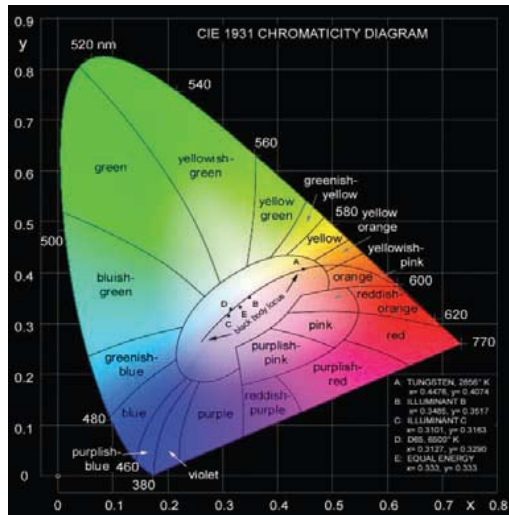
Şekil 4.22.H4 siyah tepecikli ampul

Siyah tepecik, ampulün tepesinin opak olmasına sebep olmaktadır. Opak yüzeylerde ışınım siyah yüzey ışınım miktarı en az olan yüzeydir. Opak bir yüzey için $\rho + \alpha = 1$ 'dir. Şekil 4.22'de de görüldüğü üzere siyah tepecik bölgesinde ışınım miktarı ampulün şeffaf yüzeylerine göre oldukça azdır. Siyah tepecikli ampuller ışınım ile ısı transferini özellikle lense yakınlık durumunda en aza indirmekte ve far içi sıcaklık problemlerinin çözümüne yardım etmektedir.

Araç aydınlatma elemanlarında kullanılan lens ve ısı kaynağı olan ampül arası mesafe lens üzerinde oluşabilecek yüksek sıcaklık riskine karşı ECE standartlarına göre optimize edilmiştir.

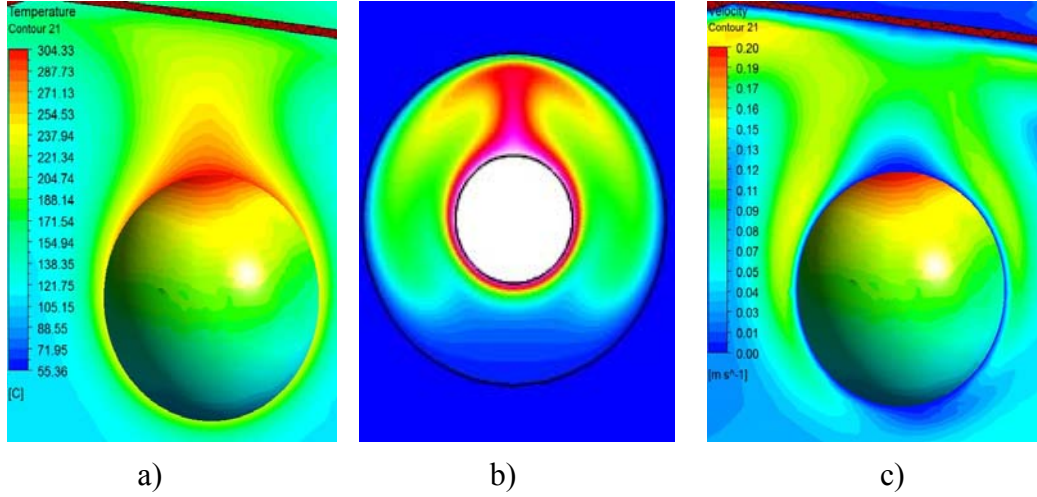
4.1.2. Sinyal fonksiyonu (PY21W) ısı transferi açısından incelenmesi

H4 ampulün haricinde far içinde sinyal fonksiyonu ampülü PY21W turuncu renkli ampul mevcuttur. Sinyal ampülün sıcaklık analiz sonuçlarından önce, renkli cama sahip olduğu için ışık geçirgenliği ve buna bağlı olarak ışınımla yapacağı ısı transferi miktarı az olacaktır. Optik anlamda ışık geçirgenliği %50 oranında düşen turuncu renk ampüllerin ısı geçirgenliği de belli oranda düşecektir. Turuncu renk ampul için fotometrik analizden gelen veriler ışığında ışık geçirgenlik oranı Şekil 4.23'den tespit edilir.



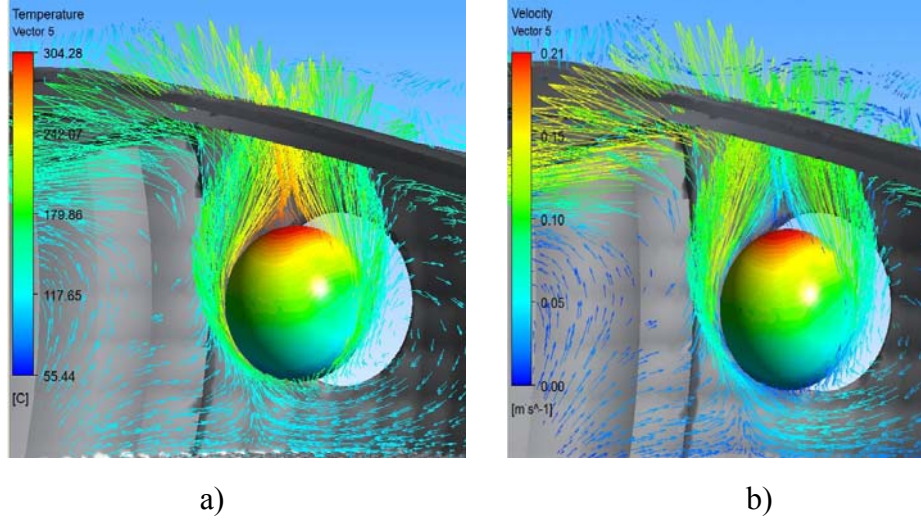
Şekil 4.23. Renkli ampüller için ışık geçirgenlik grafiği

Işık geçirgenliği beyaz ampüllere göre yaklaşık %50 daha az olan PY21W ampul ECE standartlarına göre test ve analizde 24 W güç çekmektedir. Sinyal fonksiyonu olarak uzun ve kısa hüzmeye göre daha küçük bir yansıtıcı yüzeyi reflektör olarak kullanan PY21W ampul, özellikle sinyal reflektörüne etki etmektedir. Sinyal reflektör malzeme seçimini birinci düzeyde etkileyen ampul, lens üzerine de ışınım yoluyla etki etmektedir.



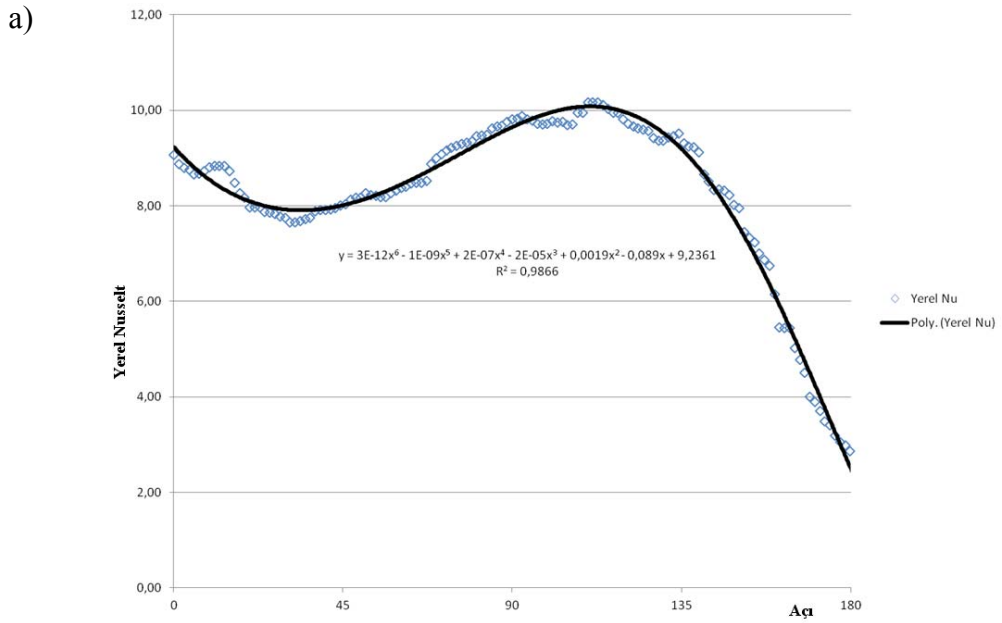
Şekil 4.24.PY21W ampul için bölgesel dağılım a) Sıcaklık dağılımı b) Wang ve ark. (2009) b) dağılımı

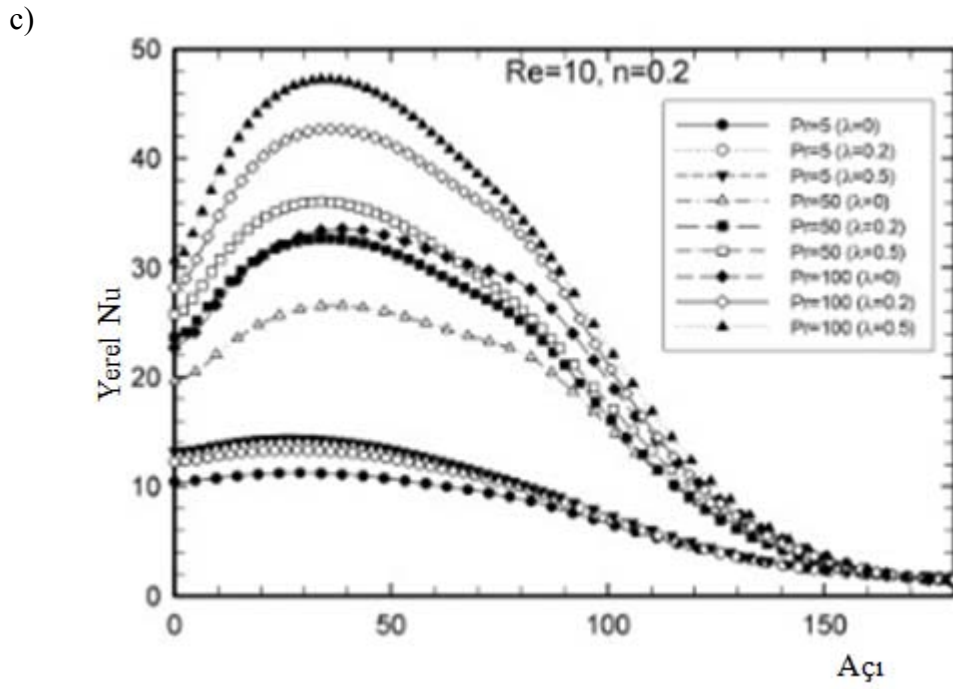
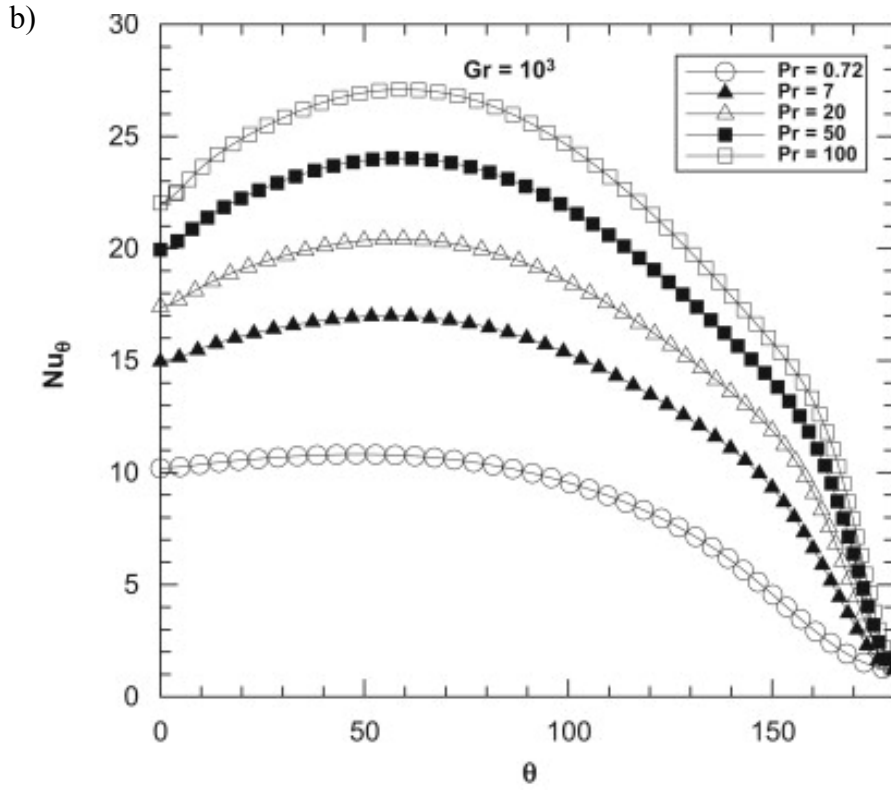
H4 ampulün aksine PY21W ampullerde basit geometri olarak küre alınmaktadır. Küre üzerinden doğal akış kabulünde Şekil 4.24 (a) sıcaklık dağılımı, (b) ile karşılaştırıldığında geometriden gelen bir simetri bozulmasının olduğunu simetriye yakın bir sıcaklık yayılımı izlendiği tespit edilmiştir. Ra sayısı için eşitlik 3.63 Nusselt sayısı için ise eşitlik 3.64 temel alınmıştır. Ra sayısı H4 ampulde olduğu gibi yüzey sıcaklığının maksimum olduğu noktada ortaya çıkmıştır. Bunun nedeni de T_{∞} değerinin iç hacimdeki havanın ortalama sıcaklığı olarak alınmasıdır. T_{∞} değeri gibi T_y değerinde ortalama yüzey sıcaklığı alınması durumunda ortalama Ra sayısı tespit edilmiştir. T_{∞} ve T_y değerlerinin ortalama değerleri için elde edilecek ortalama Ra sayısı 44230, Grashof sayısı 64381 olarak tespit edilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen Ra sayısı değeri PY21W ampul çevresinde de doğal taşınımın söz konusu olduğunu göstermiştir. $Ra < 10^9$ Far içindeki ampul kaynaklı sıcak havanın hareketi vektörel olarak Şekil 4.25’de verilmiştir. Vektörlerin yönü ve havanın hız değerleri doğal taşınımı göstermektedir.



Şekil 4.25. PY21W ampul etrafından sıcak havanın a) Hız vektörleri b) Sıcaklık vektörleri ile gösterimi

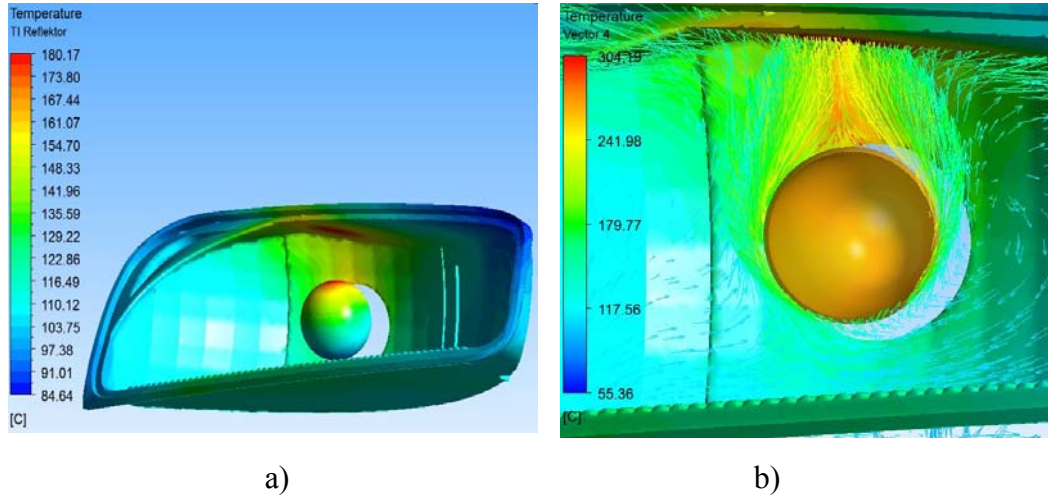
Analiz sonucunda hesaplanan Ra sayısı ve 0-180° aralığında dağılımı Şekil 4.25’de verilmiştir. Sinyal fonksiyonu PY21W ampulün çevresinde hesap edilen Rayleigh sayısına göre taşınım, H4 ampulde olduğu gibi doğal taşınımdır.





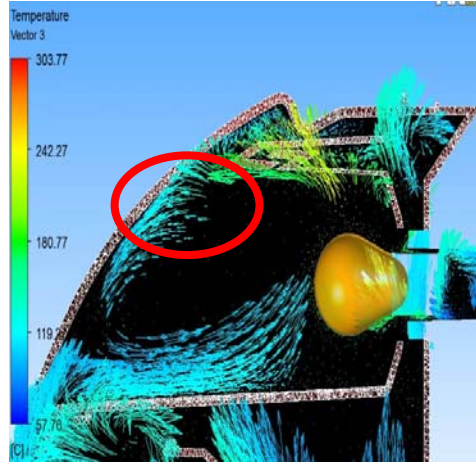
Şekil 4. 26.a) Analiz sonucu silindir çevresinden açığa bağlı yerel Nu sayısı dağılımı b) Okada ve ark. (2002) c) Song ve ark. (2012)

Şekil 4.26 (a) incelendiğinde Okada ve ark (2002) çalışması (b) ile tam olmayan bir benzerlik içinde olduğu görülmüştür. (a)'da grafik başlangıcı Nusselt sayısındaki azalma ve artma bölümü Okada ve ark. çalışmasında görülmemektedir. Bunun nedeninin incelenen ampulün tam bir küre olmaması ve ampul içindeki ısı kaynağı filamanın ekseninin kayık olması gibi parametrelere bağlı değişiklik olabileceği düşünülmüştür. Buna ek olarak Şekil 4.26 (c)'de Song ve ark. (2012) çalışmasında küre etrafında zorlanmış taşınımına ait Nusselt dağılımı mevcuttur. Her iki şekilde de düşme eğilimi yakalanmıştır. Şekil 4.26 (c)'nin yerel Nu yükselme ve düşme eğilimi çalışmaya daha yakın görülmüştür. Bunun nedeninin H4 ampulünden gelen hava akımının PY21W ampul üzerinde zorlanmış taşınımı oluşturması olabileceği belirlenmiştir. Uzun hüzmeye fonksiyonu gibi sinyal fonksiyonu da doğal taşınım ile ısı transferi yaparken reflektör ve lens üzerinde sıcaklık oluşturmaktadır. Reflektör üzerinde oluşan sıcaklık doğal taşınım sebebiyle ampulün üst tarafına denk gelen bölgede oluşmaktadır.



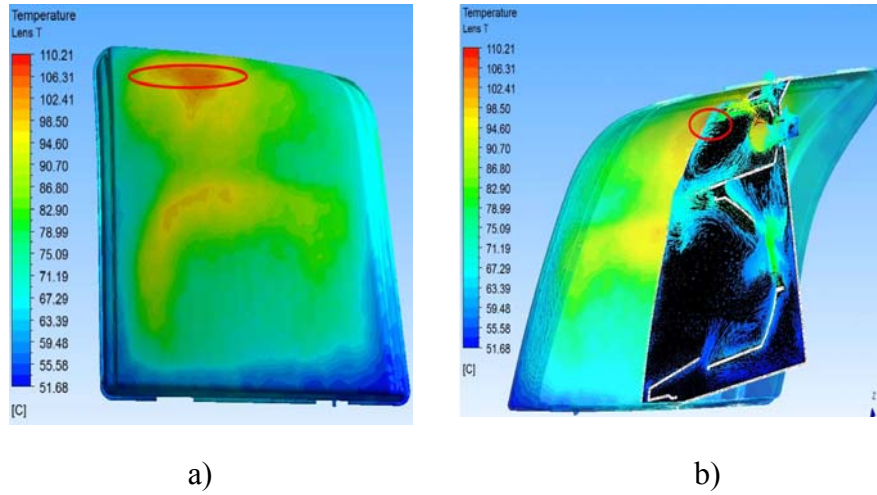
Şekil 4.27.a)PY21W ampul ve sinyal reflektörü sıcaklık dağılımı b)Sinyal reflektörü üzerinde oluşan sıcak bölgeye PY21W ampulden olan ısı akışı

Şekil 4.27 (b)'den de görüleceği üzere doğal taşınım sonucu ampulün ürettiği sıcaklık doğrudan reflektörde toplanmaktadır. Tasarım anlamında sinyal reflektörünün uzun ve kısım hüzmeye reflektörlerine nazaran dar tasarlanması ampul üst noktası ile reflektör üst yüzeyinin birbirine çok yakın olmasına yol açmaktadır. ECE standartlarına göre test aşamasında 24 W gibi bir güç çekmektedir. Uzun ve kısa hüzmeye fonksiyonlarına nazaran daha az güç çeken sinyal fonksiyonu buna rağmen sinyal reflektörü üzerinde sıcaklık açısından riskli bölge oluşturmaktadır.



Şekil 4.28.Sinyal fonksiyonu (PY21W) ampul kaynaklı doğal taşınım ile ısı transferinin lens üzerine etkisi

H4 ampul gibi PY21W ampulden de lens üzerine doğal taşınım ile olan ısı transferinin bir miktarıda lens üzerine toplanmaktadır. Yine aynı H4 ampulünde olduğu gibi ampul tarafından ısıtılan sıcak havanın yüksek sıcaklıkta olan bölümü sinyal reflektörüne çarpmaktadır. Hava reflektöre yaklaşık 200°C ile çarpmaktadır. Hava lense 57°C gibi düşük bir sıcaklıkla çarpmaktadır. Bu veriler ışığında lenste oluşan 110 °C'lik sıcaklığın taşınım ve ışınım ile olduğu belirlenmiştir.

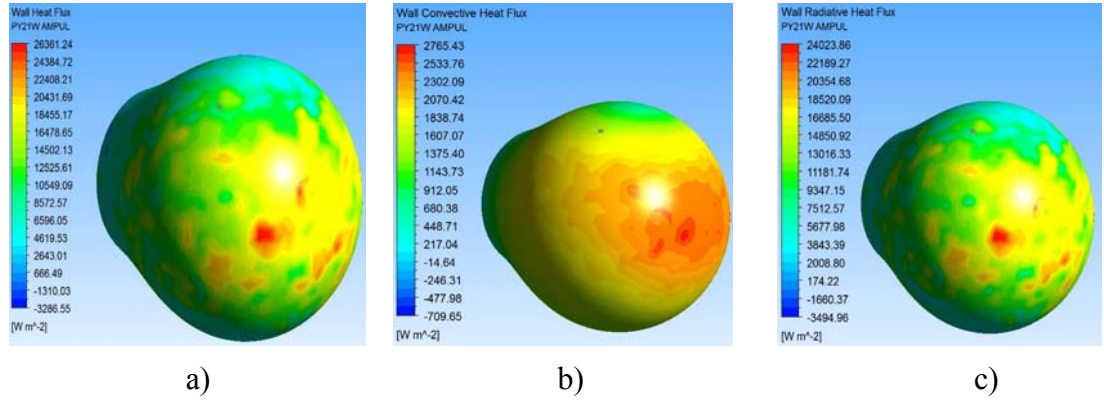


a)

b)

Şekil 4.29.a)Lens üzerinde PY21W kaynaklı doğal taşınım ile oluşan sıcak bölgeler

Çevresinde doğal taşınım gerçekleşen PY21W ampulden gerçekleşen toplam taşınım ve ışınım transfer miktarları tespit edilmiştir. Şekil 4.30'da PY21W ampul üzerinden olan toplam ısı transferi miktarı ve taşınım, ışınım yoluyla gerçekleşen ısı transfer değerleri görülmektedir.

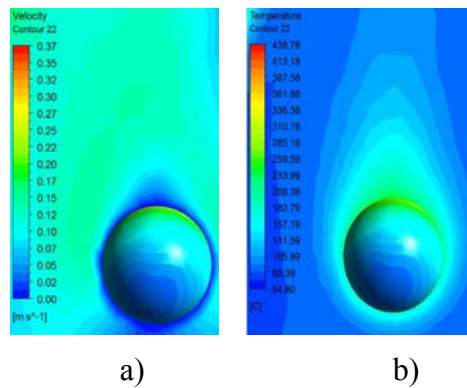


Şekil 4. 30.PY21W ampulden a)Çevreye olan toplam ısı transferi miktarı b)Taşınım ile olan ısı transferi miktarı c)Net ışınlama ile ısı transferi miktarı

PY21W ampülün ısı transferi bakımından incelenmesi sonucu ampulden H4 ampülü gibi doğal taşınım yoluyla ısı transferinin yanı sıra büyük oranda ışınlama ile ısı transferi olduğu görülmüştür.

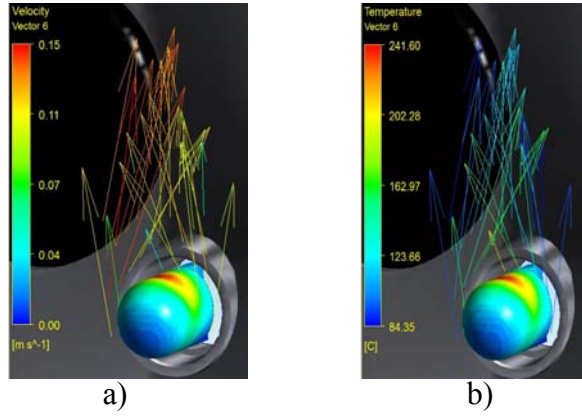
4.1.3. Pozisyon fonksiyonu (W5W) ısı transferi açısından incelenmesi

Ön far içinde son olarak pozisyon fonksiyonu için kullanılan W5W ampülü incelenmiştir. W5W ampülü ECE standartlarına göre test ve simulasyon şartlarında 6W güç çekmektedir. W5W ampülü için H4 ampülde olduğu gibi yatay silindirik basit geometrisi kabul edilmiştir. Far içinde ürettiği sıcaklık ve sistemden çektiği güç ile en zayıf ampül olan W5W far içinde yerleştirme konumuna göre sıcaklık problemlerine sebep olmaktadır. Genelde konumlandırıldığı bölgede çevre malzemelere yakınlığından dolağı kaplama kalkması gibi estetik problemlere neden olmaktadır. W5W ampülü için ampül dip bölgesinden olan ısı transferi kaplama kalkma problemi nedeniyle önem kazanmıştır.



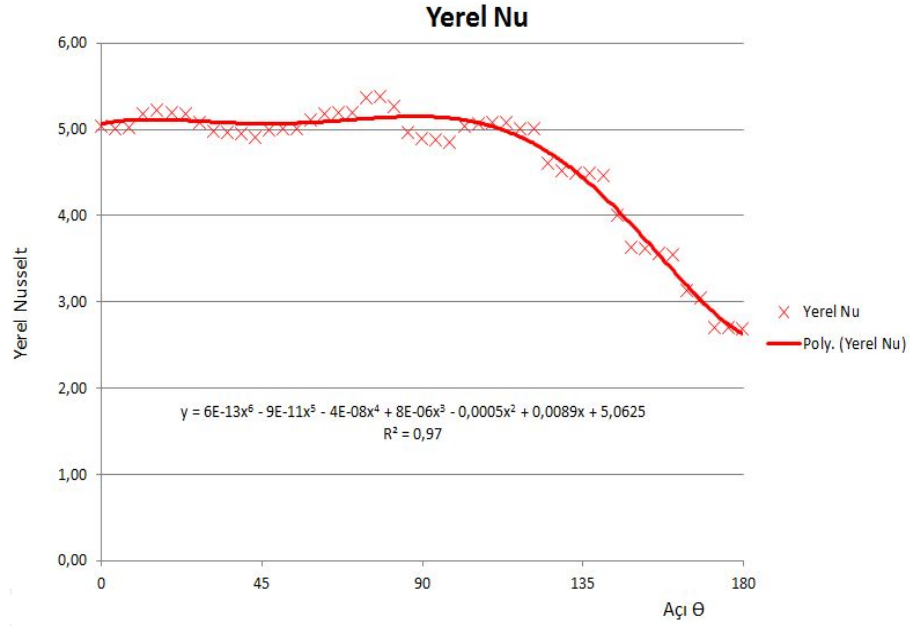
Şekil 4. 31.W5W ampul için bölgesel dağılım a) Hız dağılımı ve b) Sıcaklık dağılımı

W5W ampul yatay silindir üzerinden doğal taşınım şartları kabul edilmiştir. Yatay silindir üzerinden doğal akış kabulünde Ra sayısı için eşitlik 3.63 Nusselt sayısı için ise eşitlik 3.64 temel alınmıştır. Ra sayısı H4 ampulde olduğu gibi yüzey sıcaklığının maksimum olduğu noktada ortaya çıkmıştır. Bunun nedeni de T_{∞} değerinin iç hacimdeki havanın ortalama sıcaklığı olarak alınmasıdır. T_{∞} değeri gibi T_y değerinde ortalama yüzey sıcaklığı alınması durumunda ortalama Ra sayısı tespit edilmiştir. T_{∞} ve T_y değerlerinin ortalama değerleri için elde edilecek ortalama Ra sayısı 6857'dir. Ortalama Gr sayısı 9982 olarak tespit edilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen Ra sayısı değeri W5W ampul çevresinde de doğal taşınımın söz konusu olduğunu göstermiştir. $Ra < 10^9$. Far içindeki W5W ampul kaynaklı sıcak havanın hareketi vektörel olarak Şekil 4.32'de verilmiştir.



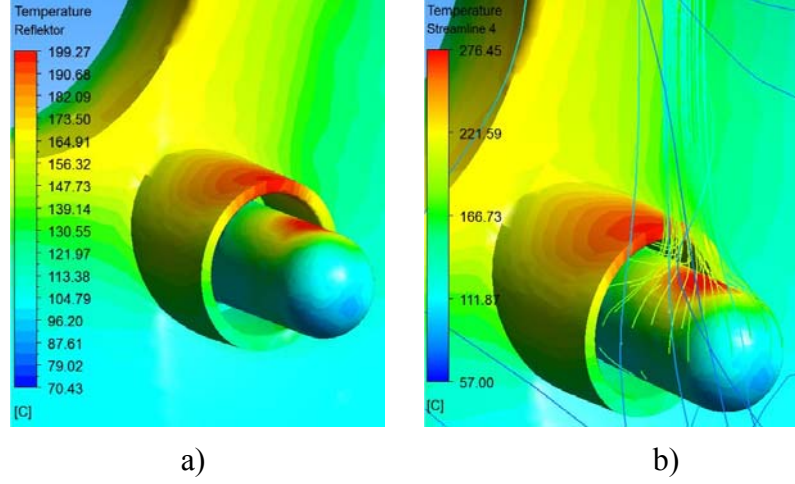
Şekil 4.32. W5W ampul etrafından a) Sıcak havanın akış hız vektörleri b)Havanın sıcaklık dağılım vektörleri

Analiz sonucunda hesaplanan Ra sayısı ve 0-180° aralığında dağılımı Şekil 4.33'de verilmiştir. Pozisyon fonksiyonu W5W ampulün çevresinde hesap edilen Rayleigh sayısına göre taşınım H4 VE PY21W ampulde olduğu gibi doğal taşınımdır. W5W ampul etrafında yerel Nu sayısının açrya bağılı değişimi ise Şekil 4.33'de verilmiştir.



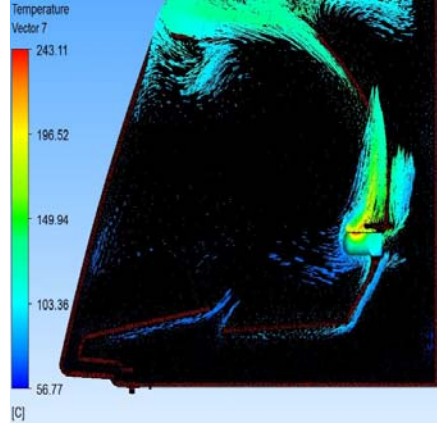
Şekil 4.33. Analiz sonucu silindir çevresinden açığa bağlı yerel Nu sayısı dağılımı

Yerel Nu sayısının dağılım grafiği literatürde yapılmış doğal taşınım çalışmalarını doğrulamıştır. Pozisyon fonksiyonu için uzun hüzme ve sinyal fonksiyonu gibi reflektör için sıcaklık bakımından büyük problem teşkil etmemektedir. Gerek çektiği gücün düşüklüğü ve gerekse reflektör sınırlarından uzaklığı buna sebeptir. Fakat W5W ampülün ana reflektör içinde konumlandırıldığı bölge incelendiğinde pozisyon fonksiyonu için bazı tasarım kriterleri getirmek gerekmektedir. Öncelikli kriter doğal taşınım etkisinden dolayı yukarı yönlü olan sıcak hava hareketi, direk Şekil 4.34'de görülen ampul yuvasının üst bölgesine vuracağı için ampul filamanının yuvarın dışında kalacak şekilde tasarlanması, oluşacak sıcaklık problemlerinin önüne geçecektir.



Şekil 4.34.a)W5W ampul ve ana reflektör sıcaklık dağılımı b)Ana reflektör üzerinde oluşan sıcak bölgeye W5W ampulden olan ısı akışı

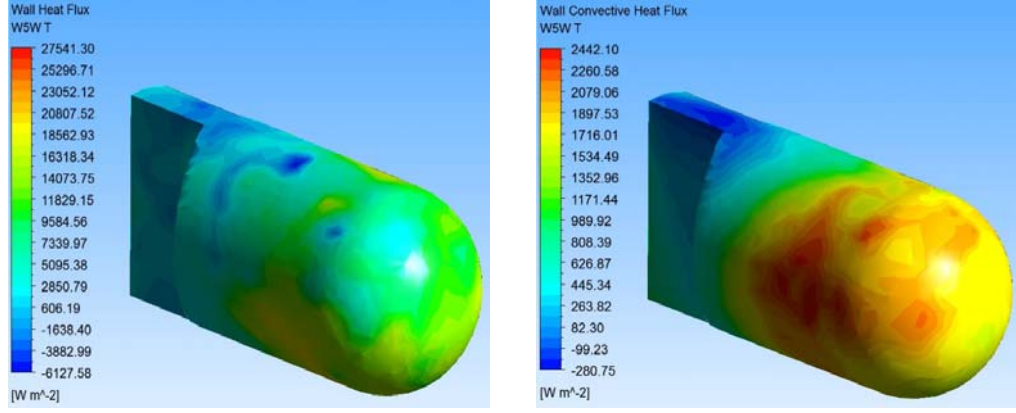
Şekil 4.33 b)'den de görüleceği üzere doğal taşınım sonucu ampulün ürettiği sıcaklık doğrudan ana reflektörde pozisyon fonksiyonun konumlandırıldığı yuvanın üst bölgesine doğru toplanmaktadır. Eğer W5W ampul filamanı yuvanın içinde kalacak şekilde tasarlanmış olursa yuva içindeki alüminyum kaplı yüzeyde ve malzemede deformasyon görülebilirdi. Pozisyon fonksiyonun ürettiği ısı ve çevreye yaydığı sıcaklık bakımından incelendiğinde reflektör ve far içindeki bileşenlere daha çok taşınım yoluyla ısı taşımakta olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.35.Pozisyon fonksiyonunun (W5W) doğal taşınım lens üzerine etkisi

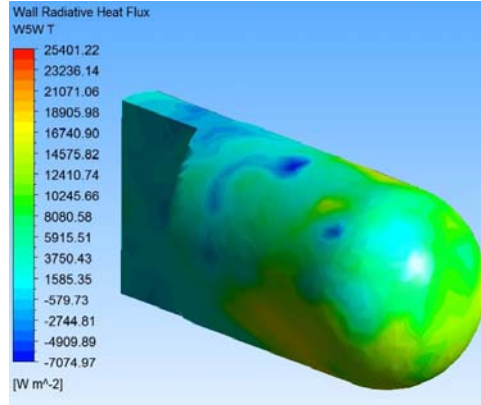
W5W pozisyon ampulünün lens üzerinde oluşturduğu ışınlım etkisi yok denecek kadar azdır. Şekil 4.35'den de incelendiğinde W5W ampül lens üzerinde olumsuz bir etki göstermektedir. Lens sıcaklık dağılımında W5W ampulün x yönünde karşı noktasında

sıcaklık dereceleri oldukça düşüktür. W5W ampulün ışınım ve taşınım ile olan ısı transferi miktarları Şekil 4.36’da verilmiştir.



a)

b)



c)

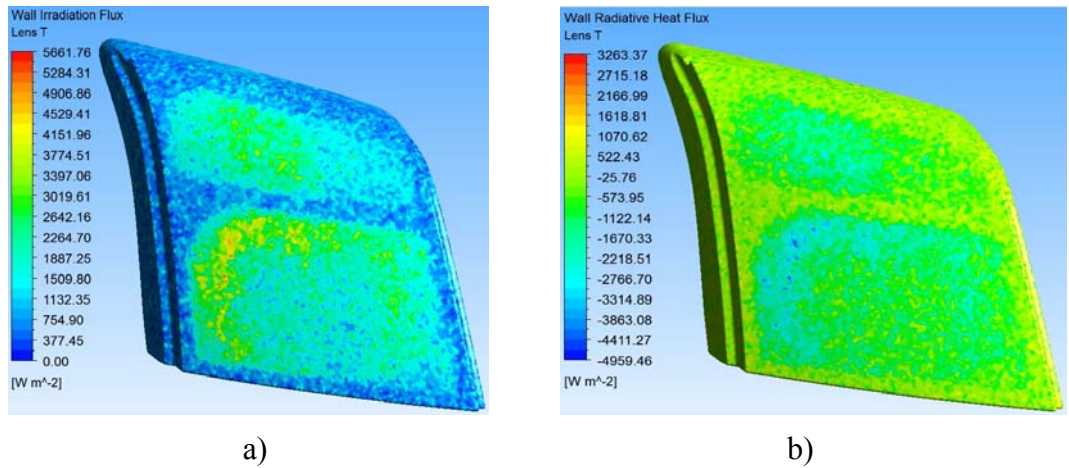
Şekil 4.36.W5W ampulden çevreye a)Toplam ısı tranferi miktarı b)Taşınım ile gerçekleşen ısı tranferi c)Net ışınım ile gerçekleşen ısı tranferi

Far içinde bulunan 3 ampulde ısı tranferi açısından incelenmiştir. Her üç ampulden gerçekleşen toplam ısı tranferi miktarı $110463,47 \text{ W/m}^2$ olarak tespit edilmiştir. Toplam ısı tranferi miktarının içinden $104276,05 \text{ W/m}^2$ lik miktar ışınım ile, $6271,72 \text{ W/m}^2$ kısmı ise doğal taşınım yoluyla far içine yayılmaktadır. Üç ampulün ürettiği bu ısı far içinde bulunan reflektör, estetik çerçeve, gövde ve lens üzerinde birikmekte ve sıcaklık problemlerine sebep olmaktadır. Far içinde alüminyum kaplı reflektör yüzeylerinin bulunması, estetik çerçevvenin alüminyum kaplı olup, olmamasına göre far içindeki sıcaklık dağılımı direk olarak etkilenmektedir. Far içindeki sıcaklık dağılımı, ışınım, taşınım ve iletim bakımında incelenmiştir.

4.2. Örnek ön far analizinde far bileşenlerinin ısı transferi açısından sonuçları

4.2.1 Lens

Lens bileşeni estetik anlamda en önemli parçadır. Üzerine gelen ışınım ve taşınım miktarı lens üzerinde sıcak bölgeler oluşturmaktadır. Ampullerin ürettiği ısı enerjisi lens üzerinde ağırlıklı olarak ışınım ve azda olsa taşınım ile olmaktadır. Lens bileşeni gövdesi ile temas halinde olduğu için temas alanında iletimle ısı transferinin de gerçekleştiği tespit edilmiştir. Şekil 4.37'de lens üzerine gelen ışınım miktarı maksimum değerde $5661,76 \text{ W/m}^2$ olarak tespit edilmiştir. Lens üzerindeki sıcaklık dağılımının Wulf (1998) çalışmasına uygun olarak ampulün aksenal olarak karşındaki bölgede olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.37. a)Lens üzerine gelen ışınım ile ısı transferi miktarı b)Lens üzerinde net ışınım ile ısı transferi miktarı

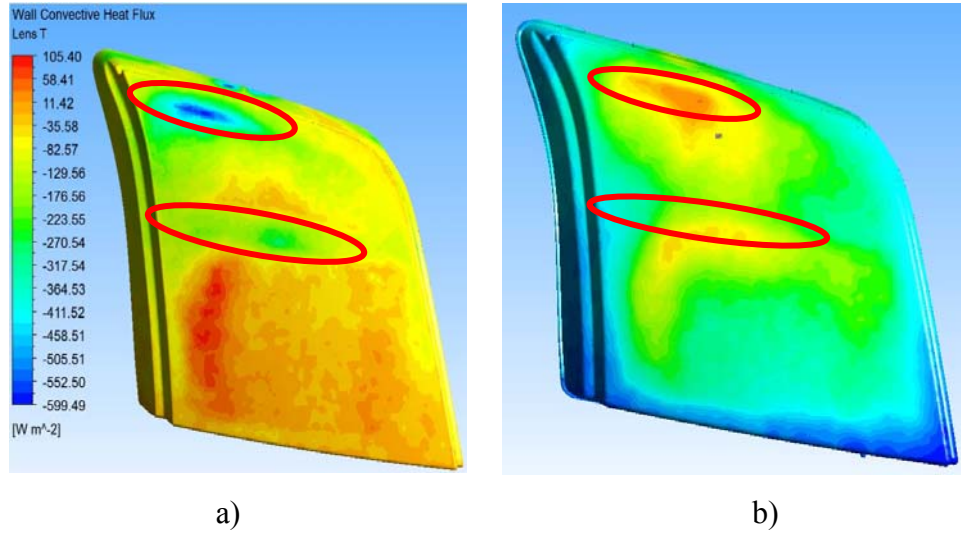
Bu değer reflektör, bezel gibi alüminyum ile kaplanmış malzemelerin ışık yayma katsayılarına bağlı olarak ve ampullerden direk olan ışınımı temsil etmektedir. Lens şeffaf bir yapıda olduğu için üzerine gelen ışınımın belli bir miktarını geçirmekte, belli bir miktarını yine çevreye vermektedir. Şekil 4.37 (b)'de lensten gerçekleşen net ışınım değeri mevcuttur.

$$\text{Net ışınım} = \text{Gelen ışınım} - \text{giden ışınım} \quad (4.1)$$

Eşitlik 4.1'e göre gelen ışınım her zaman pozitif değerdedir. Net ışınım değerine göre parçanın şeffaf ya da yansıtıcı yüzey olduğu tespit edilebilmektedir. Lens için eşitlik 4.1 yardımıyla inceleme yapıldığında lensin üzerinde net ışınım miktarının negatif yönlü olduğu görülmüştür. Negatif değer, giden ışınımın fazla olduğunu göstermektedir. Pozitif değerler Şekil 3.37 (b)'de görüldüğü gibi noktasal boyuttadır. Bu nedenle lensin $4959,46 \text{ W/m}^2$ net ışınımı olduğu yani gelen enerjinin çoğunu geçirdiği görülmüştür. Giden ve gelen ışınım miktarları arasındaki oran dikkate alınırsa lens için %88'lik bir geçirme oranı söz konusu olmaktadır. Bu oran üretici firmanın lens malzemesi için verdiği optik değerlere uygundur.

Optik analizlerde şeffaf PC malzemesi için ışık geçirgenliği %90 olarak alınırken, malzeme üreticisi bu oranı %88-90 olarak vermektedir. Lens üzerinden net olan ısı transferi miktarında negatif değer $4959,46 \text{ W/m}^2$ dir. Bu da lensin üzerine gelen ışınım miktarının gelip, belli bir kayıp oranında çıktığını göstermektedir. Lense gelen ve net ışınım oranları oranlandığında %88 bulunmaktadır. Bu da üretici firma verilerinin kanıtlamaktadır. Lens daha fazla far iç bileşenlerinden ışınım ile ısı almaktadır. Negatif değerlerin daha fazla alanda etkili olduğu görülmektedir. Renk skalasında yeşil renk ağırlığının olması lensin daha çok far iç ortamdan ışınım ile ısı aldığını ispatlamaktadır.

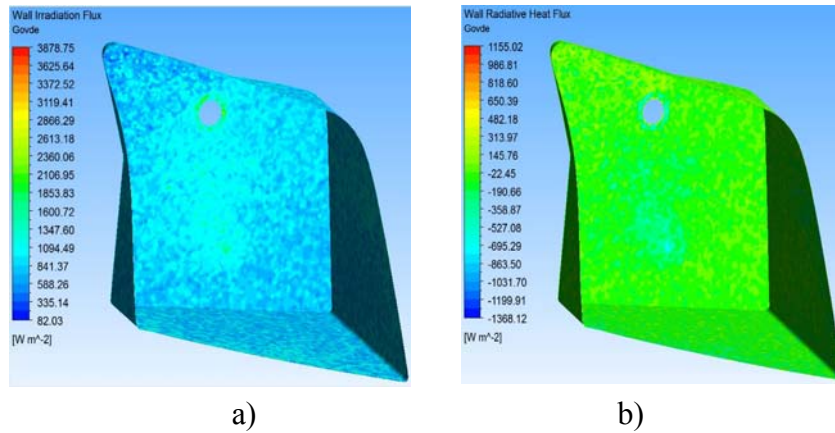
Şekil 4.38'de lens üzerine olan ve lens üzerinden gerçekleşen taşınım ile gerçekleşen ısı transferi değerleri görülmektedir. Renk skalasına dikkat edilecek olursa ampullerin incelenmesi sırasında ampullerden gerçekleşen (H4,PY21W) doğal taşınım ile ısı transferinde lense etki eden sıcaklık akış çizgilerinin lense çarptığı bölgelerde taşınım ile ısı transferi değeri negatif yönlüdür. Yani lens üzerine dışarıdan taşınım gerçekleştiği karşılaştırmalı olarak gözlenmektedir.



Şekil 4.38.a) Lens üzerine taşınım ile gelen ısı b) Doğal taşınım ile lens üzerinde oluşan sıcak bölgeler

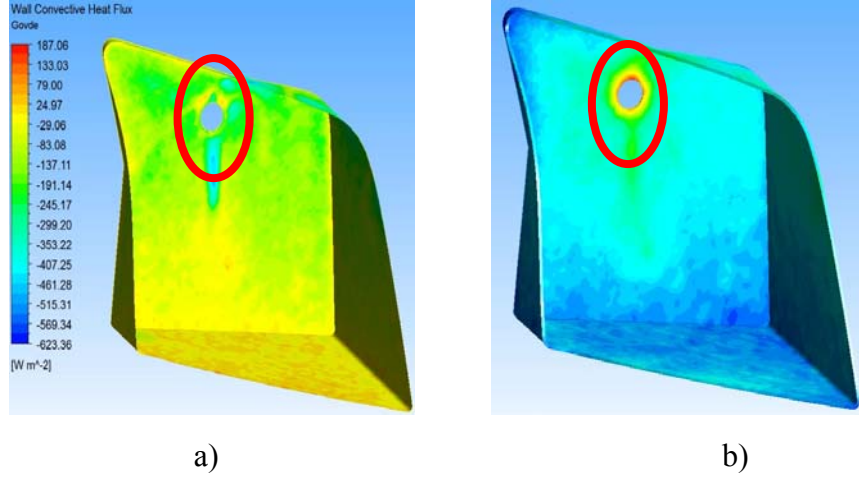
4.2.2.Gövde

Gövde malzemesi siyah renkli bir malzemedir. Siyah yüzeyin ışınım neşretme katsayısı 1'e en yakın değerdir. Bu yüzden üzerine absorbe edeceği ısı miktarının fazla olacağı anlamına gelmektedir. Gövde üzerinde doğal taşınım ve ışınım üzerinden oluşacak ısı transferi miktarları incelenmiştir. Gövde malzemesinde sıcaklıklardan dolayı atıklık dediğimiz geometrinin bozulması gibi problemler baş göstermektedir. Gövde diğer bileşenleri dış etkilere karşı koruyan, taşıyıcı görev yapan önemli bir bileşendir. Bu yüzden geometri üzerinde oluşacak herhangi bir bozukluk gövdenin temas ettiği diğer bileşenlere olumsuz etkiler yapacaktır. Gövde üzerine olan ışınım ile transferi ve net ışınım miktarı şekil 4.39'da görülmektedir.



Şekil 4.39.a)Gövde üzerine ışınım ile ısı transferi b)Gövde üzerinde net ışınım miktarı

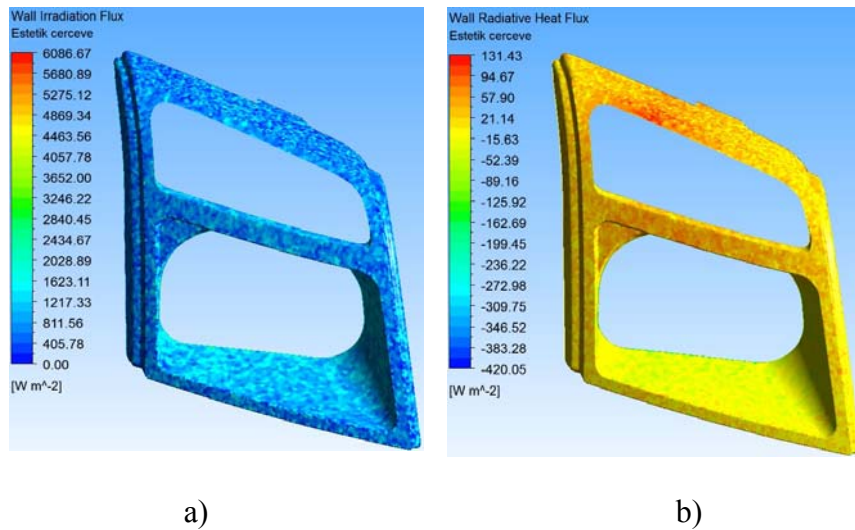
Yine gövde üzerinde net ışınlım oranına bakıldığında gövdenin siyah renginden dolayı iç hacime ışınlım yapmadığı, büyük oranda üzerine ısı soğurduğu tespit edilmiştir. Bu da teoride olan siyah cismin ışınlım yapmayacağını kanıtlamaktadır. Gövde üzerine olan taşınım ile ısı transferi miktarı şekil 4.40'da verilmiştir.



Şekil 4.40 a)Gövde üzerine taşınım ile gelen ısı b) Doğal taşınım ile gövde üzerinde oluşan sıcak bölgeler

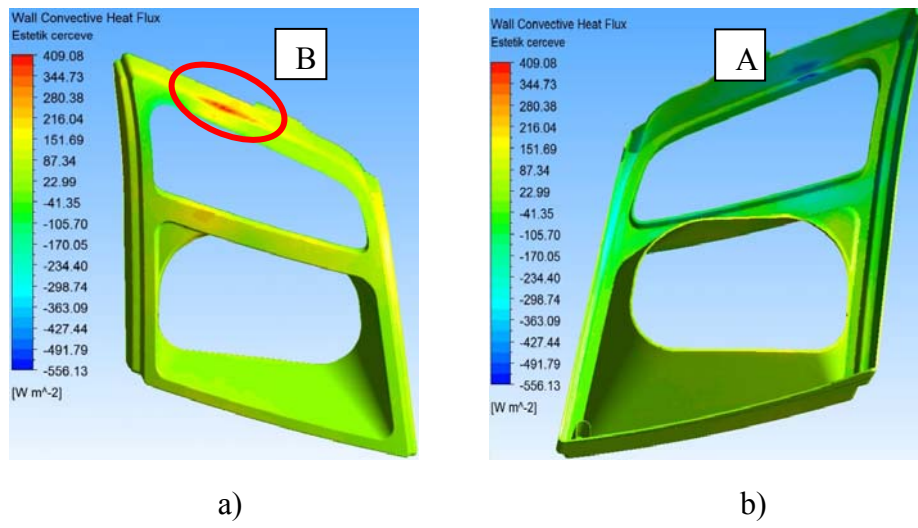
4.2.3.Estetik çerçeve

Estetik çerçeve parçası incelenen farda tamamen alüminyum kaplı durumdadır. Kaplı olmasından dolayı ışınlım yayma katsayısı 0.1 olarak alınmıştır. Estetik çerçeve adı üzerinde farın iç hacminde bulunan dışarıdan görüntüyü bozacak parçalara perde olan fara estetik görünüm katan parçadır. Estetik çerçeve üzerinde oluşacak sıcaklık problemleri, lens kadar önemlidir.

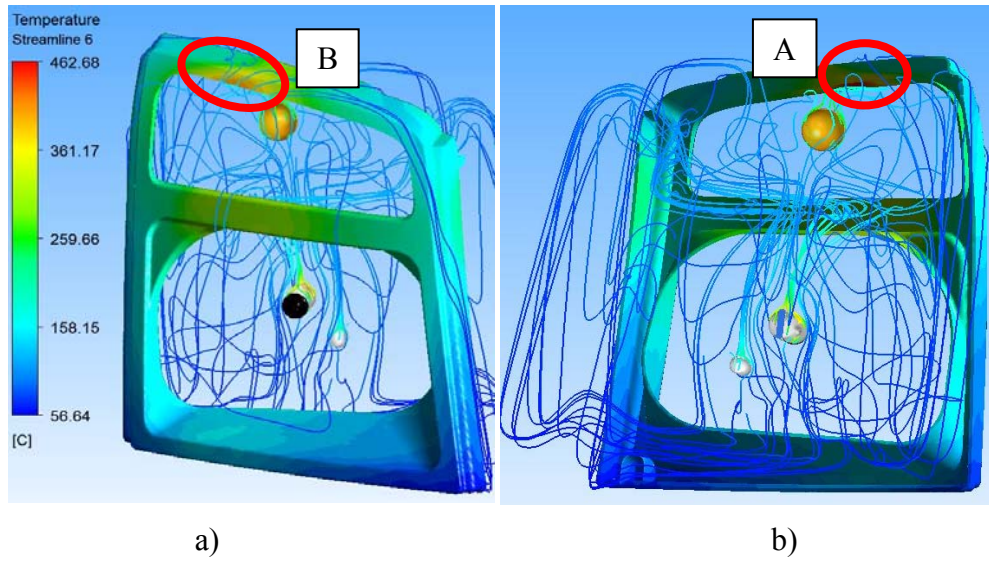


Şekil 4. 41 a) Estetik çerçeve üzerine gelen ışınlımla ısı tranferi miktarı b) Estetik çerçeve üzerinden olan net ışınlımla ısı tranferi miktarı

Şekil 4.41’de görüldüğü üzere estetik çerçeve üzerine gelen ışınım ile ısı transferi değeri 6086 W/m^2 ile 405 W/m^2 arasında değişmektedir. Renk dağılımı dikkatli incelendiğinde genel itibarıyla 2840 W/m^2 ve 405 W/m^2 aralığında birikmiştir. Şekil 4.41 (b)’de estetik çerçevede net ışınım miktarı verilmiştir. Net ışınım değerlerine incelendiğinde değerlerin negatif yönlü olduğu yani giden ışınım miktarının fazla olduğu görülmektedir. Bu da alüminyum kaplı estetik çerçevenin üzerine gelen ışınımın çok büyük bir kısmını çevreye yaydığını göstermektedir. Estetik çerçeve üzerinden gerçekleşen taşınım ile gerçekleşen ısı transferi değerleri Şekil 4.42’de verilmiştir.



Şekil 4.42 a)Estetik çerçeve üzerinden çevreye taşınım ısı tranferi (ön görünüş) b) Estetik çerçeve üzerinden çevreye taşınım ısı tranferi (arka görünüş)



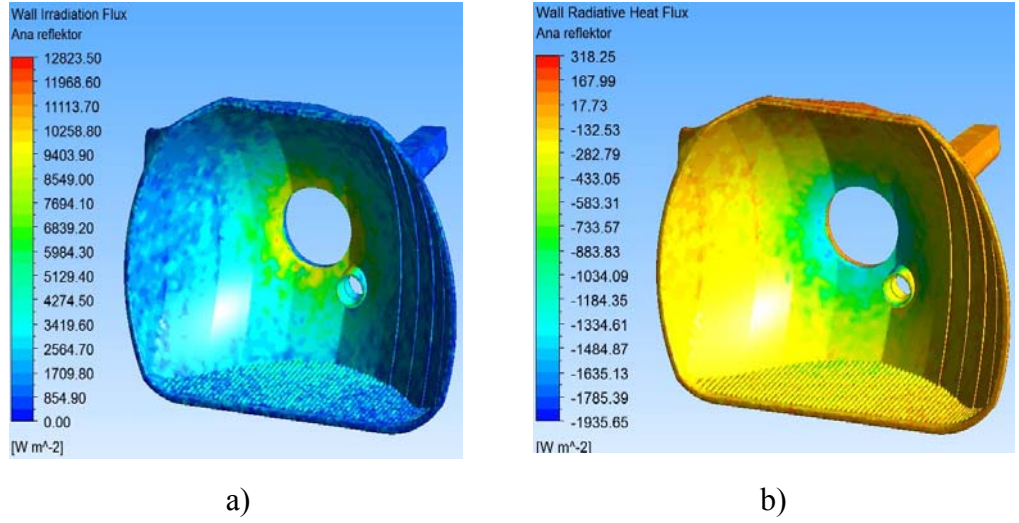
Şekil 4.43. Ampullerden estetik çerçeve üzerine gerçekleşen sıcak hava akışı a)Ön görünüş b)Arka görünüş

Şekiller incelendiğinde Şekil 4.42 (b)'de A bölgesinin dışarıdan taşınım ile ısı çektiği görülmektedir. Şekil 4.43 (b)'de ise bu bölgeye olan sıcak hava akışının yoğunluğu göze çarpmıştır. Bu yüzden bu bölge sıcak havadan etkilenen riskli bölgedir. Şekil 4.42 (a)'da B bölgesinde ise estetik çerçeveden dış havaya taşınım ile ısı transferi olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.43 (a)'ya baktığımızda bu bölgenin sıcak hava etkisi altında olduğu görülmüştür. Fakat sıcaklık anlamında bir sorun tespit edilmemiştir. Bunun nedeninin şekil 4.41 (b)'de aynı bölgeden gerçekleşen ışınlım olduğu tahmin edilmiştir.

4.2.4. Reflektörler

a) Ana reflektör

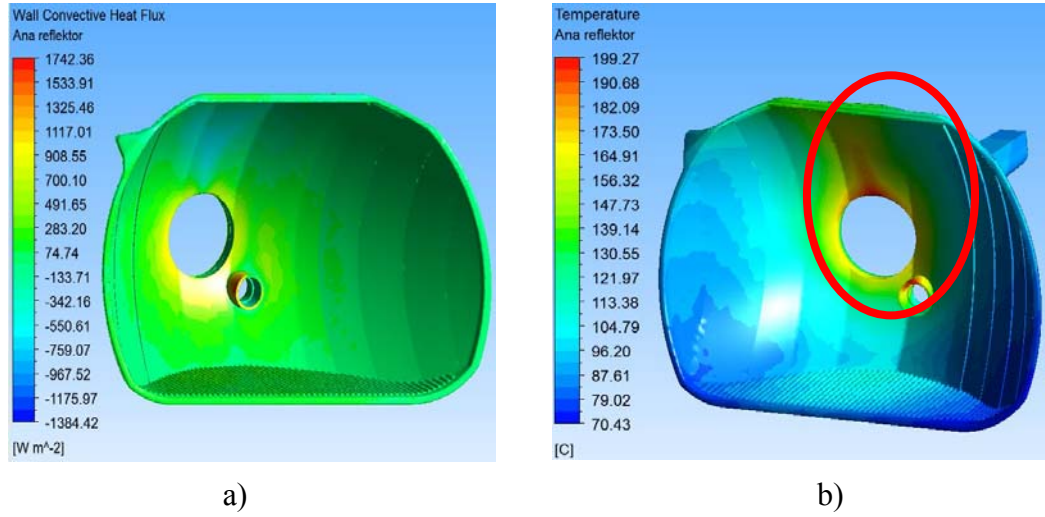
Reflektörler ışığın ana dağıtıcısıdır. Optik analizlerinden sonra uygun aydınlatmayı sağlayan parabol ve yansıtıcı yüzeyler reflektör üzerine işlenir. Reflektör ısı kaynağı olan ampullerin taşıyıcısı durumunda olduğu için sıcaklıktan en fazla etkilenen parçalardır. Malzeme seçimi önemli olan parçadır.



Şekil 4.44.a) Ana reflektör üzerine gelen ışınlım ile ısı transferi miktarı b) Ana reflektör üzerinden çevreye olan ışınlım ile ısı transferi miktarı

Şekil 4.44 (a)'da ısı kaynağı olan ampulden reflektöre gelen ışınlım oranı verilmiştir. Reflektörün yansıtıcı özelliğinden dolayı bu ışınlımın büyük miktarının iç ortamda lens ve diğer bileşenlere verilmesi gerekmektedir.

Daha önceden tahmin edildiği üzere ışınım yayma katsayısı 0.1 kabul edilen reflektör üzerine gelen ışınımın çok büyük miktarını dışarıya geri vermektedir. Renk skalasında pozitif değerlerin oldukça az olduğu görülmektedir. Şekil 4.44 (b) incelendiğinde ampulün yerleştirildiği yuvanın belli bir çapında yeşil renk hakim olduğu görülmüştür. Yeşil renk skalada negatif değer olduğu için bu bölgenin daha çok ışınım yaptığı tespit edilmiştir. Reflektör çevre sınırlarına doğru ise gelen ışınımın daha büyük olduğu anlaşılmıştır. Şekil 4.45 'de ise reflektör üzerinden gerçekleşen taşınım miktarı görülmektedir. Renk skalası ve şekil incelendiğinde genel anlamda reflektörden olan taşınım ile ısı transferinin küçük değerlerde olduğu görülmüştür. En yüksek taşınım değerleri ampul yuvasının çevresinde belirginleşmiştir Ahuja ve Wakchaure (2012).



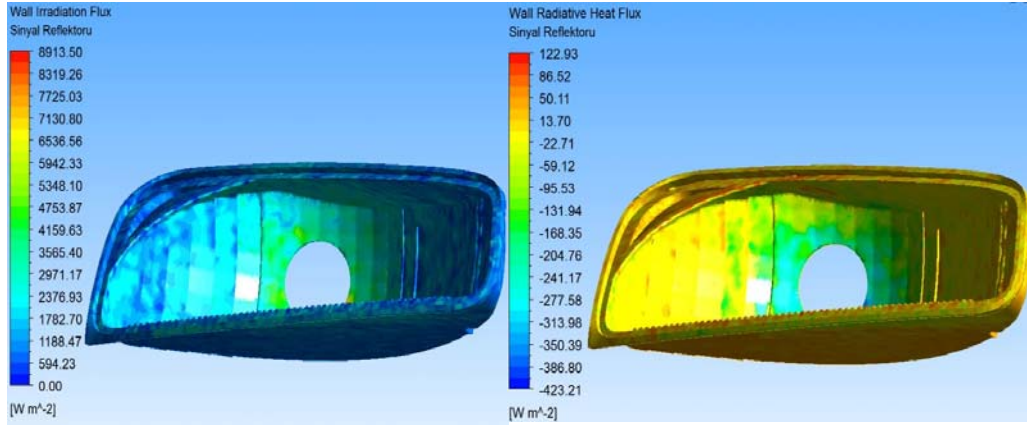
Şekil 4.45.a)Ana reflektör üzerinden taşınım ile olan ısı transferi miktarı b)Reflektör sıcaklık dağılımı

Şekil 4.44 (b)'de işaretli alanındaki sıcaklığı daha çok ışınım ile olan ısı transferinin arttırmakta olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.45 (a)'da W5W ampulünün yerleştirildiği yuvanın resme göre sol tarafında bulunan bölgenin ışınımı en fazla alan ve taşınım ile dışarı en yüksek ısı transferi yapan alan olduğu görülmüştür.

b) Sinyal reflektörü

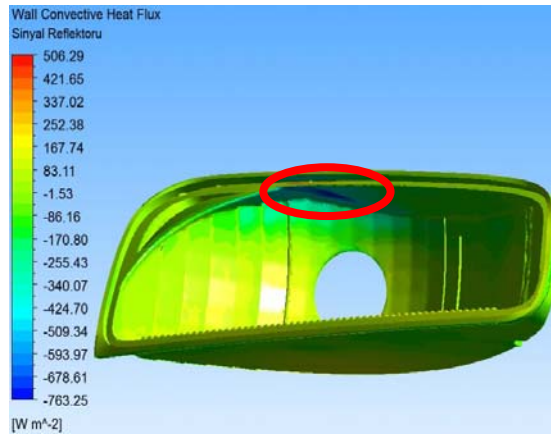
Sinyal reflektörü, sinyal ampulü PY21W ampulü taşıyan reflektördür. Sinyal ampulünün gücünün düşük olması nedeniyle reflektör boyutları ana reflektöre göre belli oranlarda dar yapılmaktadır. Sıcaklık dağılımı ve ısıl analizler geometriyi sınırlandıran

etkenlerdir. Sinyal reflektörü de tamamen alüminyum kaplı olup, ışınım yayma katsayısı 0.1 mertebesinde kabul edilmiştir. Bu veriler ışığında şekil x'de sinyal reflektörü üzerine gelen ışınım miktarı görülmektedir.



a)

b)



c)

Şekil 4.46.a) Sinyal reflektörü üzerine gelen ışınım ile ısı transferi miktarı b) Sinyal reflektörü üzerine gelen ışınım ile ısı transferi miktarı c) Sinyal reflektörü üzerinden olan taşınım ile ısı transferi

Sinyal reflektörü ışığı yayan parça olduğu için üzerine gelen ışının büyük miktarını ana reflektör gibi dışarıya vermesi beklenir. Şekil 4.46 (b)'de sinyal reflektörünün dışarıya verdiği net ışınım miktarı görülmektedir. PY21W ampulün üst kısmına gelen bölgede oluşan yüksek sıcaklık renk skalasına göre gelen ışınımın daha fazla olduğu ve doğal taşınım ile desteklendiği bölgedir. Şekil 4.46 (c) incelendiğinde sıcaklığın fazla olduğu üst noktada dışarıya ortalama ısı transferi olması gerekirken daha çok dışarıya taşınım ile ısı geçişi olduğu tespit edilmiştir.

Örnek ön aydınlatma için yapılan analiz sonuçlarından elde edilen veriler far içinde ısı transferi açısından ışınlama ısı transferinin iletim ve taşınım ile olan ısı transferine göre daha etkin olduğunu göstermiştir. Malzemelerin ışınlama neşretme katsayısına göre ışınlama yaydığı ya da soğurduğu görülmüştür.

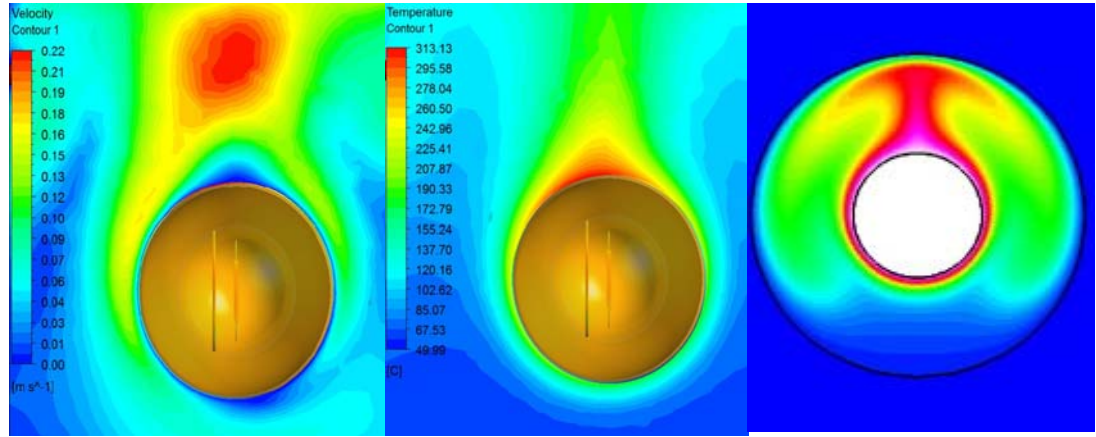
4.3 Arka Far Elemanı Analiz Sonuçları

Arka far elemanı için yapılan doğrulama ve sıcaklık analizlerinde elde edilen verilere göre eleman sayısından bağımsız çözüm birinci derecede geometriye bağlıdır. İncelenen örnek geometride oluşturulabilen en yüksek eleman sayısı, eleman sayısından bağımsız çözümü göstermektedir. Çalışmada kullanılan geometri ve bu geometri hacmine yakın geometriler için eleman sayısından bağımsız çözüm 7-10 milyon eleman sayısı arasındadır. Çalışmada en yüksek eleman sayısı ile yapılan analizlerde test sonuçlarına göre negatif yönde bir hata oranının olduğu tespit edilmiştir. Negatif yönlü hata oranı malzeme seçimi konusunda bazı riskleri beraberinde getirmiştir. Prensipte olarak negatif yönlü hata oranları, analiz sonucu elde edilen sıcaklığın üzerine eklenip malzeme seçimi yapılırsa daha doğru malzeme seçimi yapılmış olacaktır. Hata oranlarının neden negatif yönünde olduğu konusunda inceleme yapılmış ve gelecek başlıklar altında açıklanmıştır. Analizi yapılan geometri için aynı ön far geometri örneğinde olduğu gibi Monte Carlo ışınlama modeli kullanılmıştır. Monte Carlo ışınlama modeli için kabul edilen foton sayısının uygunluğu test ve analiz sonuçlarına göre doğrulanmıştır.

4.3.1 Stop fonksiyonu (PY21-5 W) ısı transferi açısından incelenmesi

Arka farlarda genel olarak en yaygın kullanılan ampul PY21W ampulüdür. PY21, PY21-5 gibi ampuller çektikleri güç anlamında ve renk anlamında aynı oldukları için çalışmada analizi yapılan örnek geometride sadece fren fonksiyonu olarak kullanılan PY21-5W ampul incelenmiştir. Ampul basit geometri olarak küre olarak kabul edilmiştir. Şekil 4.47’de ampul etrafında havanın hız ve sıcaklık profilleri gösterilmiştir. Gerek hız profilinde, gerekse sıcaklık profilinde çevresinde başka bir ısı kaynağı olmamasına rağmen simetrik olmayan bir durum tespit edilmiştir. Asimetrik profilin sebebinin ampul içinde geri vites ve fren fonksiyonlarını temsil eden iki filamanın

olmasıdır. Güç verilen filamanın ürettiği yüksek sıcaklık diğer filamana taşınım ve ışınım yoluyla taşınmakta ve ikinci bir ısı kaynağı söz konusu olmuştur.



a)

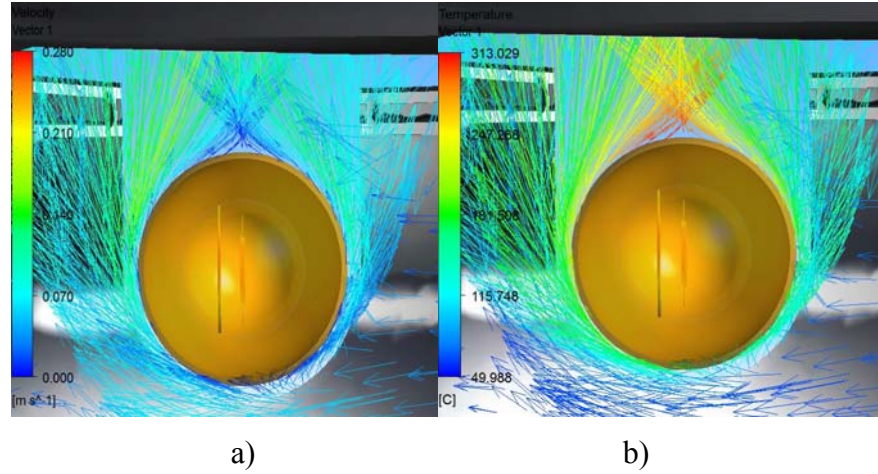
b)

c)

Şekil 4.47. Bölgesel dağılım a) Hız dağılımı ve b) Sıcaklık dağılımı c) Wang ve ark. (2009)

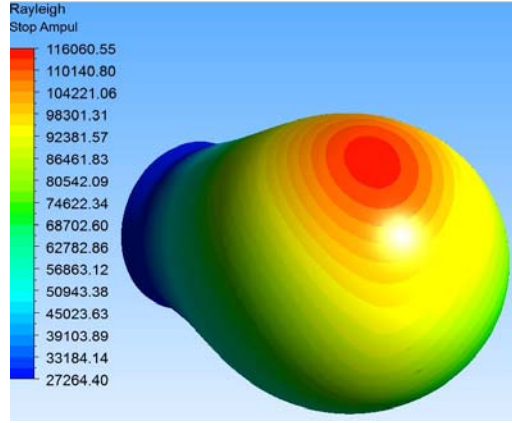
PY21-5W ampül etrafındaki havanın hareketi, hızı ve sıcaklık dağılımı incelenmiştir. Wang ve ark. (2009) çalışmasında küre etrafından akış incelendiğinde akışın simetrik olduğu görülmektedir. Şekil 4. 47 (b) incelendiğinde çalışmada kullanılan ampülün filamanının eksende olmadığı görülmektedir.

Rayleigh sayısına bağlı olarak taşınımın doğal taşınım olup olmadığı doğrulanmıştır. Şekil.4.48 Ansys CFX Post 14 yazılımı aracılığı ile PY21-5W ampül üzerinden havanın sıcaklık akışını vektörel olarak temsil etmektedir.



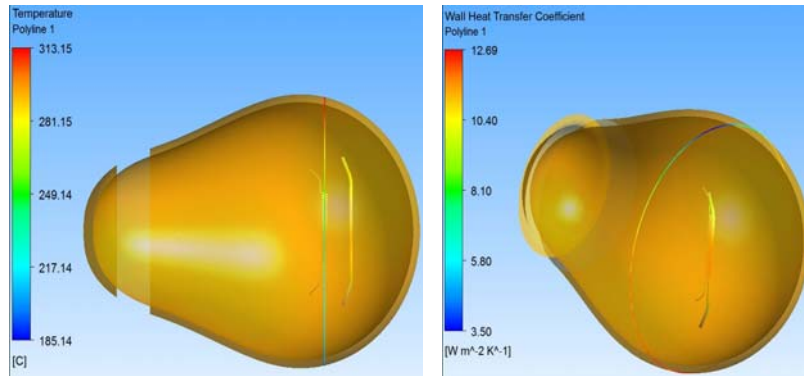
Şekil 4.48.PY21-5W ampul etrafından sıcak havanın a) Hız vektörleri b)Sıcaklık vektörleri ile gösterimi

Şekil 4.48'den de görüleceği üzere sıcak hava doğrudan alüminyum kaplı gövdeye doğru akmaktadır. Analiz sonucunda arka farların hacim olarak küçük olmasından dolayı sürekli açık durumda olan sis ve fren fonksiyonlarının bulunduğu bileşenlerin ampul üst bölgesine denk gelen kısımları sıcak havayı dışarı atacak şekilde açılması gerektiği belirlenmiştir. Çalışmada fren ampulünün üstüne denk gelen duvar kaldırılmış ve sıcaklık temelli bir bir problemin önüne geçilmiştir. Isı taşımının karakteristiğinin belirlenmesi için ise PY21-5W ampul yüzeyi küre olarak kabul edilerek Rayleigh sayısı hesaplanmıştır. Rayleigh sayısı eşitlik 3.63'e göre hesaplanmıştır. Ampul için karakteristik uzunluk: 0,026 m, yerçekimi ivmesi ($g: 9,81 \text{ m/s}^2$) CFX Post yazılımı içinde g değeri otomatik tanımlıdır. T_∞ değeri için iç hacimdeki havanın ortalama sıcaklığı alınmıştır. T_y değeri içinse yüzeyin ortalama sıcaklığı alınmıştır. T_{film} ve β değerleri eşitlik x ve x göre tespit edilmiştir. Bu sebeple bir sabit, bir değişken Ra sayısı bulunmuştur. Ampul yüzeyi için sabit sıcaklık farkı göz önüne alınırsa α ve v değerleri için CFX Postta hesap ettirilen T_{film} sıcaklığı 405,579 K için havanın termodinamik özellikleri tablosundan alınan değerler interpolasyonla, $\alpha = 39,29 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ $v = 27,07 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır. Bu veriler çerçevesinde ortalama sıcaklık farkları alındığında Rayleigh sayısı değerinin 69648,67, Grashof sayısının değeri 101086 olarak tespit edilmiştir. Fakat gerçek şartlarda ampul yüzeyi sıcaklığı değişken olduğu için T_y değerinin değişken olduğu durumda elde edilen Ra sayısı CFX Post yazılımında hesap edilmiş ve Ra sayısı dağılımı Şekil 4.49'da verilmiştir.



Şekil 4. 49.PY21-5W ampul çevresinde değişken yüzey sıcaklığı sabit çevre sıcaklığına göre Ra sayısı dağılımı

Eşitlik 3.63'e göre $(T_y - T_\infty)$ değerinin en küçük olacağı yerde Rayleigh sayısının en küçük değeri alması beklenirken T_∞ değeri iç havanın ortalama değeri olarak yani başka bir ifadeyle sabit kabul edilmesi nedeniyle ampul üzerinde yüksek yüzey sıcaklığının olduğu bölgelerde Rayleigh sayısı yüksek çıkmıştır. Her iki şekilde de Rayleigh sayısı olarak elde edilen değerler 10^9 kritik değerinden küçüktür.. Bu sonuca göre ampul etrafında hava akışı doğal akış olarak tespit edilmiştir. Analizde sınır şartlarının girilmesinde akış doğal taşınım olarak kabul edilmiştir. Sonuçlara göre kabulün doğru olduğu ve türbülanslı model kabulüne gerek olmadığı tespit edilmiştir. Ön far örneğinde olduğu gibi ampul filamanı hizasından alınan dairesel kesit için yerel Nusselt sayısı dağılımı hesaplanmıştır.



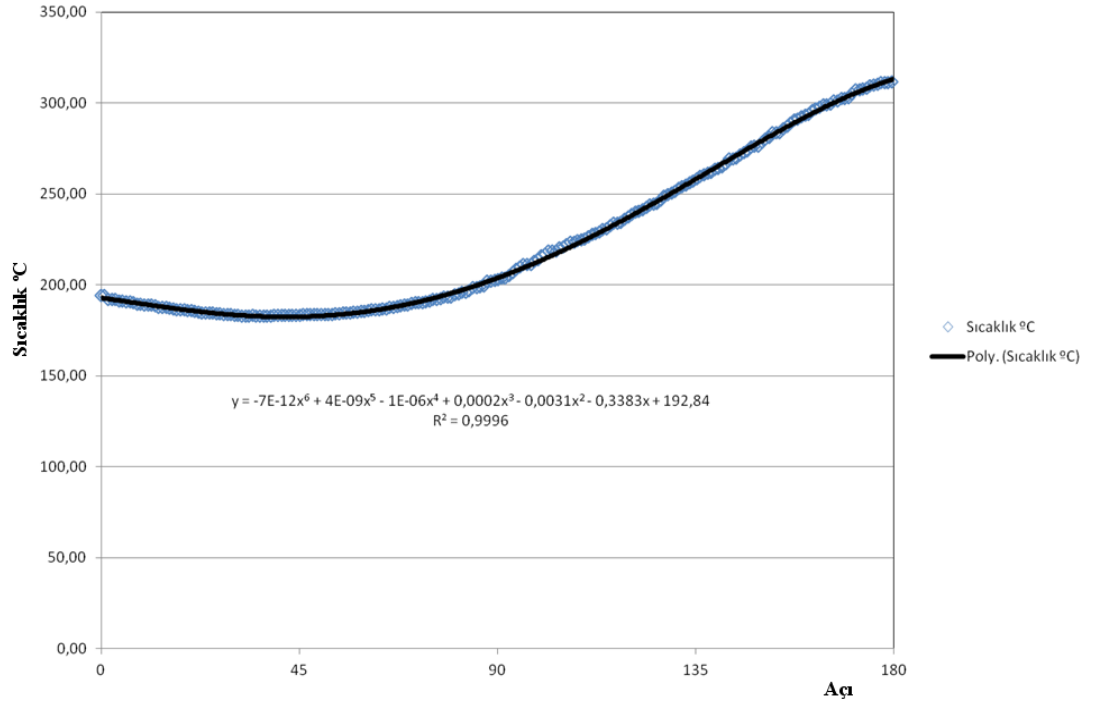
a)

b)

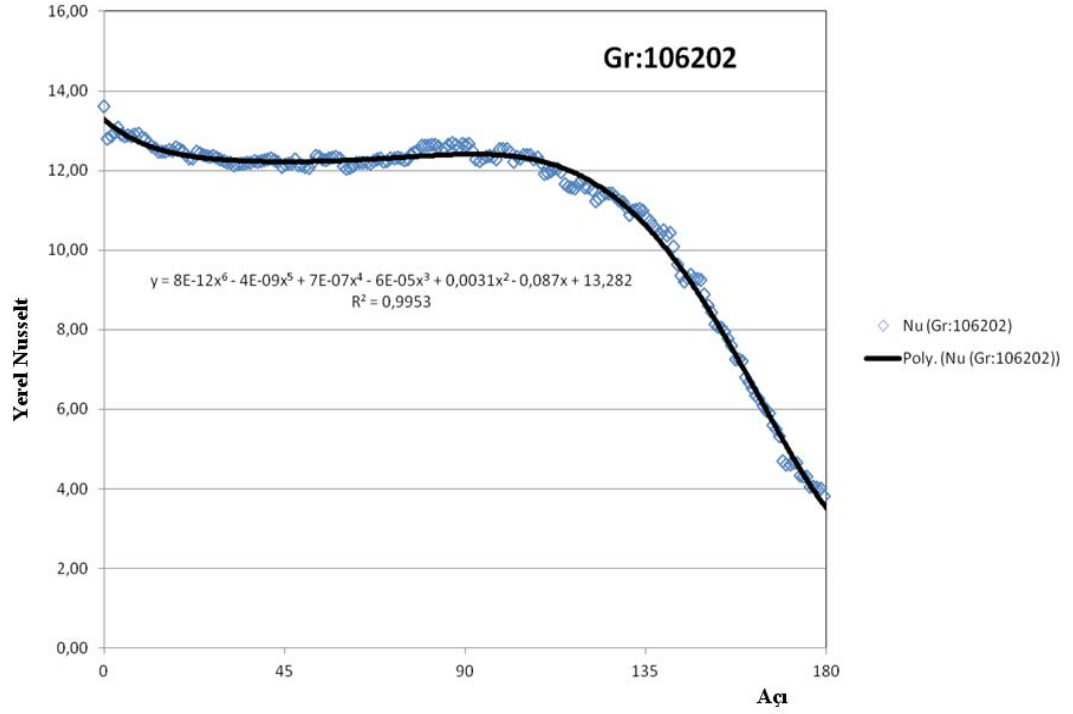
Şekil 4.50.H4 ampul üzerinde dairesel kesitin a) Sıcaklık dağılımı b) Isı tranfer katsayısı dağılımı

Isı taşınım katsayısı Ansys CFX Post 14 yazılımı içinden ampul çevresinde dairesel kesitten Şekil 4.50.(b)'de ki gibi çıkarılmıştır. Analizden alınan h değerlerine göre Nusselt sayısı eşitlik 3.64'e göre hesap edilmiştir.

PY21-5W üzerindeki dairesel kesit çevresinde sıcaklık dağılımı ve yerel Nu dağılımı Şekil 4.51 ve 4.52'de görülmektedir.



Şekil 4. 51. Analiz sonucu dairesel kesit üzerinde sıcaklık dağılımı



Şekil 4.52. Analiz sonucu dairesel kesit çevresinden açığa bağlı Yerel Nu dağılımı

Dairesel kesit üzerindeki Gr, Ra sayıları hesaplamak için gerekli değerler analiz sonucu aşağıdaki gibi tespit edilmiş ve hesaplanmıştır.

$$T_{\text{film}} = 414,712 \text{ K}$$

$$\Delta T = 182,887 \text{ K}$$

T_{film} sıcaklığına göre hava için tablodan bakılan özellikler

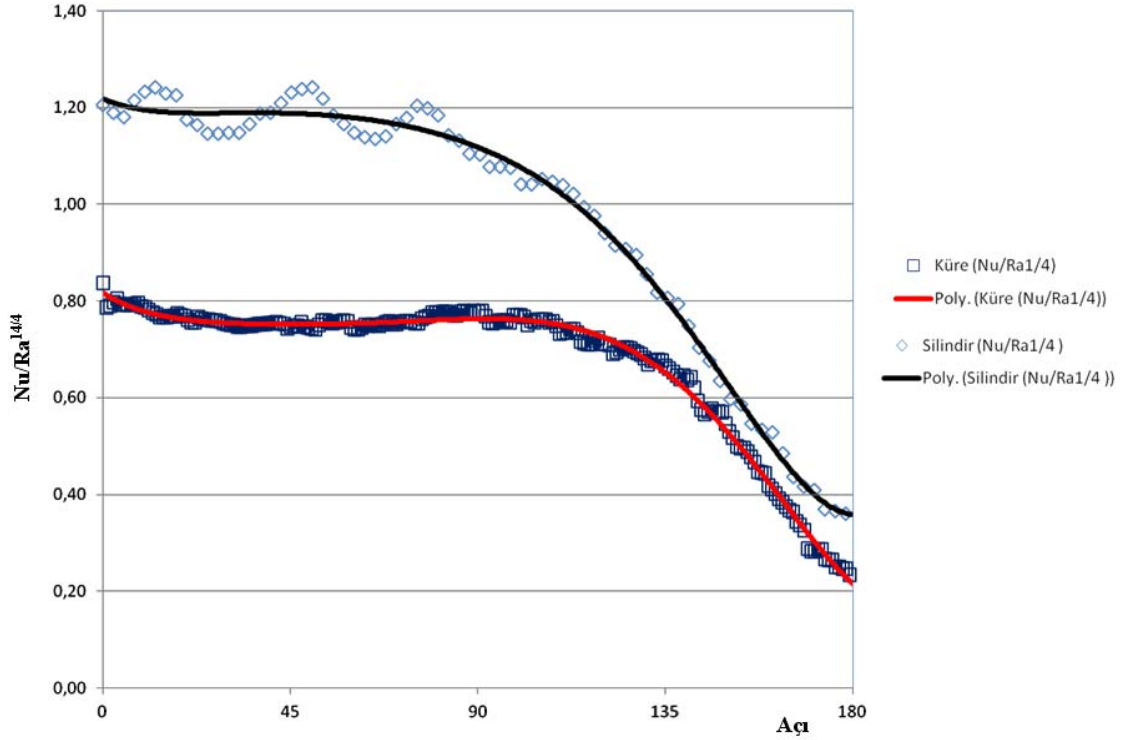
$$\alpha = 40,917 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\gamma = 28,16 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Pr} = 0,688$$

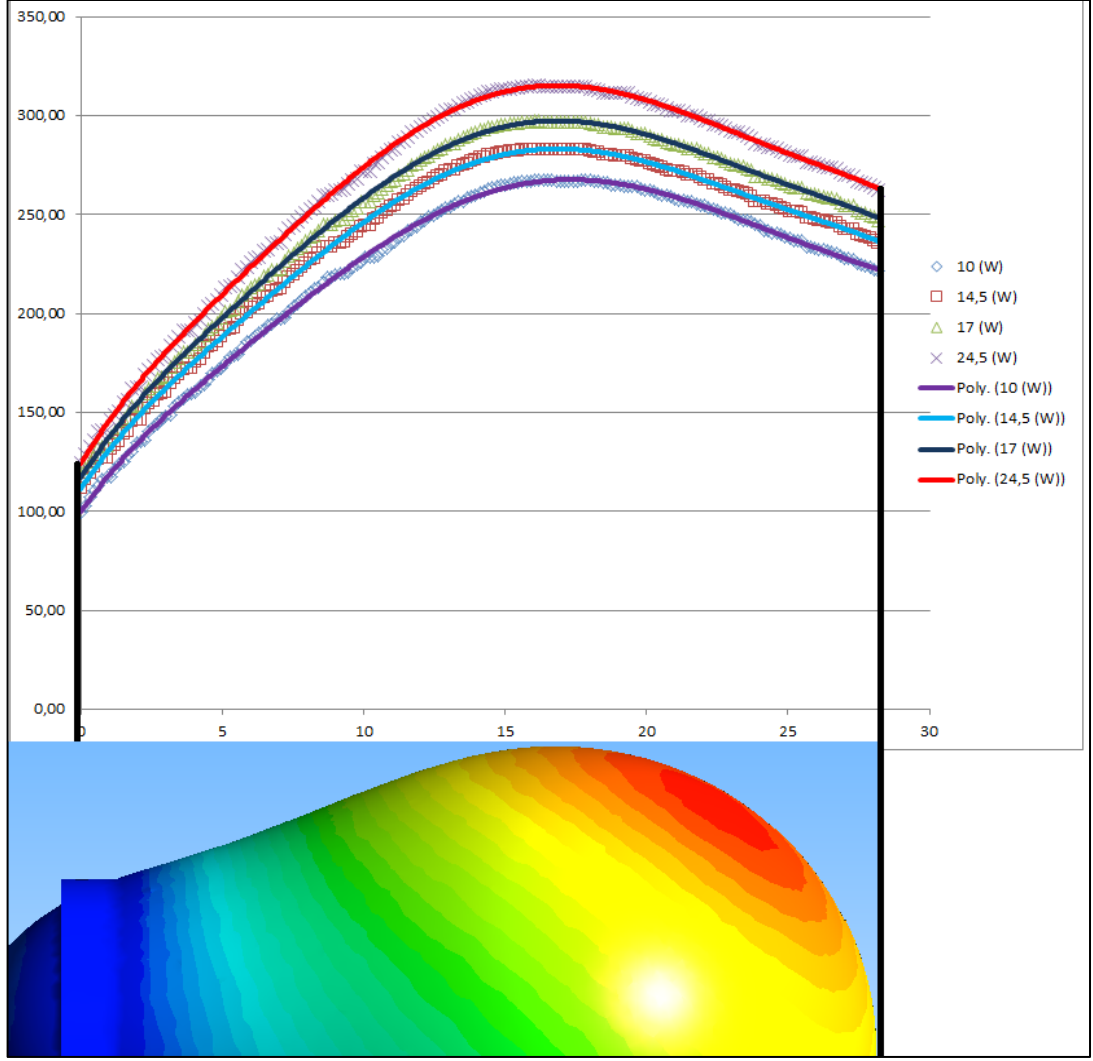
Eşitlik 3.59 ve 60'a göre $\text{Gr} = 101492$, $\text{Ra} = 69922$ olarak bulunmuştur. Ortalama değerlere göre bütün silindir ve dairesel kesit arasında Gr ve Ra değerlerinin yakın değerler olduğu gözlenmiştir. Küre çevresindeki ortalama Nusselt eşitliğine göre ortalama Nu sayısı 8,88 olarak hesap edilmiştir. Ön far H4 ampulü kesitinde çıkarılan $\text{Nu}/\text{Ra}^{1/4}$ grafiği PY21-5W ampul için de çıkarılmıştır. Basit geometrilere içinde sabit

ısı akısı verilen silindir ve küre geometrilerinin $Nu/Ra^{1/4}$ karşılaştırmalı grafiği şekil 4.53'de görülmektedir.



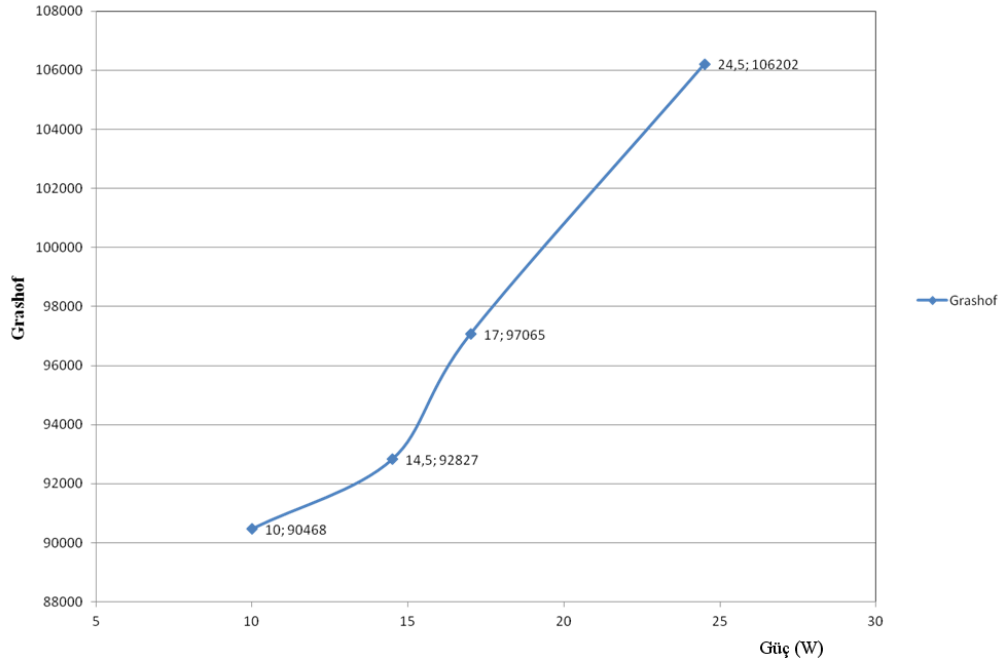
Şekil 4.53.H4 (silindir) ve PY21-5W (küre) ampullerinin $Nu/Ra^{1/4}$ oranlarında karşılaştırma grafiği

$Nu/Ra^{1/4}$ grafiği ile çalışma sonucu ortaya çıkan grafiğin uyumluluğu da Şekil 4.53'de görülmektedir. Arka farlar da, aynı ön far gibi farklı gerilimlerde farklı güçler üretmektedir. Ön far H4 ampul için yapılan farklı gerilimlerde ısı transferi açısından inceleme fren fonksiyonu içinde yapılmıştır. Bu göre 13,5 V, 9 V, 8,5 V ve 6 V'luk gerilimlerde 4 ayrı güç sırasıyla 24,5 W, 17 W, 14,5 W ve 10 W olarak elde edilerek yapılan analizlerde ampul üzerindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.54 verilmiştir.

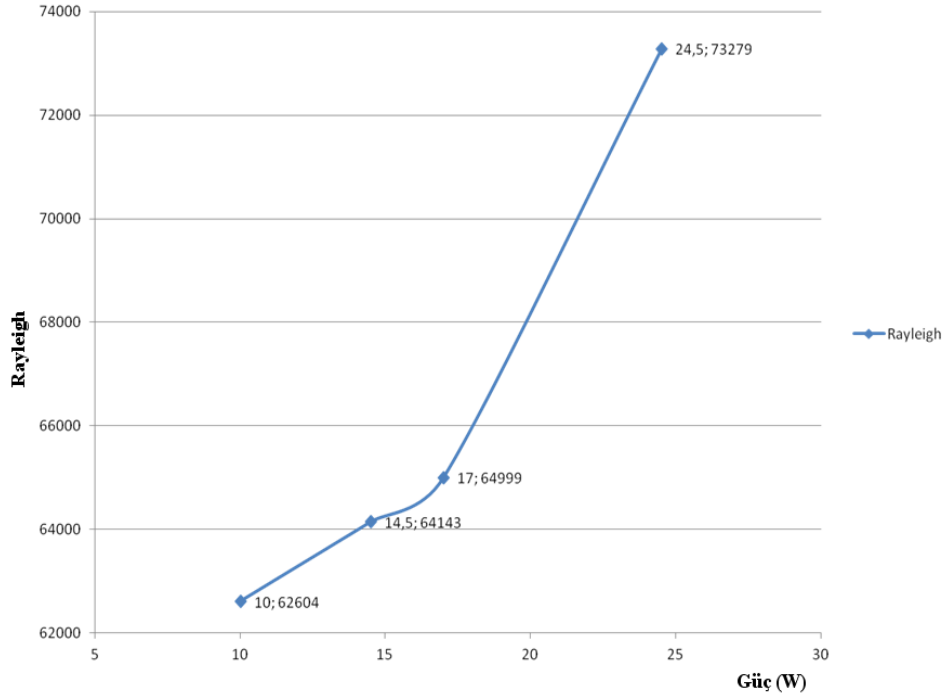


Şekil 4.54.24,5 W,17 W, 14,5 W ve 10 W güçlerde PY21-5W ampul üzerinde -x değişkeninde sıcaklık dağılımı

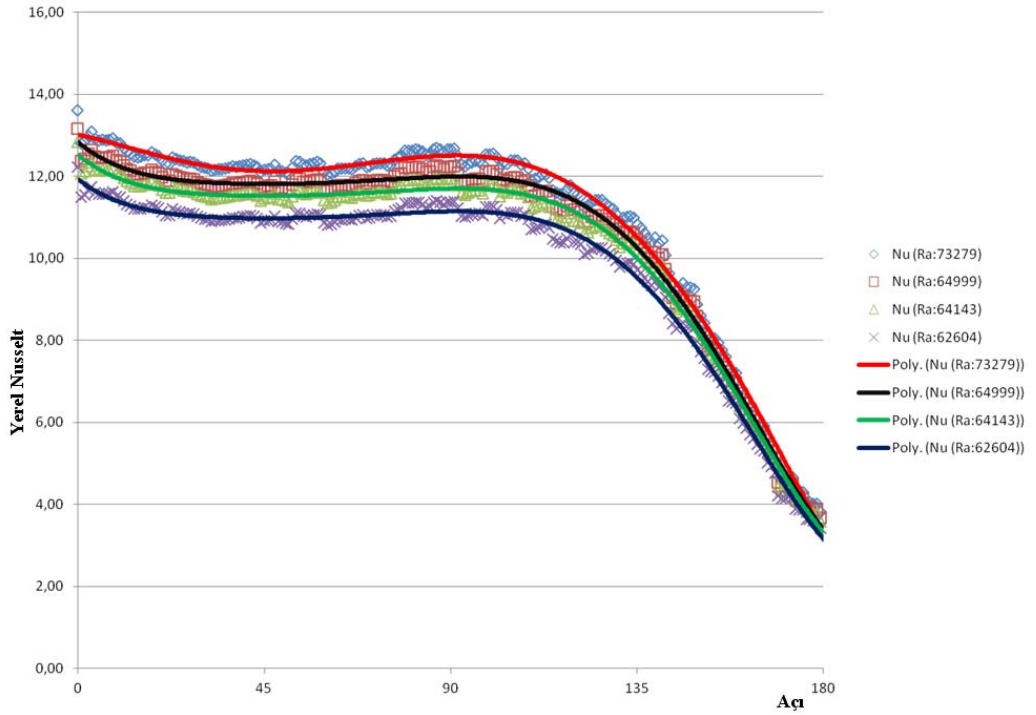
Yine değişken güce göre değişen Grashof, Rayleigh sayılarının dağılımları Şekil 4.55 ve Şekil 4.56 'da verilmiştir. Aynı zamanda güç değişimine göre değişen Rayleigh sayısına göre yerel Nusselt dağılımı Şekil 4.57'de verilmiştir.



Şekil 4.55.Ampulün değişen gücüne bağlı Gr dağılımı

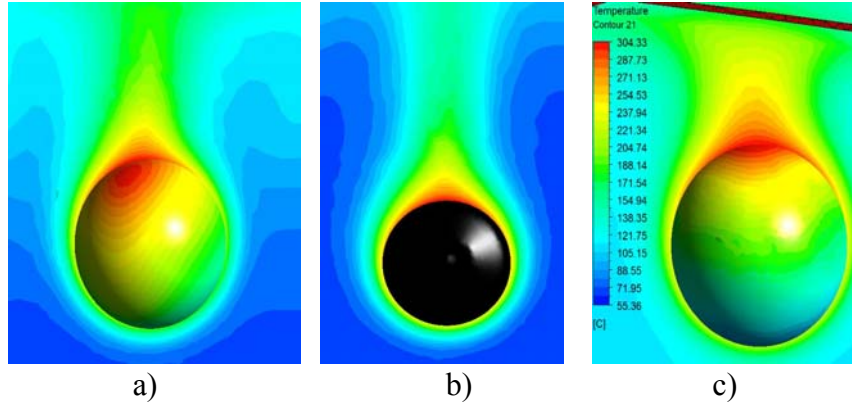


Şekil 4.56.Ampulün değişen gücüne bağlı Ra dağılımı



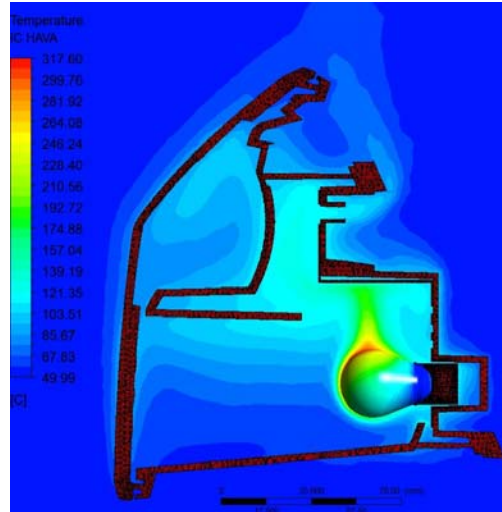
Şekil 4. 57.Değişken Ra sayısına göre yerel Nu sayısı dağılımı

Değişken gerilimler altında ampulün davranışları incelenmiş. Düşük güçlerde Grashof ve Gr sayısına bağlı Rayleigh sayısının düştüğü görülmüştür. Yerel Nu grafikleri incelenmiş ve düşen güçle beraber ısı transferinin düştüğü tespit edilmiştir. Arka farlarda sıcak havanın davranışının ön farlara nazaran farklı olduğu görülmüştür. Bahsedilen farklılık Şekil 4.58 (a) ve (b)'de görülmektedir. Ön far ampulü H4 çevresinde ısınan havanın çevreye yayılmadan doğal akış profiline daha yakın bir şekilde yükselmesi gözlemlenirken, fren fonksiyonu PY21-5W ampulü çevresindeki sıcak havanın daha çok etrafa yayılarak yükseldiği görülmüştür.



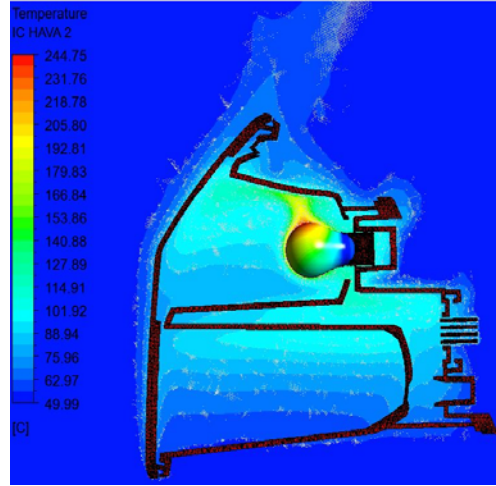
Şekil 4.58.a) Arka far PY21-5W ampul çevresinden sıcaklık dağılım profili b)Ön far H4 ampul çevresinden sıcaklık dağılım profili c)Ön far sinyal PY21W ampul çevresinden sıcaklık yayılım profili

Arka far içinde ısıl davranışı belirlenen PY21-5W ampulünün iç hacime etkisi ampul eksenlerinden alına kesitler üzerinde incelenmiştir.



Şekil 4.59. PY21-5W ampul kesitinden sıcaklığın iç hacimdeki dağılımı

Şekil 4.59'dan da görüldüğü gibi doğal taşınım yolu ile iç hacime yayılan sıcak hava, direk olarak ampulün üst bölgesine gelen ve reflektör görevinde kaplı gövde bölgesine vurmaktadır. Kaplı gövde bölgesine ulaşan sıcaklığın sıcaklık renk skalasından 210-228 °C olduğu görülmektedir. Bu sıcaklık gövde malzemesi için oldukça yüksektir. Bu yüzden ampül üst kısmına gelen gövde bölgesinin kaldırılması uygun görülmüştür. Bahsi geçen bölgenin kaldırılması sıcak havanın gövdeye çarpıp lense doğru ilerlemesini engellemiştir.



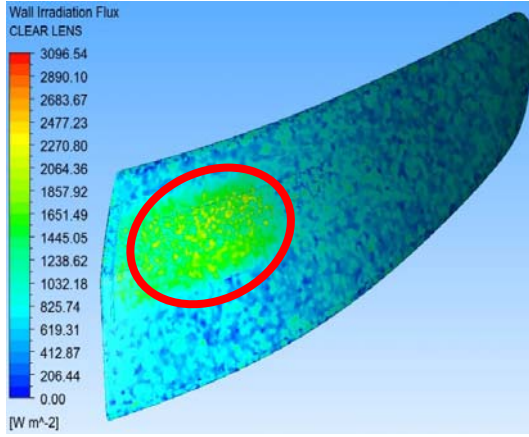
Şekil 4. 60. Sinyal ampulü PY21W ampul kesitinden sıcaklığın iç hacimdeki dağılımı

Fren ampulü ile aynı güç ve aynı yapıda olan sinyal ampulünden alınan kesit incelenmiştir. Sinyal ampulünden doğal taşınım ile iç havaya yayılan sıcak havanın reflektör görevindeki kaplı gövdeye çarparak kaplı gövde malzemesini ve lensi sıcaklık olarak olumsuz etkilediği tespit edilmiştir. Arka farın bileşen bazında incelenmesi ile far bileşenlerinde oluşan sıcaklıkların hangisinin ışıyım, hangisinin taşınım olduğu ayrı ayrı belirlenmiştir.

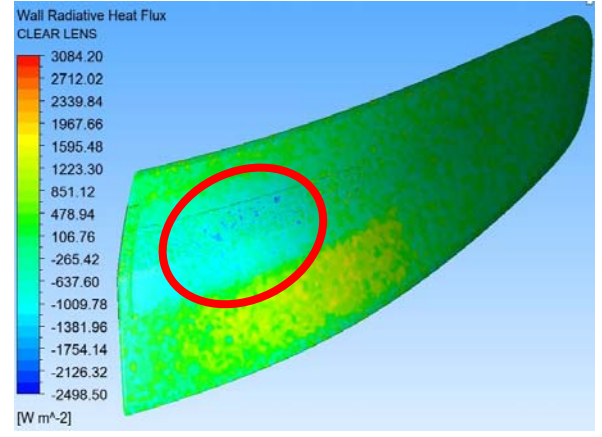
4.4. Örnek arka far analizinde far bileşenlerinin ısı tranferi açısından sonuçları

4.4.1 Beyaz şeffaf ve kırmızı lens

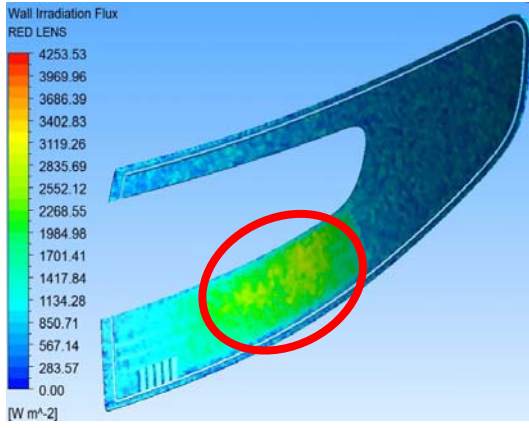
Arka farlarda fonksiyonların özellikleri nedeniyle kırmızı lens ve şeffaf lens kullanımı bir arada olabilmektedir. Beyaz şeffaf lens ve kırmızı lens birbirine kaynak metodu ile birleştirilmiş haldedir. Bu yüzden ikisi de aynı anda değerlendirilecektir.



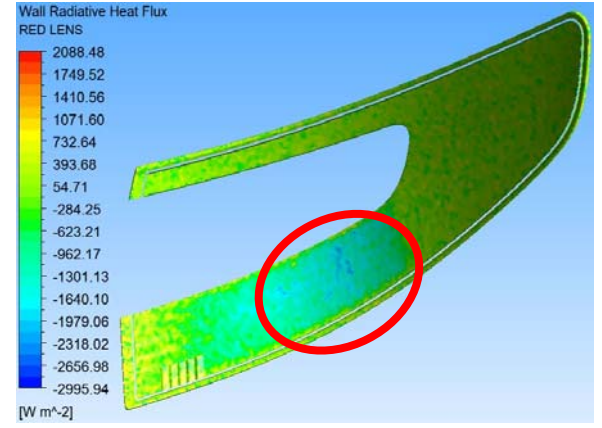
a)



b)



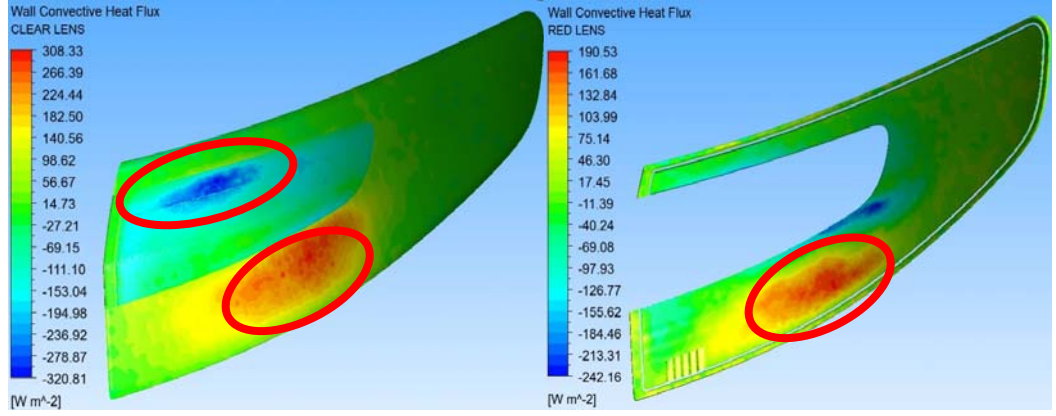
c)



d)

Şekil 4. 61.Lensler üzerine a) Şeffaf lense gelen ışınım miktarı b) Şeffaf lenste net ışınım miktarı c) Kırmızı lens üzerine gelen ışınım d)Kırmızı lens üzerinde net ışınım

İç hacimde ısı kaynağı durumunda iki ampulden şeffaf lense ve kırmızı lense gelen ışınım miktarının ampullerin tam karşısına gelen bölgeler olduğu şekil 4.61 (a) ve (c)'de görülmektedir. Yine lenslerin üzerinde net kalan ışınım miktarı incelenmiş Şekil 4.61 (b) ve (d)'de işaretli alanların dışarıdan ışınım aldığı negatif işaretten anlaşılmıştır. Her iki lensin ısı taşınımından nasıl etkilendiği incelenmiş ve Şekil 4.62'de gösterilmiştir.



a)

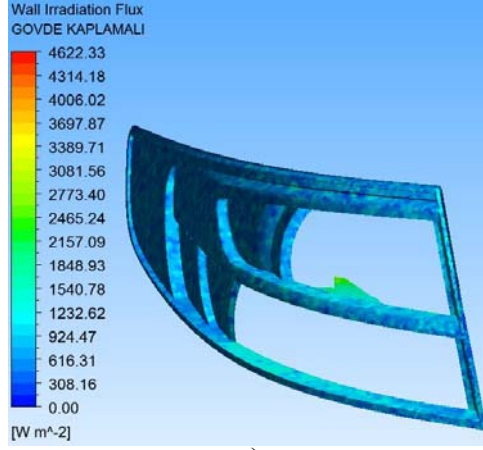
b)

Şekil 4.62. Lensler üzerine a) Şeffaf lensin taşınım ile ısı tranferi miktarı b) Kırmızı lensin ile ısı tranferi miktarı

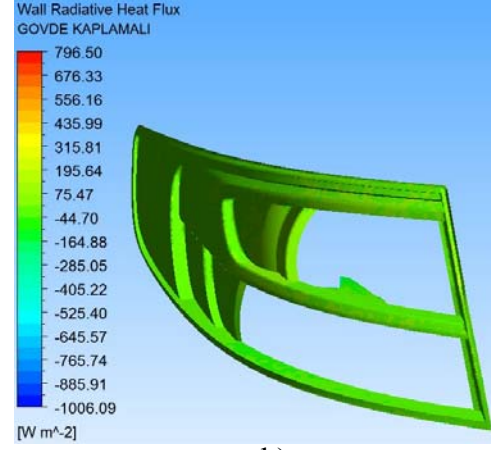
Şekil 4.62 incelendiğinde kırmızı ve şeffaf lens için aynı bölgelerde yoğunlaşan ışınım miktarına karşılık taşınım açısından sadece alt bölgede fren fonksiyonunun karşısına tekabül eden bölgeden dışarı ısı transferi olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni aynı bölgede üst üste gelen kırmızı ve şeffaf lensin kırmızı lens etkisi ile daha fazla ısı absorbe eden bir yapıya dönmesidir. Işınım ile ısı yüklenen ve üzerine gelen ışınımı geçirme oranı düşen lens, iç havaya taşınım ile ısı vermektedir. Aksine sinyal fonksiyonu karşına gelen bölgede dışarıdan taşınım ile ısı aldığı görülmüştür. Bunun nedeni ise sinyal fonksiyonu üzerine herhangi bir delik açılmayıp ısının üst yüzeyden lense akmasıdır. Bu da lens aynı ön far sinyal fonksiyonlarında olduğu gibi reflektör ya da gövde üst bölgelerinde delik açılmaması sonucu lens üzerinde az da olsa taşınım etkisinin var olmasındandır.

4.4.2 Gövde

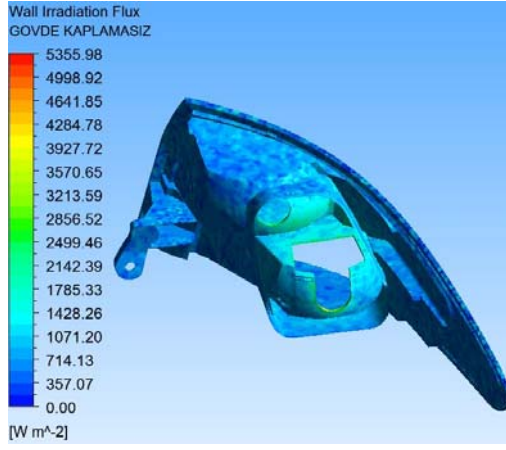
Gövdeler çalışmanın başında belirtildiği üzere yansıtıcı yüzeyleri içinde barındıran elemanlardır bu yüzden kaplamalı ve kaplamasız yüzeyler karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir.



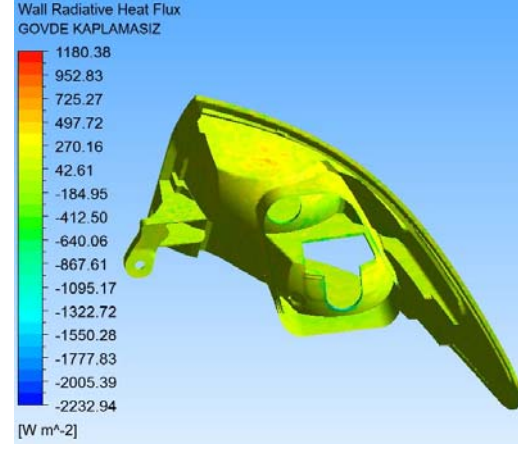
a)



b)



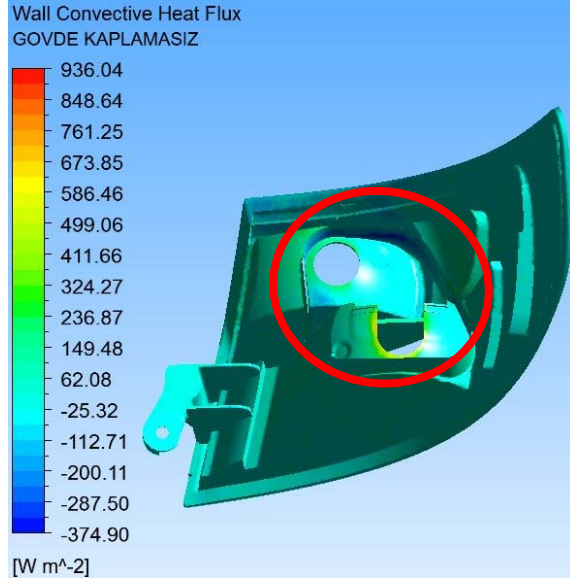
c)



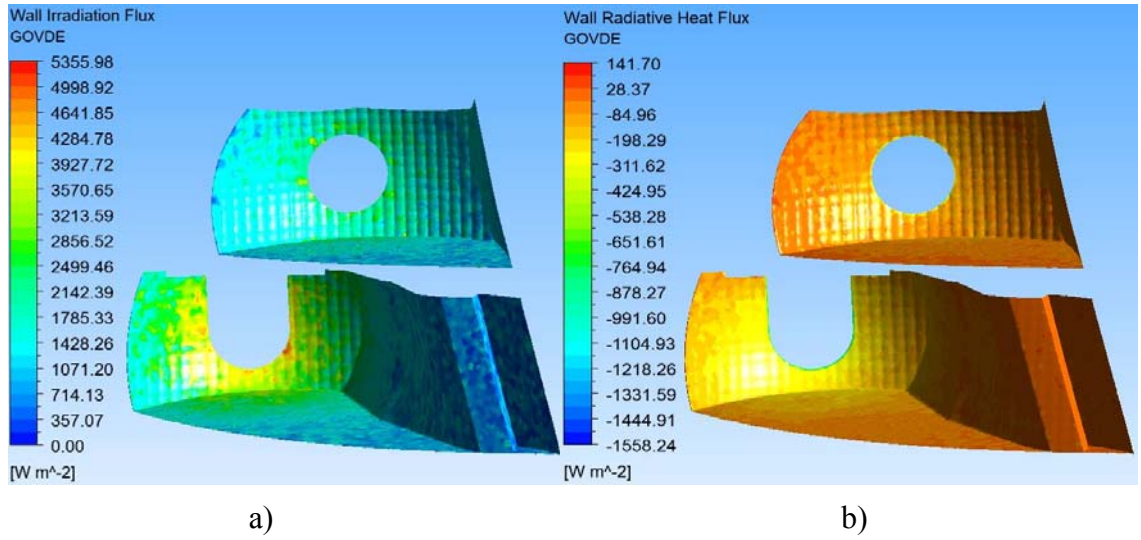
d)

Şekil 4.63.Gövde üzerine a) Kaplamalı alana gelen ışınım miktarı b) Kaplamalı alanda net ışınım miktarı c) Kaplamasız alana gelen ışınım d) Kaplamasız alanda net ışınım

Gövde üzerinde teoriye uygun olarak siyah yüzeyin parlak yüzeye göre daha fazla ışınım çekmesi ve soğurması gözlemlenmiştir. Şekil 4.63 (b) ve (d)'de tespit edilen net ışınımın ve Şekil 4.63 (a) ve (c)'de tespit edilen parça üzerine düşen ışınım miktarının kaplamasız tarafta daha çok olduğu görülmüştür. Gövde elemanını taşınım açısından incelediğimizde karşımıza ışık almayan bölgelerin ampul kaynaklı olarak ısıyı taşınım yoluyla aldığı Şekil 4.64'de verilmiştir.

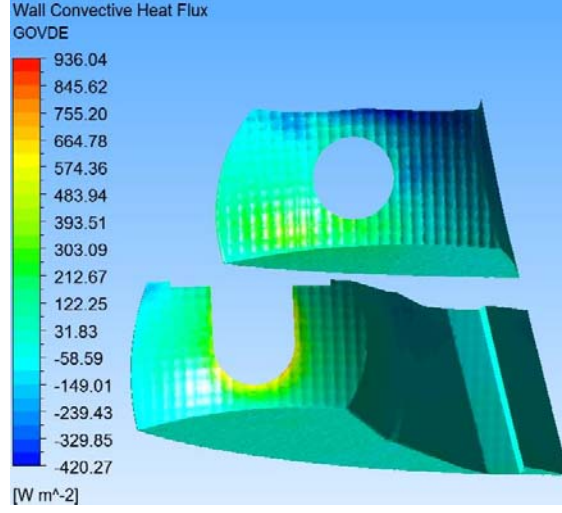


Şekil 4.64.Gövde üzerinden gerçekleşen taşınım ile ısı transferi



Şekil 4.65.Reflektör üzerine a) Gelen ışınım miktarı b) Net ışınım miktarı

Örnek çalışmada kullanılan arka far reflektör görevi gören alüminyum kaplı yansıtıcı yüzeylerden oluşmaktadır. Bu yansıtıcı yüzeyler ışınım ve taşınım anlamında incelenmiştir. Şekil 4.65 (a) ve (b) incelendiğinde yansıtıcı yüzeyin üzerinde ışınım neşretme katsayısını doğrulayan şekilde Şekil 4.65 (a)'da gelen ışınım miktarının çoğunu ışık yansıttığı tespit edilmiştir. Yansıtıcı yüzeylerde taşınım kontrol edildiğinde sinyal ampulünden taşınım kaynaklı ısı transferinin sinyal reflektörünün üst kısmında delik olmadığından dolayı etkili olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca en çok taşınım tespit edilen bölgelerin ampul montaj konumlarına çok yakın olduğu görülmüştür.

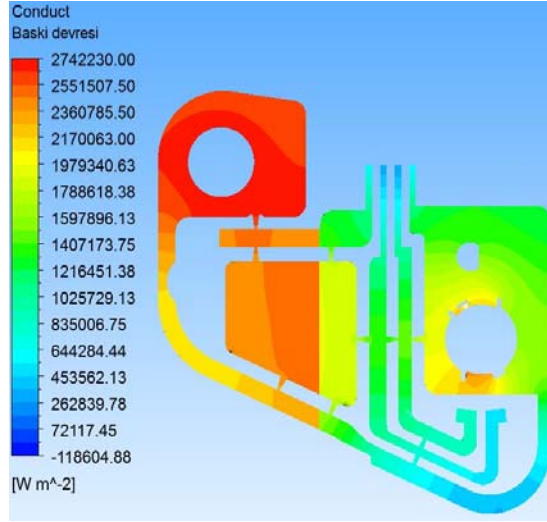


Şekil 4.66.Yansıtıcı yüzeyler üzerinden gerçekleşen taşınım ile ısı transferi

4.4.3 Baskı devresi

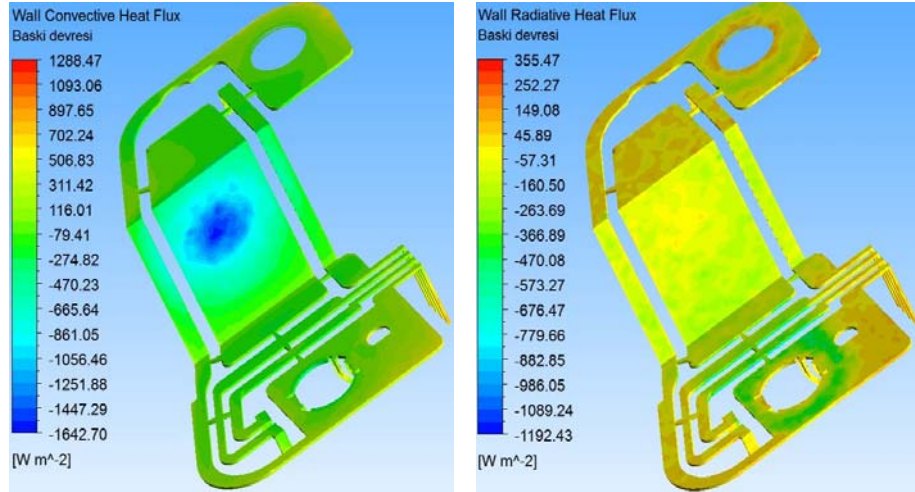
Arka farlarda da ön farlarda olduğu gibi ısı ışıınım ve taşınımının oldukça yüksek mertebelerde olduğu görülmüştür. İletim ile ısı transferinin dikkate alınması gereken en önemli bölgeler, arka farlarda ampul taşıyıcı ve baskı devresi arasında, ampul tabanları ve baskı devresi arasındır. Ampul tabanı sıcaklıkları yaklaşık 120 °C’yi bulmaktadır. Bu sıcaklık ampul taşıyıcı malzemesi için risk olabilmektedir. Ampul taşıyıcı malzemesinin seçiminde baskı devresindeki ve ampul dibindeki sıcaklığın dikkate alınması gerektiği belirlenmiştir.

Baskı devresi malzemesi ANSYS CFX Pre kütüphanesinden “Steel” çelik olarak seçilmiştir. Gerçekte kullanılan malzeme de galvanizli çeliktir. Yapılan hesaplamada öncelikli olarak baskı devresi yüzey sıcaklıkları ortalama değer üzerinden kabul edilmiştir. Ortalama yüzey sıcaklığı kabulü sonucu baskı devresi üzerinde 176,33 W/cm² bir iletim akısı olduğu tespit edilmiştir. Bu miktar ampul taşıyıcı tasarımına, ampullerin sayısına ve baskı devresi tasarımına bağlı olarak değişkenlik gösterecektir. Ayrıca gerçek koşulları temsil etmesi açısından baskı devresi üzerindeki sıcaklık, değişken alınarak da ısı iletim miktarı tespit edilmiştir.



Şekil 4.67. Baskı devresi üzerinden ampul taşıyıcıya olan ısı iletim miktarı

Değişken yüzey sıcaklığında hesaplanan değerlere göre, maksimumda $274,22 \text{ W/cm}^2$ bir ısı iletim akısı elde edilmiştir. Fren ampulü tam güç çalıştırıldığı için en yüksek ısı iletim akısı fren ampulü çevresinde yoğunlaşmıştır. Baskı devresi iletim yoluyla ampul taşıyıcıya ısı geçisi sağlarken, çevreye de az miktarda ışıınım ve az miktarda taşınım ile ısı transferi gerçekleştirmiştir. Şekil 4.68’de net baskı devresinden çevreye net ışıınım miktarı ve taşınım miktarı verilmektedir.



a)

b)

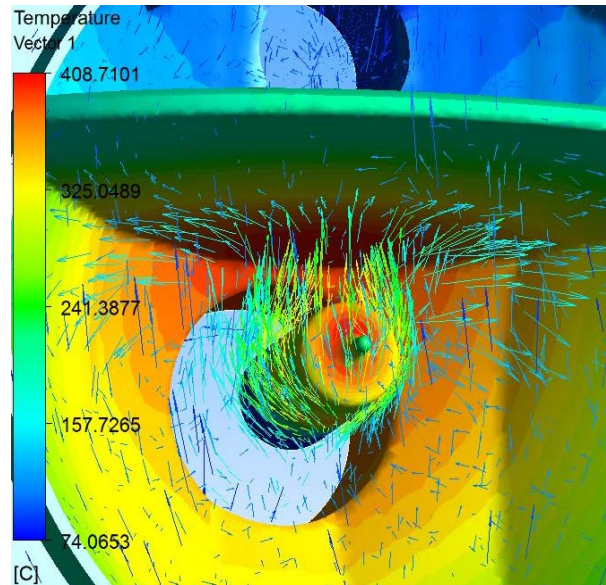
Şekil 4.68. Baskı devresi üzerinden a)Taşınım ile gerçekleşen ısı transferi b)Gerçekleşen net ışıınım miktarı

4.5 Örnek ön sis farı analizinde far bileşenlerinin ısı tranferi açısından sonuçları

4.5.1 Sis fonksiyonu (H8) ısı transferi açısından incelenmesi

Örnek sis farı ampülü H8 ön farda incelenen H4 ampülünden daha az güç çeken ve bir ampuldür. Davranışı ve ısıyı yayma şekli H4 ampülü ile aynıdır. H4 ampülü farklı gerilimlerde çalışırken 8,5 V değerinde, H8 ampülün çektiği gücü vermektedir. Bu yüzden çapları da yaklaşık aynı değerde olduğu için sadece ortalama sıcaklık kabulüne göre Rayleigh ve Grashof değerleri tespit edilmiştir. H8 sis ampülü için Ra ve Gr hesaplamaları yapıldığında Ra: 9086, Gr:13264 değerinde hesap edilmiştir. Bu değerler H4 ampülün 8,5 V gerilimde Rayleigh ve Grashof değerleri ile aynı değerlerde olduğu tespit edilmiştir.

Sis farları hacim olarak arka farlardan daha küçük olduğu için ve küçük hacime göre kuvvetli ampul ihtiva ettikleri için özellikle reflektör ve lens malzeme seçimleri önemli olmuştur. Şekil 4.69'da H8 ampulden çıkan sıcaklığın doğal taşınım profiline uygun dağılımı görülmektedir.



Şekil 4. 69. H8 ampul üzerinden sıcak havanın iç hacime dağılımı

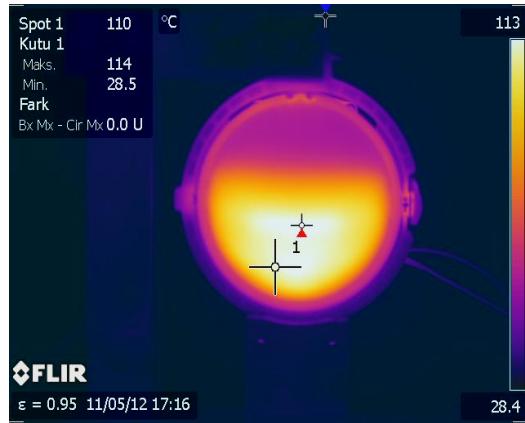
Sis farları için önceden yapılan eleman sayısından bağımsız çözüme uygun şekilde alınan sonuçlarda, sis farı bileşenlerinin ısı transferi açısından incelenmesi testlerle beraber yapılmıştır. Test Şekil 4.70'de gösterilen test fikstürü ile gerçekleştirilmiştir.



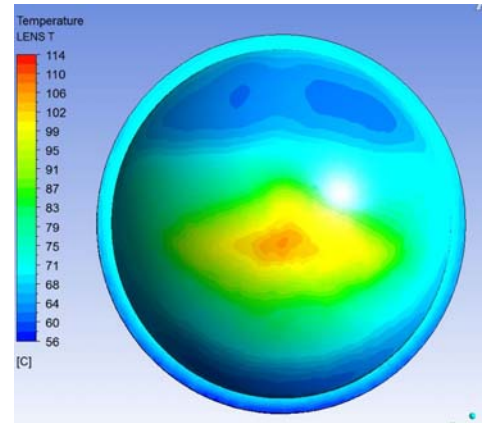
Şekil 4. 70. Sis farı test fikstürü

4.5.2 Lens

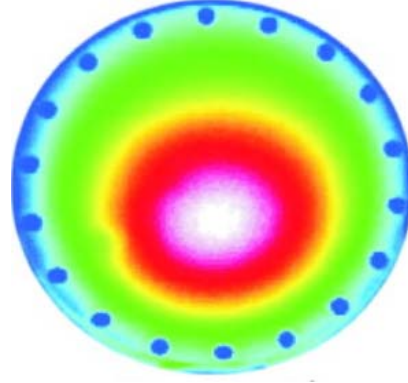
Sis farı test düzeneğinde ampule güç verilip 2 saat açık bırakılmıştır. Bütün süreç termal kamera ile izlenmiştir. Teste göre termal kamera sonucu lens üzerindeki sıcaklık 114 °C olarak tespit edilmiştir.



a)



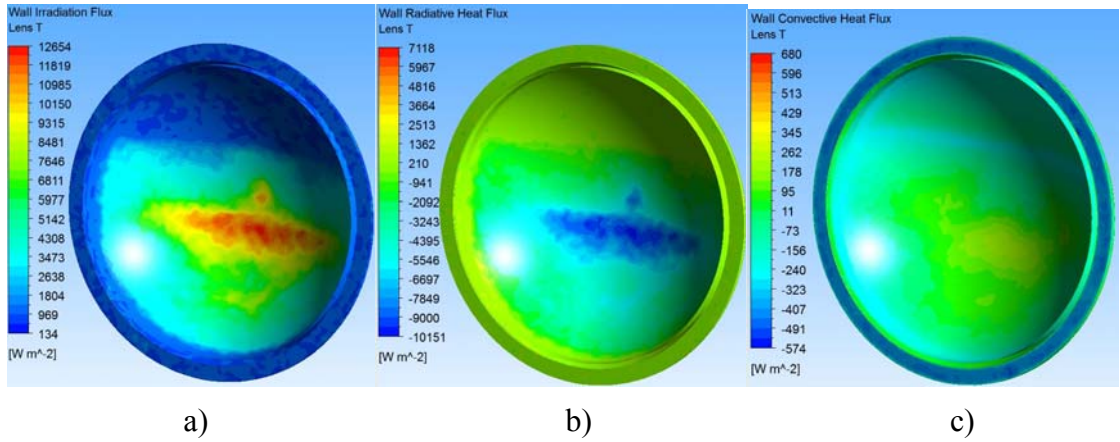
b)



c)

Şekil 4.71.a)Termal kamera ile ölçülen sıcaklık b)Analizden elde edilen lens sıcaklığı c) Langebach ve ark. (2007)

Termal kamera ve analiz sonuçlarını inceleyecek olursak lens üzerinde toplanan sıcaklığın test ve analiz sonuçlarıyla aynı olduğu görülmektedir. Ayrıca Langebach ve ark. (2007) çalışmasını doğrulamaktadır. Bunun anlamı validasyon teslerinde elde ettiğimiz verilerin analizde kullanılması ile doğru sonuçlar elde etmekteyiz.



a)

b)

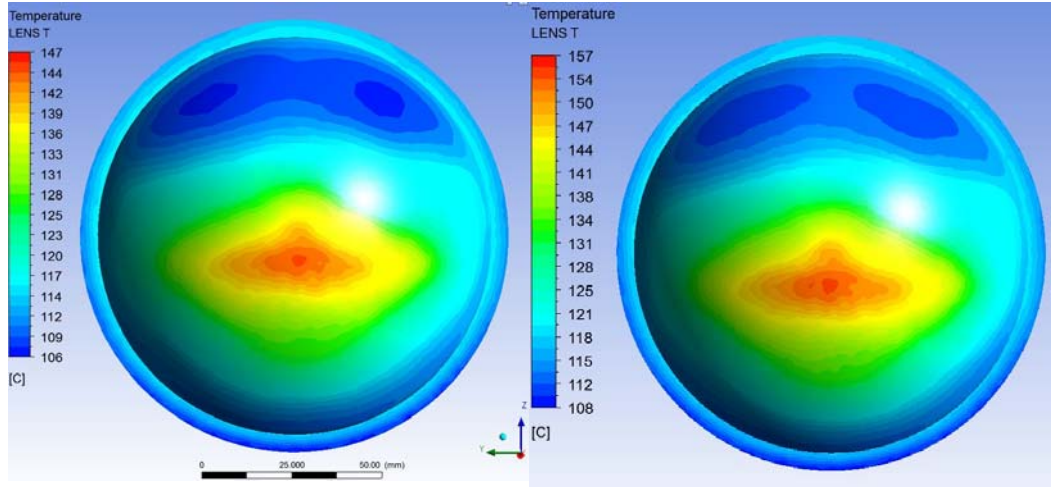
c)

Şekil 4.72.Lens için a) Gelen ışınım miktarı b) Net ışınım miktarı c) Taşınım ile gerçekleşen ısı transferi

Sis farlarının hacim olarak küçük oluşu lens üzerine gelen ışınım miktarını daha belirgin hale getirmiştir. Şekil 4.72 (a) ve (b)'de ışınımın hangi bölgelerde biriktiği görülmektedir. Lens üzerinde az da olsa taşınım etkisinin olduğu da Şekil 4.72 (d)'de tespit edilmiştir. Sis ve ön farlarda lens üzerine yüksek oranda gelen ışınımı kabul edilebilir mertebelere indirmek için örnek ön farda H4 ampulünün tepesi gibi siyah tepecik uygulaması yapılmıştır.

4.5.3. Sis farı analizlerinde siyah tepecik (blacktop) etkisi:

Sis farlarında kuvvetli ampullerin kullanılması iç hacimde sıcaklığın yüksek olmasına sebep olmaktadır. Özellikle lens ve reflektör malzemesinin seçimi ampulün gücü ile doğru orantılıdır. Meydana gelen sıcaklık problemlerine ampul üzerinde siyah tepecik oluşuma yoluyla engel olmaya çalışılmaktadır. Siyah tepecik daha çok lens üzerinde ışınım ile oluşan sıcaklığa tesir etmektedir. Siyah tepecikli ve siyah tepecik olmayan ampullerle yapılan analiz sonuçları aşağıdaki şekilde verilmiştir. Bunun için yapılan analizde ortam sıcaklığı 80°C olarak kabul edilmiştir.

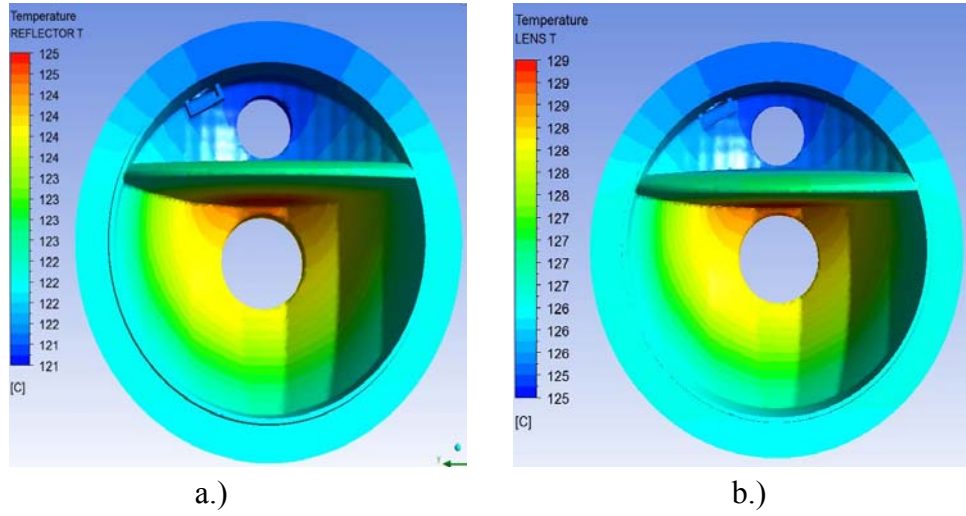


a.)

b.)

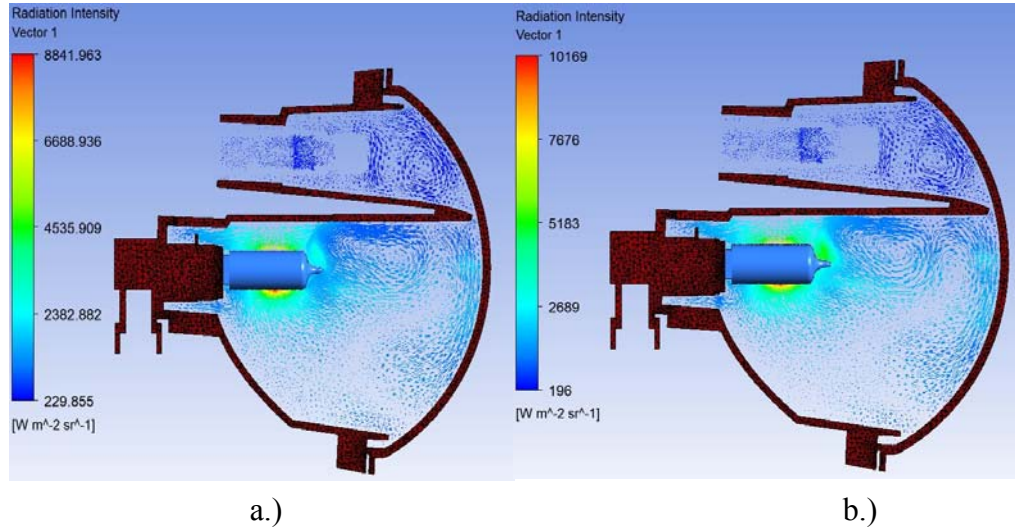
Şekil 4. 73.a) Lens için siyah tepeciği olan ampul ile yapılan analiz sonucu b) Lens için siyah tepeciği olmayan ampul ile yapılan analiz sonucu

Analiz sonucunda lens üzerindeki sıcaklığa siyah tepecik etkisinin kayda değer olduğu tespit edilmiştir. Siyah tepecikli bir ampul ile lens üzerinde 147°C sıcaklık oluşurken, siyah tepeciğe sahip olmayan ampulde ise lens üzerindeki sıcaklık 157°C'e çıkmıştır. İki ampul arasında lens üzerinde oluşan sıcaklıkta 10 °C fark olduğu tespit edilmiştir. Malzeme seçimini önemli ölçüde etkileyecek olan siyah tepecikli ampul seçimi, sis farlarında tasarımı etkileyen en önemli unsurlardan biri olmuştur. Siyah tepecikli ampulün daha çok etkisi lens üzerine olsa da reflektör ya da gövde üzerine etkisi de incelenmiştir. Aşağıda reflektöre olan etkisinin analiz sonuçları görülmektedir.



Şekil 4.74.a) Reflektör için siyah tepeciği olan ampul ile yapılan analiz sonucu
b)Reflektör için siyah tepeciği olmayan ampul ile yapılan analiz sonucu

Sis farlarında siyah tepecikli ampul kullanımı reflektöre 4-5°C'lik bir fark olarak yansımaktadır. Bunun tam anlamı siyah tepecikli ampul yapıları sis farları içinde öncelikli olarak ışınlama ile ısı transferini etkilemektedir. İkincil olarak sis farı içinde doğal taşınım ile yayılan havanın reflektör, gövde üzerine etkisini arttırmaktadır. Siyah tepecik etkisini daha iyi anlayabilmek için sis farı içindeki hava hız ve ışınlama ile ısı transferi oranlarını incelenmiştir.



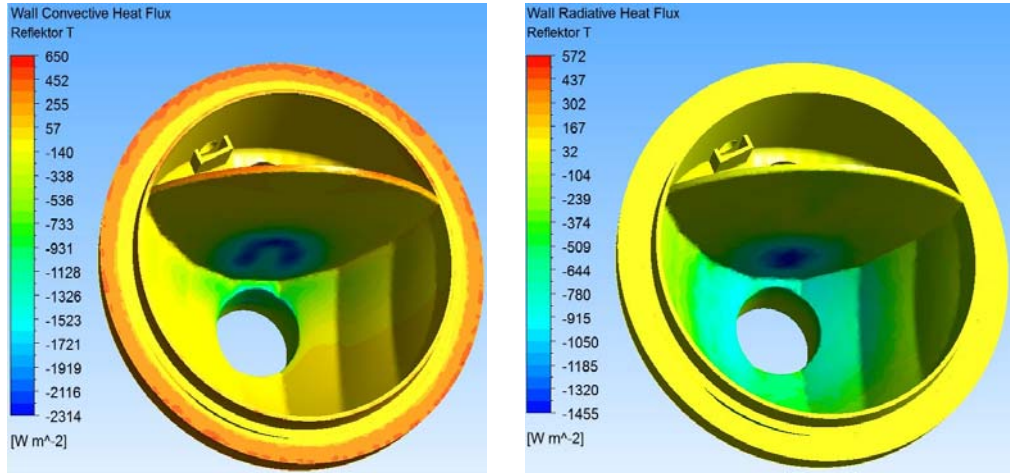
Şekil 4.75.a) Siyah tepeciği olan ampullü sis farının içinde olan ışınlama ile ısı transferi
b)Siyah tepeciği olmayan ampullü sis farının içinde olan ışınlama ile ısı transferi

Şekilden de görüldüğü gibi siyah tepeciğe sahip sis farı içinde ışınlama ile olan ısı transferi miktarı 8841 W/m² iken, siyah tepeciğe sahip olmayan ampulle sahip sis farında bu

değer 10169 W/m² olarak ölçülmüştür. Bu değerler de lens ve reflektör üzerinde oluşan fazla sıcaklığın kaynağını göstermişlerdir.

4.5.4 Gövde-reflektör

Hem gövde, hem reflektör görevi gören eleman incelendiğinde doğal taşınım etkisi direk göze çarpmıştır. Ampul gücünün yüksek oluşu da reflektör üzerinde etkiyi arttırmıştır. Reflektör incelenmiş ve ampulün reflektör üst sınırına fazla yakın olması nedeniyle ampul üst bölgesinin hem taşınım hem ışıınımdan yüksek mertebede etkilendiği gözlenmiştir. Şekil 4.76 (a) ve (b)'de ampul üst noktasına dikkat edilirse, hem ışıınımdan hem taşınım etkisini görebilmekteyiz. Sis farlarının hacimlerinin küçük olmasından dolayı havalandırma deliği etkisinin de farklı olması söz konusu olmuştur.



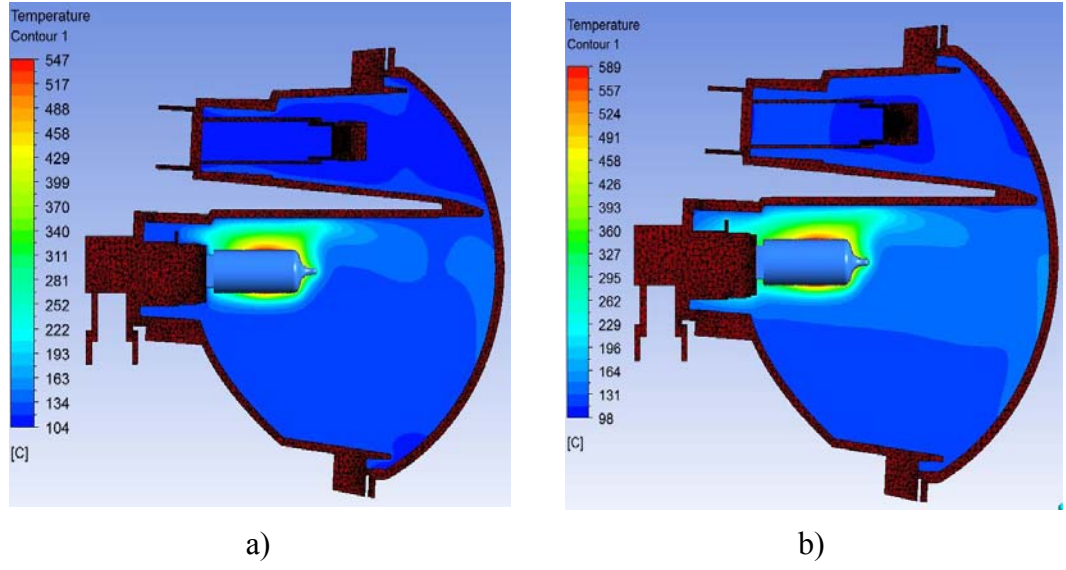
a)

b)

Şekil 4. 76.a.) Gövde-reflektör ısı taşınım miktarı b.) Gövde-reflektör net ışıınımdan miktarı

4.5.4. Sis farı analizlerinde havalandırma deliği etkisi

Sis farlarında ısı analiz sonucu kritik sıcaklıklara ulaşıldığı görülürse, tasarımda yapılabilecek ikinci hamle havalandırma deliğinin oluşturulmasıdır. Dış hava ile temas eden iç hava, soğuma eğilimi göstermektedir. Ampuldeki sabit ısı akısıyla sıcaklığı sürekli artış halinde olan iç hava, dış havaya taşınım ve iletim yoluyla ısı kaybeder Böylelikle iç hacmin sıcaklık değerleri düşürülebilmektedir.



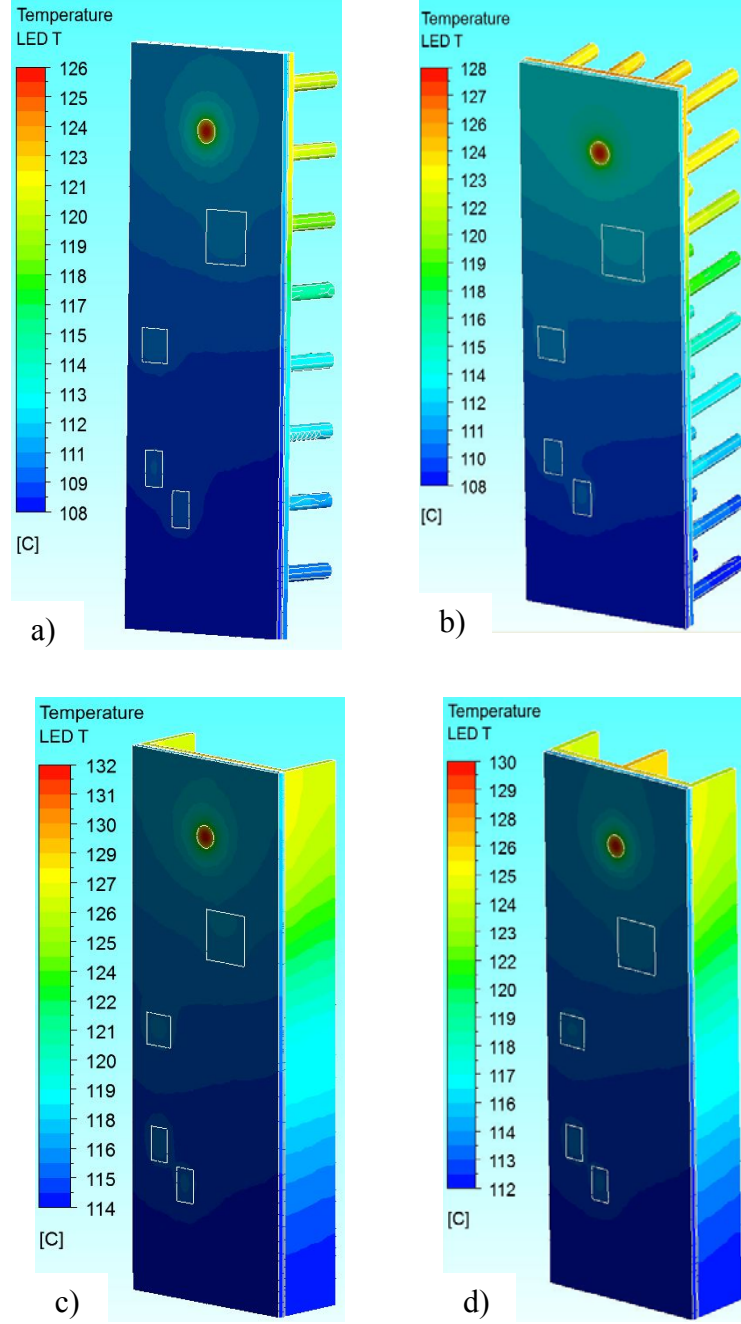
Şekil 4. 77.a) Havalandırma deliği olan sis farında iç hava sıcaklığı b) Havalandırma deliği olmayan sis farında iç hava sıcaklığı

Analizler sonucu şekillerde tespit edilen iç hava sıcaklık dağılımlarına göre, havalandırma deliği sis farı sıcaklık dağılımını büyük ölçüde etkilemektedir. Ele alınan analizde iç hava sıcaklığının yaklaşık 40°C değiştiği tespit edilmiştir.

Analizler sonucu ortaya çıkan sıcaklık problemleri havalandırma deliği eklenerek ya da var olan delik sayısı artırılarak çözülebilir. Sis farlarında sıcaklığın istenen seviyelerde tutulması ve sıcaklığın kontrol edilebilmesi için siyah tepecikli ampul kullanımının, tasarıma havalandırma deliği eklenmesinin, sis farları için öncelikli ve önemli olduğu çalışma sonucu anlaşılmıştır.

4.6 Led yapılarının ısı yönetimi ve ısı transferi açısından incelenmesi

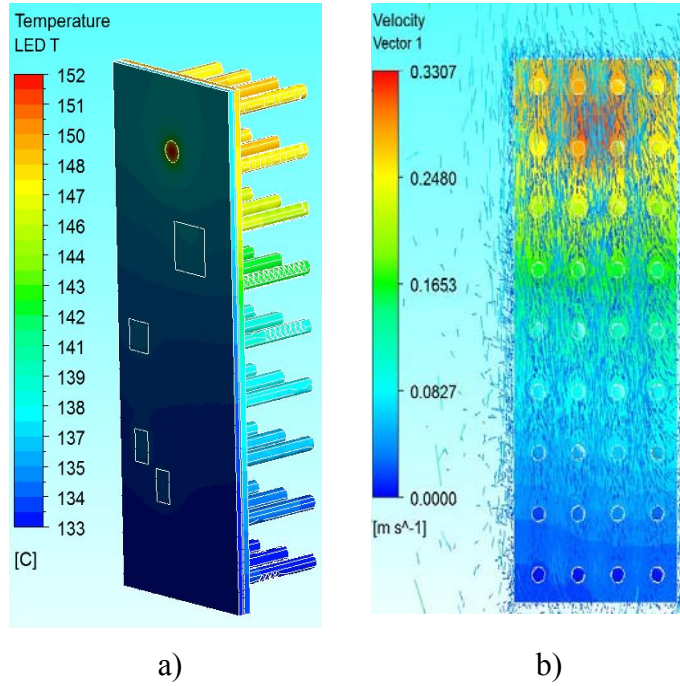
Led ısı tasarım rehberine göre belirlenen kanatçık sayısı, aralık ve boyutlarına göre yapılan analizlerde alınan sonuçlar Şekil 4.78'de verilmiştir.



Şekil 4. 78.a.) 24 dairesel kesitli kanatçık için analiz sonuçları b) 36 adet dairesel kanatçık için analiz sonuçları c) 2 Adet dikdörtgen kesitli kanatçık için analiz sonuçları d) 3 Adet dikdörtgen kesitli kanatçık için analiz sonuçları

Led ısı tasarım rehberine de tasarlanan kanatçıklarla yapılan analizlerde sonuçlar incelendiğinde; 24 adet kanatçığın T_j üzerine etkisi ile 36 kanatçığın T_j üzerine etkisi 2°C 'lik bir sapmaya sahiptir. Kanatçık tasarımı için Eşitlik 3.29'da optimum kanatçık aralığı tespit edilmiş. Sonuçlar $S_{opt} = 7 \text{ mm}$ göre verilmiştir. Akış yönünde kanatçık

aralığının 7 mm'nin altına inmesi hali araştırılmıştır. $S_{opt}= 6$ mm alınarak yapılan analizde, T_j sıcaklığının uygun çıkmadığı, havanın kanatçıklar arasında hızının arttığı gerekli ısı transferini gerçekleştiremediği gözlemlenmiştir (Şekil 4.79). Bu yüzden excel makrosunda elde edilen S_{opt} değerinin dikkate alınmasının önemli olduğu tespit edilmiştir.



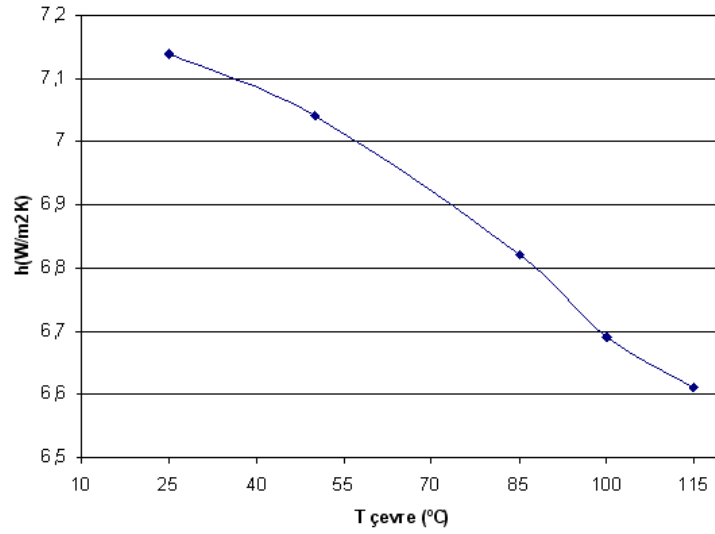
Şekil 4.79.a.) $S= 6$ mm aralıklı, 36 adet dairesel kesitli kanatçık analiz sonucu b) $S= 6$ mm aralıklı, 36 adet dairesel kesitli kanatçıklar arası hız profili

Aynı güçteki Led'in, 100°C ortama konulduğunda led'in T_j değerinin izin verilen değerler içinde tutulamayacağı, o yüzden ledin 100°C'nin altında sıcaklıklarda çalıştırılması gerektiği ortaya çıkmıştır. 100°C çevre şartlarında çalıştırılmak istenen led için led gücünün düşürülmesi de bir alternatif olarak belirlenmiştir.

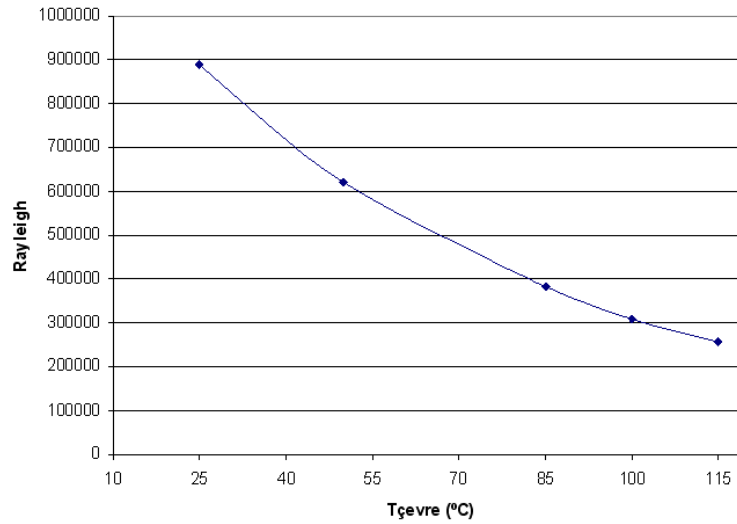
Sonsuz uzunlukta çubuk kabulünden yola çıkılarak farklı çevre sıcaklıklarında 2W çeken PCB-led sistem için elde edilen ısı taşınım katsayı (h), kanatçık ilavesiz T_j değerleri, optimum kanatçık aralığı, Rayleigh değerleri ve sonsuz uzunlukta çubuk kabulüyle çevreye atılan ısı miktarı Çizelge 4.2'de verilmiştir. Analizde baskı devresi alanı 16 cm² olarak alınmıştır.

Çizelge 4.2. Değişen çevre sıcaklığına göre parametrelerin değişimi

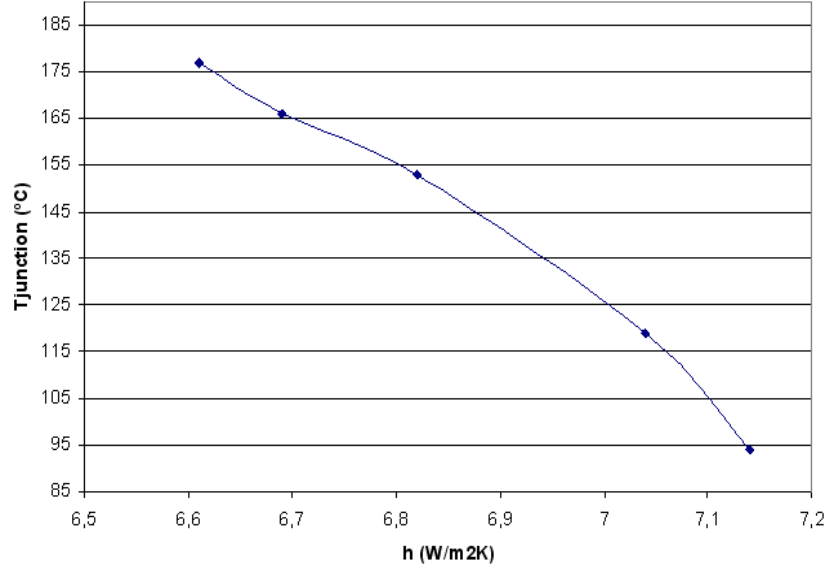
Q= 2(W)					
T _{Çevre}	h(W/m ² K)	Çevreye atılan Q(W)	Ra	Sopt (mm)	Kanatçık olmadan T _{junction} (°C)
25	7,14	1,17	889489	6	94
50	7,04	1,16	620957	6	119
85	6,82	1,08	382973	7	153
100	6,69	1,01	309133	8	166
115	6,61	0,98	255385	8	177



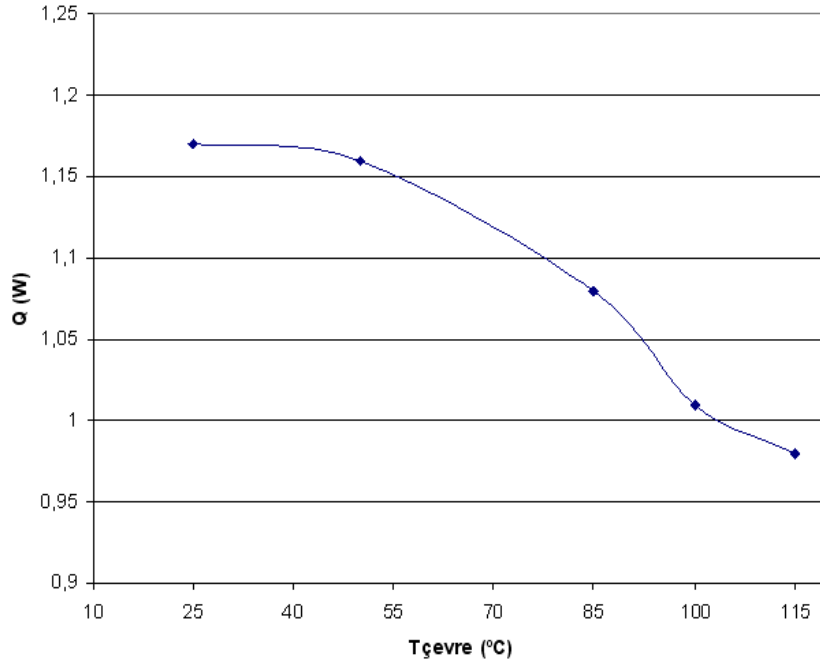
Şekil 4.80. Değişken çevre sıcaklığına göre ısı taşınım katsayısı dağılımı



Şekil 4.81. Değişken çevre sıcaklığına göre Rayleigh sayısı dağılımı



Şekil 4.82. Çevre sıcaklığına göre değişen ısı taşınım katsayı değerine göre $T_{junction}$ değerinin değişimi

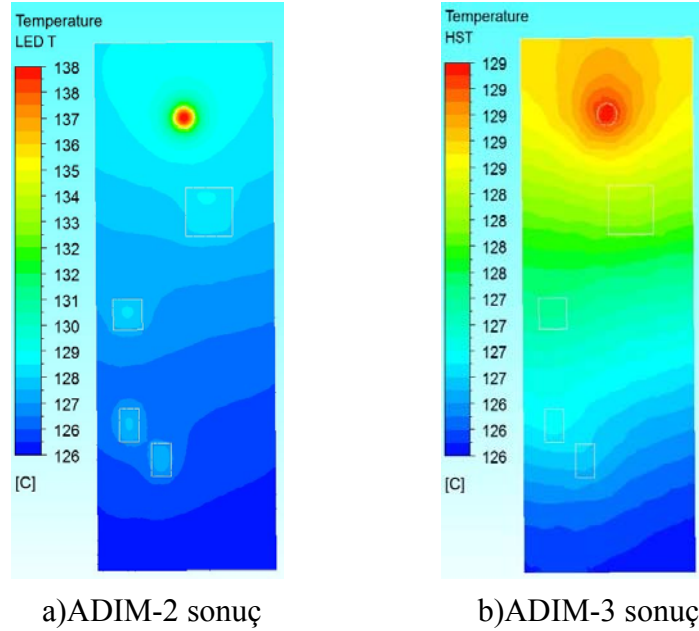


Şekil 4.83. Değişken çevre sıcaklığına göre çevreye atılan ısı miktarı

Led ısıl analizi sonucu elde edilen veriler ışığında çevre sıcaklığındaki artış, ısı taşınım katsayısında ve Rayleigh sayısında düşmelere yol açmaktadır. Bu sebeple yüksek çevre sıcaklığında $T_{junction}$ değeri, seçilen led tipi için uygun gözükmemektedir. Çevre sıcaklığının artışı, genel olarak ledlerin verimli çalışmasına büyük etki etmektedir.

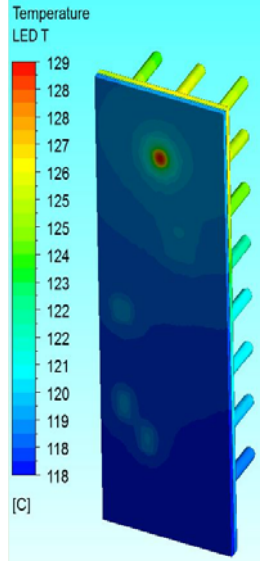
Seçilen 1,3W güç çeken ledin 100°C çevre sıcaklığında çalışması incelenmiş vr sonuçta eşitlik 3.70'e göre Tj değerinin 153°C olduğu tespit edilmiştir.

Halojen farlar içinde kullanılması ön görülen ledin, araştırma sonucunda halojen farlar için kullanılmasının uygun olmadığına karar verilmiştir. Çünkü halojen farların iç sıcaklıkları ortalama 100-120°C olmaktadır. Bu nedenle ledin 0,8 W güç çeken başka bir led ile değiştirilmesine karar verilmiştir. Led ısı tasarım rehberi 100°C çevre sıcaklığı için uygulandığında Şekil 4.84 (b)'de ki Tb: 129°C olarak elde edilmiştir. Hesaplanan kanatçık sayısı excel makrosundan hesaplanan 25 adet dairesel kesitli kanatçıktır.



Şekil 4. 84.Led ısı tasarım rehberine göre a)ADIM-2 b)ADIM-3 sonuçları

0,8 W led seçimine göre Eşitlik 3.70'e göre Tj: 146°C çıkmaktadır. Bu değer izin verilen Tj değerinin altındadır. Fakat sınır değere yakın olmasından dolayı ve Tj değerinin ne kadar yüksek olursa ledin ömrünü olumsuz etkilemesinden dolayı, kanatçık hesaplaması yapılarak kanatçık eklemesi yapılmıştır. Analiz sonucu Tj:137°C değerine ulaşılmıştır. Tj değeri riskli değerden aşağı çekilmiştir.



Şekil 4.85.100°C çevre sıcaklığında 0,8 W led sıcaklık analizi Tj:137°C

Elde edilen Tj değeri ledin katalog değerinin altında olduğu için hem led ömrü, hem ledin çalışması kabul edilen sınırlar içinde kalmıştır. Led ömründen kazanılan yaklaşık 8000 saattir (EK-3).

Analizler sonucunda baskı devresinin çektiği 1 Watt güç değerine karşılık yaklaşık 1 cm² baskı devresi alanının tasarlanması gerektiği ortaya çıkmıştır. Ayrıca çevre sıcaklığının Tj üzerindeki olumsuz etkisini azaltmak üzere tasarımda kanatçıkların gövde elemanı dışına sabitlenmesinin büyük fayda sağlayacağı anlaşılmıştır.

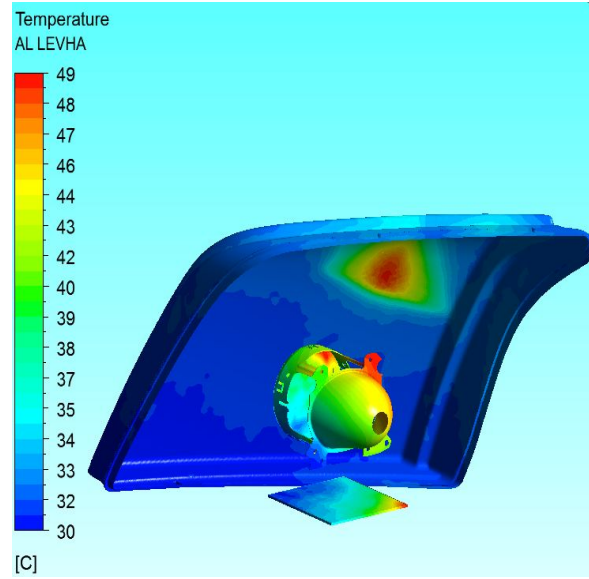
Bir diğer sonuç ise, led ısı tasarım excel makrosu yardımıyla hesaplanan dairesel kesitli kanatçık ile dikdörtgen kesitli kanatçık performansları karşılaştırıldığında ortaya çıkmıştır. Dairesel kesitli kanatçıkların daha etkin olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4. 3. Kanatçık çeşidine göre Tj değerleri

	Hesaplanan Kanatçık sayısı	Tj (°C)
Dairesel kesitli kanatçık	24	139
Dikdörtgen kesitlik kanatçık	2	145

4.7 Güneş yük etkisinin ısı transferi açısından incelenmesi

Güneş yük etkisi şu anda teorik anlamda incelenen, test ekipmanı ve test kabini olarak pahalı bir testtir. Daha çok Amerika kıtası üzerinde güneşin ağır yüklerine karşı otomobil ön cam ve farlarında incelenen bir problemdir. Lensten kırılan ışığın far içinde odaklandığı nokta kaplı malzeme için önemlidir. Örnek analizde 100W verilen güneş ışık değeri lens üzerinden kırılıp pes modüle oradanda kaplı reflektörü temsil eden plaka üzerine düşmüştür.

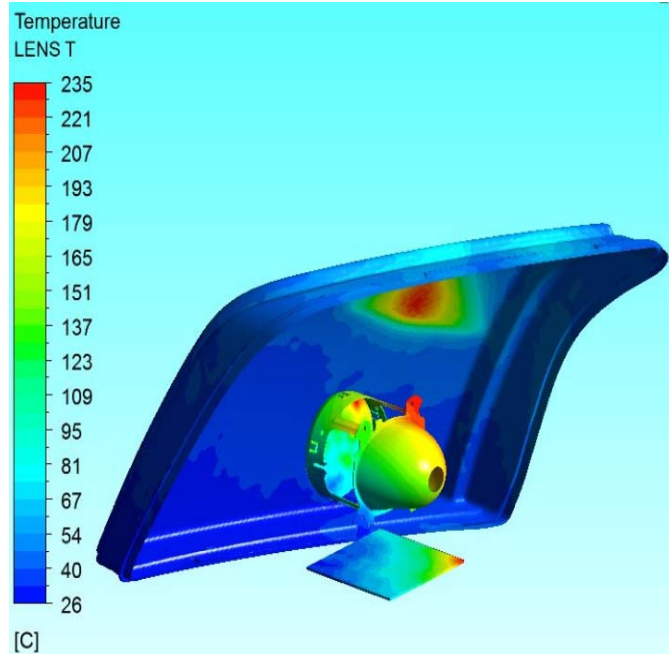


Şekil 4. 86.100°C çevre sıcaklığında 0,8 W led sıcaklık analizi Tj:137°C

Alüminyum levhanın uç noktasına odaklanan ışık yaklaşık 50°C'lik bir sıcaklık artışı oluşturmuştur. Far içinde kullanılan ampul çeşitlerine ve ampul güçlerine göre levha üzerindeki sıcaklığın kritik olup olmadığı kararı verilir.

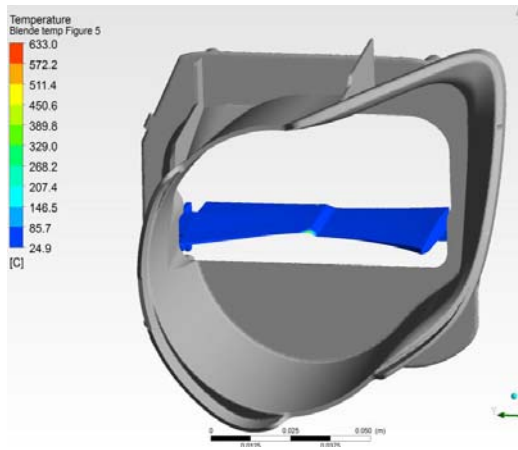
Örnek başka bir çalışmada, güneş ışınlarının odaklandığı malzeme üzerinde olumsuz etkisi gözlenmiştir. Daha çok alüminyum kaplı malzemeler üzerine odaklanan ışığın kaplama kaldırma, bir noktaya odaklanarak malzemeye kalıcı deformasyon etkisi gösterme gibi büyük estetik ve ısıl problemlere neden olmaktadır. Yapılan çalışmada güneş yükünün öncelikle lens tarafından karşılandığı ve lens üzerinde de bazı problemlere neden olabileceği gözlemlenmiştir. Lensler proses olarak vernik kaplama gibi bir prosesten geçmektedir. Güneş yükünün fazlalığı lens üzerindeki verniğin

kalkmasına sebep olabilmektedir. Çalışmada ele alınan örnekte güneş etkisinin lens üzerinde problem çıkaracağı tespit edilmiştir (Şekil 4.87).

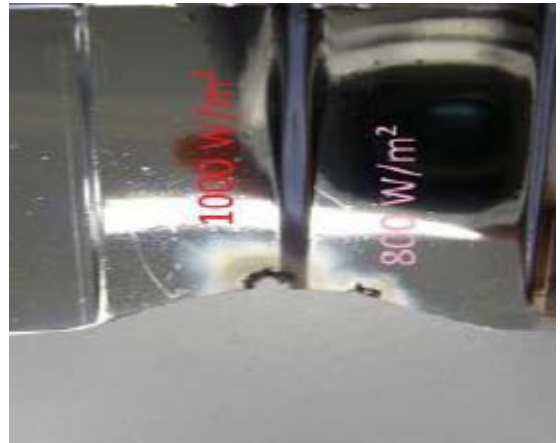


Şekil 4. 87.100W güneş ışığı altında kalan lens üzerinde oluşan sıcaklık

Güneş ışınım etkisi altında kalan başka bir araştırmada malzeme üzerindeki deformasyon bölgesi ve analiz sonucu elde edilen kritik bölge karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.



a)



b)

Şekil 4.88.Güneş yükü a) Analiz sonucu b) Test sonucu

4.7 Yoğuşma etkisinin kütle ve ısı tranferi açısından incelenmesi

Yoğuşma ısı ve kütle transferinin birlikte olduğu multifaz bir çözümdür. Ana sanayi istek olarak yoğuşmanın zaman bağılı olarak ilk 3-5 dakika aralığında oluşup oluşmadığı üzerine odaklanmıştır. Çalışmamızda zamandan bağımsız değişen çevre ve iç hava sıcaklıklarına, izafi nem oranına göre çözümler ele alınmıştır. Yoğuşma probleminin çözümü için, çalışmada yer alan led ısı tasarım rehberi misali bir çözüm akış diyagramı çıkarılmıştır. Diyagrama göre;

1.Adım: İncelenecek farın ısı analizi çevre sıcaklığı ve daha düşük sıcaklıklarda yapılır. Isıl analizden çıkan sonuçlar aşağıda verilen kriterlere göre değerlendirilir.

1) Far içinde havanın sıkıştığı yerler, hızının ve dolaşımının yavaşladığı hacimler ve kapalı hacimler yoğuşmaya sebep olacak bölgelerdir. (Farlarda estetik çerçeve-lens arası bölge, far içinde iç lens ile bölünmüş kapalı hacimler, özellikle ampul eksenlerinin altında kalan far geometrisinin sıkıştığı alt ve kenar bölgeler, arka farlarda geometrinin sıkıştığı dar bölgeler ile kenar ve dip bölgeler dikkate alınmalıdır.)

2) Sıcaklık farkının yüksek olduğu bölgelerde, lens iç yüzey ve yoğuşma beklenen bölgedeki iç hava değerleri esas alınır.

2.Adım: Girdi olarak elde edilen sıcaklıklar, aracın kullanılacağı bölgenin izafi nem oranı ve yoğuşmanın beklendiği L mesafesi dikkate alınarak dik levha üzerinden doğal akış, eğik levha üzerinden doğal akış prensibine dayanan yoğuşma excel makrosu ile yoğuşma olup olmayacağı belirlenir.

Çalışmada çiğ noktası sıcaklığı, $T_y=48^{\circ}\text{C}$, $T_{\infty}=60^{\circ}\text{C}$ %60 izafi nemde Ek 6'yı temel alan excel makrosundan 49°C elde edilmiştir. Yoğuşma tahmin edilen bölge olarak şekil 4.95'de görülen bölgede $0,0000171 \text{ kg/m}^2\text{s}$ değerinde bir kütlenin yoğuştuğu hesaplanmıştır. Bölgede yoğuşmanın olma sebebi, bölgede hava sirkülasyonunun oldukça az olması ve yüzey sıcaklığının çiğ noktası sıcaklığının altında kalmasıdır. Bölge tam kapalı olmasa da hava hareketi için dar bir bölgedir. Çalışmada L değeri yoğuşma beklenen lensin alt bölgesinden tahmini 25 mm'lik bir düzlem olarak kabul

edilmiştir. İzafi nem değeri teorikte kabul edildiği üzere ilk analizde %60 daha sonra %50 alınmıştır. Değişken iç hava, izafi nem ve yüzey sıcaklıklarında yapılan incelemelerde sıcaklık farkının yoğuşmayı etkileyen en önemli etkenlerin başında geldiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.4.Değişken iç hava sıcaklığına bağlı parametrelerin değişimi

		İzafi nem	60%	L=	0,025 m	T _y =	48°C
T _∞	D(m ² /s)	Gr	Sc	Sh	Gr.Sc	T _{çığ} (°C)	m (kg/m ² s)
60	0,00002981	16180	0,630	6	10107	49,00	0,0000171
70	0,0000307	28125	0,622	7	17519	58,46	0,00035
80	0,0000316	37862	0,621	7	23523	67,77	0,00091
90	0,0000325	44585	0,619	8	27631	76,98	0,0017
100	0,0000334	50615	0,618	8	31294	85,82	0,0029

Çizelge 4.5.Değişken yüzey sıcaklığına bağlı parametrelerin değişimi

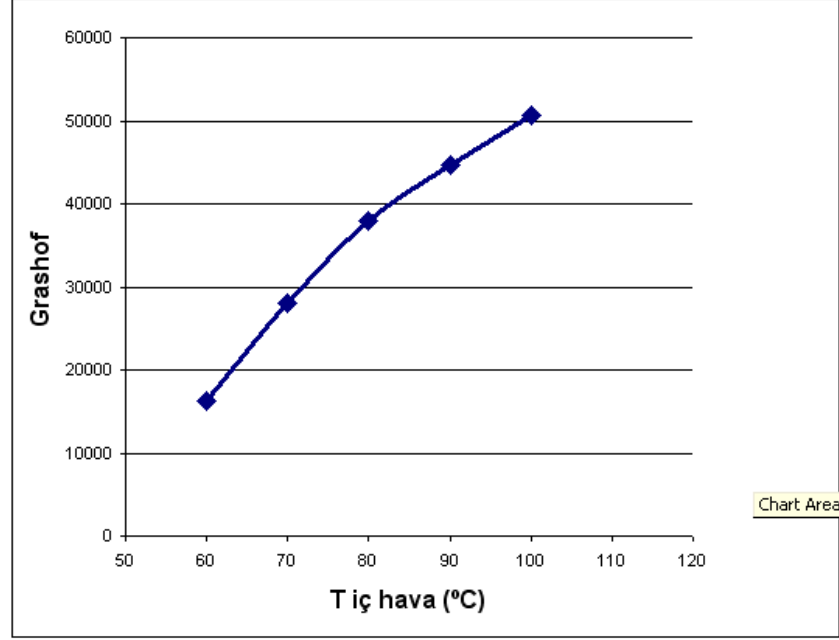
		İzafi nem	60%	L=	0,025 m	T _∞ =	60°C
T _y :	D(m ² /s)	Gr:	Sc:	Sh:	Gr.Sc:	T _{çığ} (°C)	m(kg/m ² s)
48	0,00002981	16180	0,630	6	10107	49,00	0,0000171
40	0,0000291	27501	0,626	7	17218	49,00	0,00021
35	0,0000287	34827	0,627	7	21837	49,00	0,00033
30	0,0000282	42366	0,628	8	26606	49,00	0,0004
25	0,0000278	50136	0,629	8	31536	49,00	0,00051

Farklı yüzey ve iç hava sıcaklıklarına bağlı olarak alınan sonuçlardan sonra izafi nemde oluşacak değişimde göz önüne alınmış ve sonuçlar Çizelge 4.6'da verilmiştir.

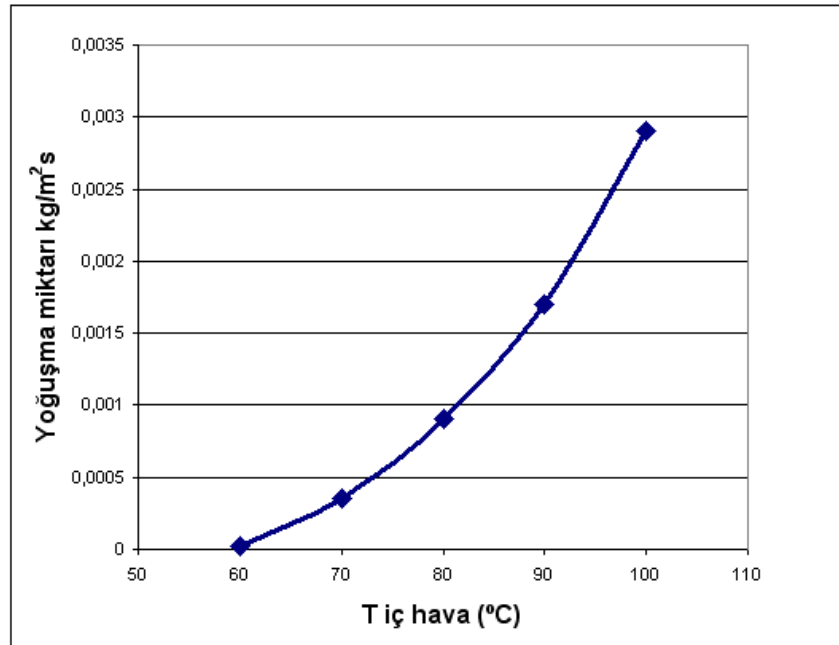
Çizelge 4.6.%50 izafi neme göre parametrelerin değişimi

		İzafi nem	50%	L=	0,025 m	T _y :	48°C
T _∞	D(m ² /s)	Gr	Sc	Sh	Gr.Sc	T _{çığ} (°C)	m(kg/m ² s)
60	0,00002981	16180	0,630	6	10107	45,72	0
70	0,0000307	28125	0,622	7	17519	54,67	0,000192
80	0,0000316	37862	0,621	7	23523	63,66	0,000646
90	0,0000325	44585	0,619	8	27631	72,51	0,00132
100	0,0000334	50615	0,618	8	31294	81,59	0,0023

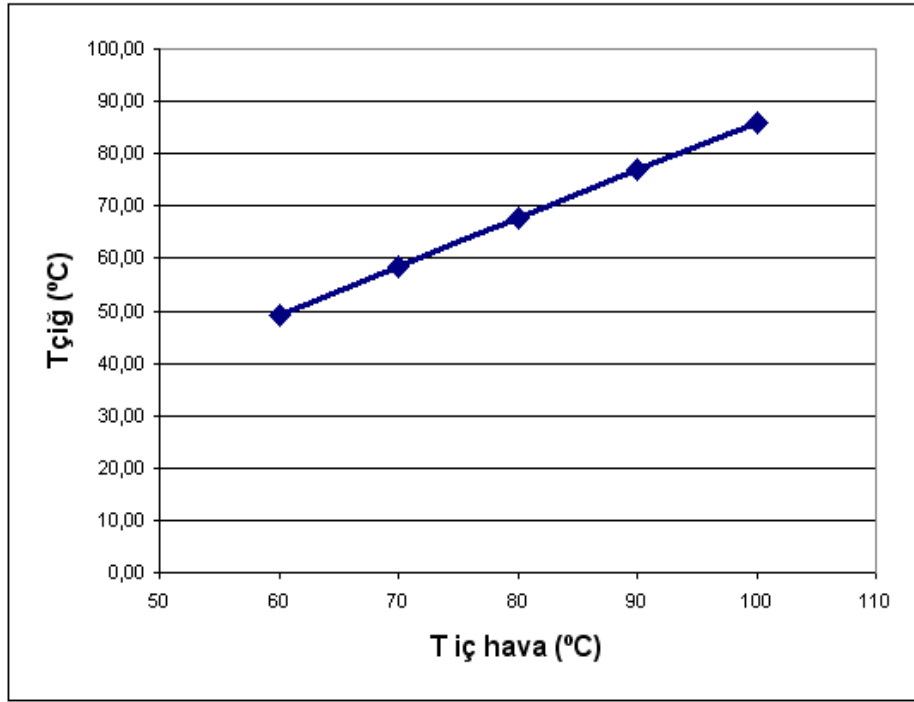
Sıcaklık farkından sonra farın çalıştığı bölgenin izafi nemin önemi de çalışmada tespit edilmiştir. Aynı çevre sıcaklığı ve aynı yüzey sıcaklığında %50 izafi nemde yoğunlaşma olmadığı tespit edilmiştir.



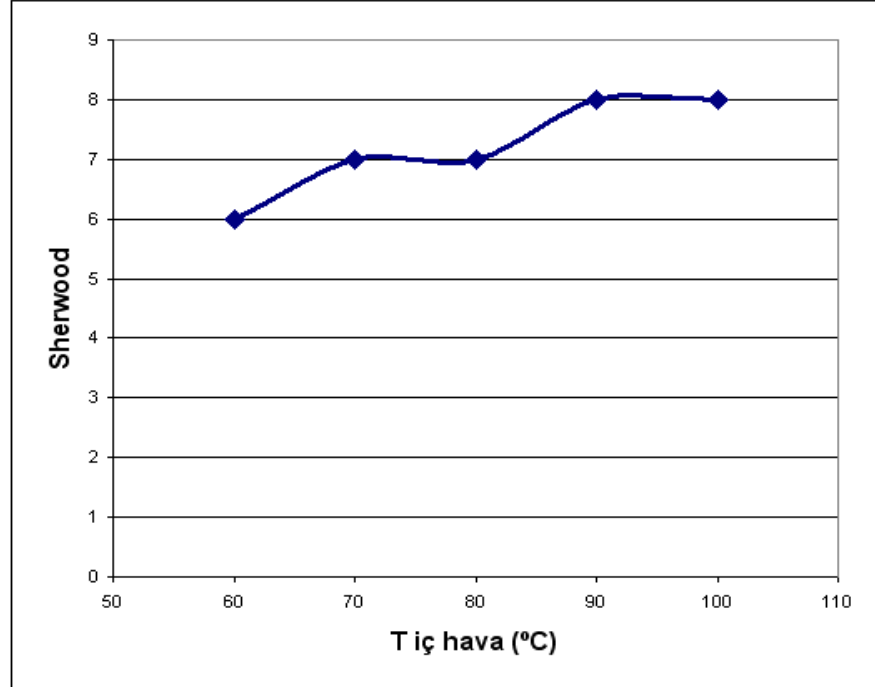
Şekil 4.89. Yoğuşma bölgesi iç hava sıcaklığına göre Gr sayısı değişimi



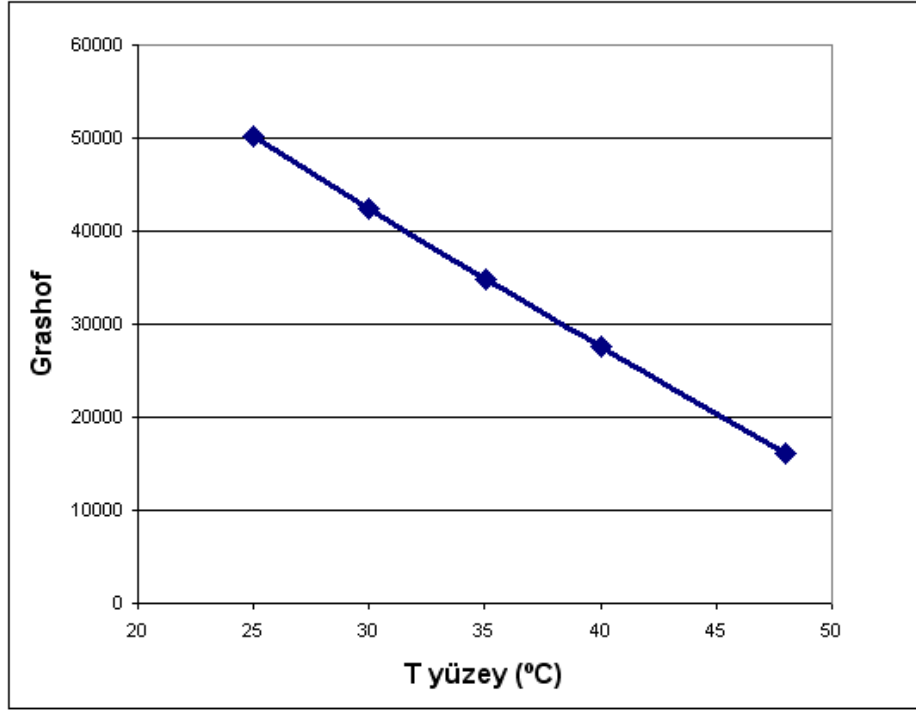
Şekil 4.90. Yoğuşma bölgesi iç hava sıcaklığına göre yoğuşan su miktarı değişimi



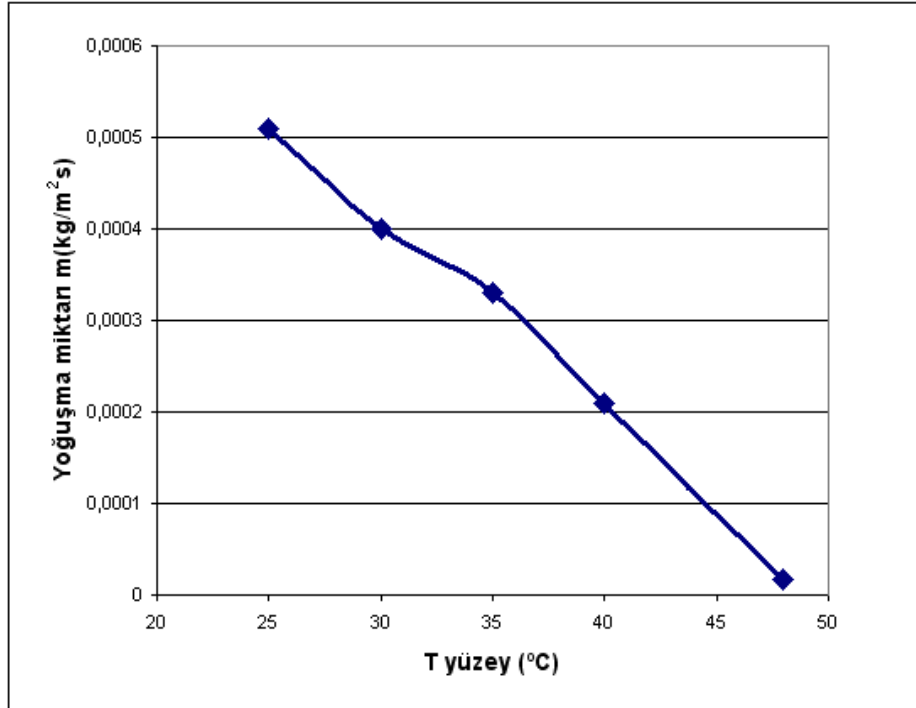
Şekil 4.91. Yoğuşma bölgesi iç hava sıcaklığına göre Tçığ sıcaklığı değişimi



Şekil 4.92. Yoğuşma bölgesi iç hava sıcaklığına göre Sherwood sayısı dağılımı



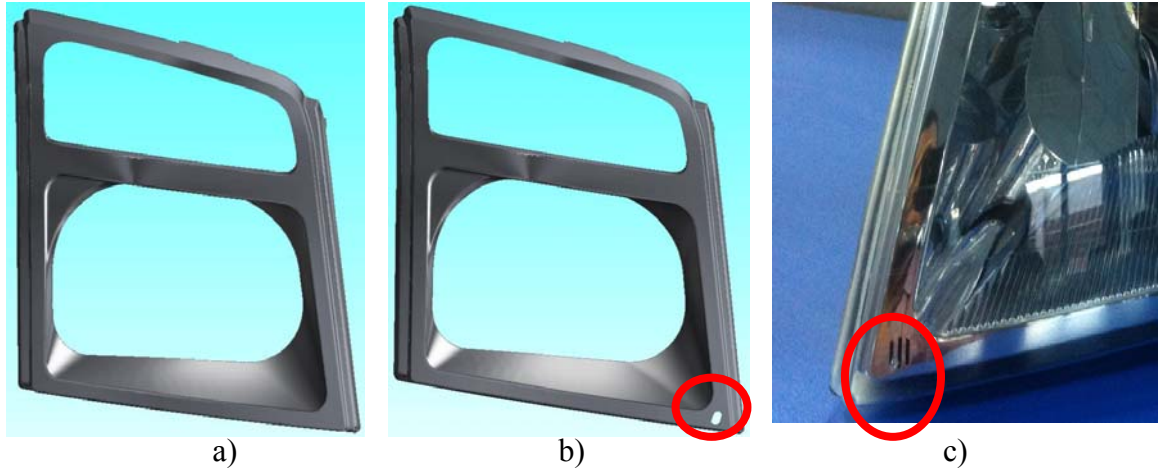
Şekil 4.93. Değişen yüzey sıcaklığına göre Gr sayısı değişimi



Şekil 4.94. Değişen yüzey sıcaklığına göre yoğuşan su miktarı değişimi

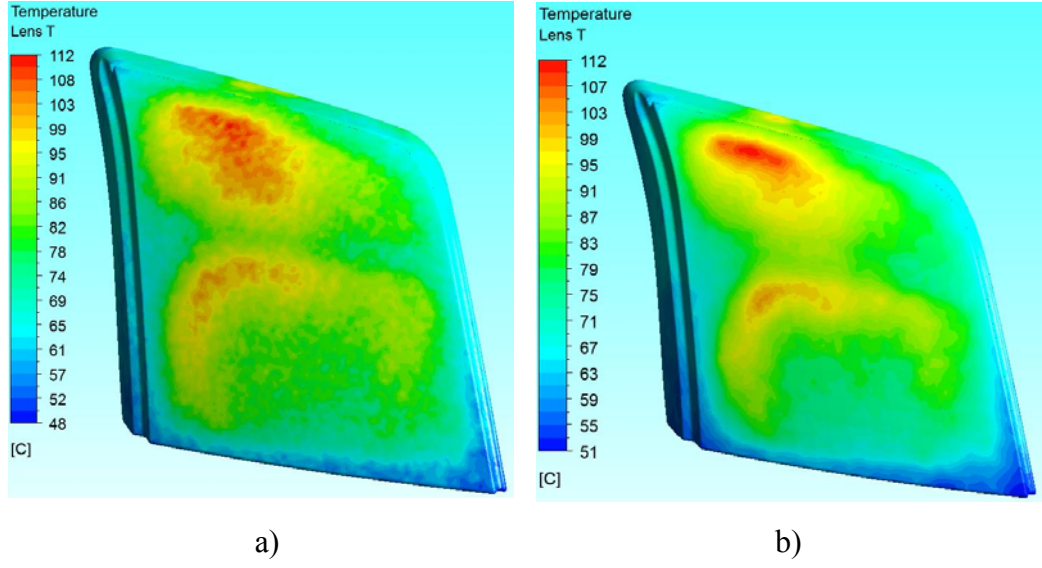
Yoğuşma excel makrosu sonuçlarına göre yoğuşma bölgesinin sıcaklığının artışı, sabit yüzey sıcaklığında Gr sayısı, çığ noktası sıcaklığı, yoğuşan su miktarı ve Sherwood

sayısı ile doğru orantılıdır. Diğer taraftan sabit iç hava sıcaklığında yoğuşma tahmin edilen yüzeyin sıcaklığının artırılması, yoğuşma miktarını ve Grashof sayısını azaltmaktadır. Elde edilen bu önemli veri sonucu yoğuşma tahmin edilen yüzeyin sıcaklığının artırılması gerektiği bölgede hava sirkülasyonunu rahatlatarak, sıcak havanın yüzeye ulaşmasına yardımcı olacak geometrik tasarım değişikliğine gidilmiştir. Elde edilen veriler ışığında yoğuşma beklenen bölgede hava dolaşımının sağlanması, yüzey sıcaklığının artırılarak yüzey sıcaklığının 49°C olan çığ noktası sıcaklığının üzerine çıkarılması gerektiği tespit edilmiştir. Bu maksatla, estetik çerçeve üzerinde yoğuşma beklenen bölüme doğru hava akışı sağlayacak, hava akımına izin verecek Şekil 4.95 (b) ve (c)'de görüldüğü gibi delik açılmıştır.

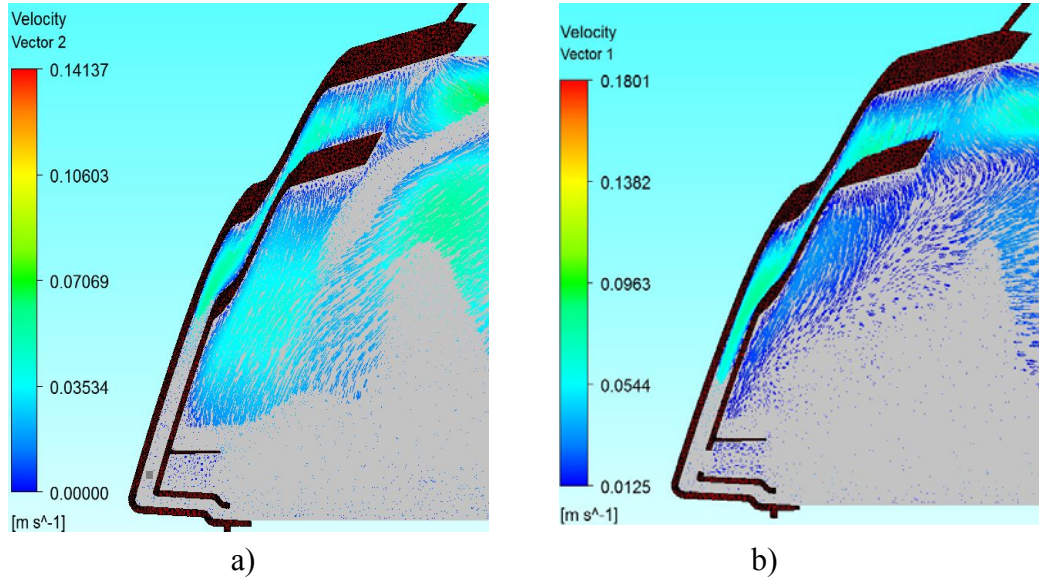


Şekil 4.95. Yoğuşmayı engellemek için açılan delik geometrisi a)Önce b)Sonra c)Ürün üzerinde

Tasarımdaki geometri değişikliğinden sonra yoğuşma beklenen yüzeyde sıcaklık artışı tespit edilmiştir. Geometri değişikliği sonucu ısıl analiz tekrarlanmış ve Şekil 4.96'da görüldüğü gibi yoğuşma beklenen bölge 51°C ile çığ noktası sıcaklığının üzerine çıkmıştır.



Şekil 4.96. Lens iç yüzey sıcaklığı a) Geometri değişikliği öncesi b) Geometri değişikliği sonrası



Şekil 4. 97. İç hava vektörel hız dağılımı a) Geometri değişikliğinden önce b) Geometri değişikliğinden sonra

Gerekli görülen geometri değişikliğinden sonra yoğuşa olan yüzeyde sıcaklık ve hava akışının oluştuğu gözlemlenmiştir. Yoğuşma problemine basit temel bir yaklaşım olan çözüm yöntemi, temel anlamda bazı öngörüler ve sonuçlar vermektedir.

5. SONUÇ

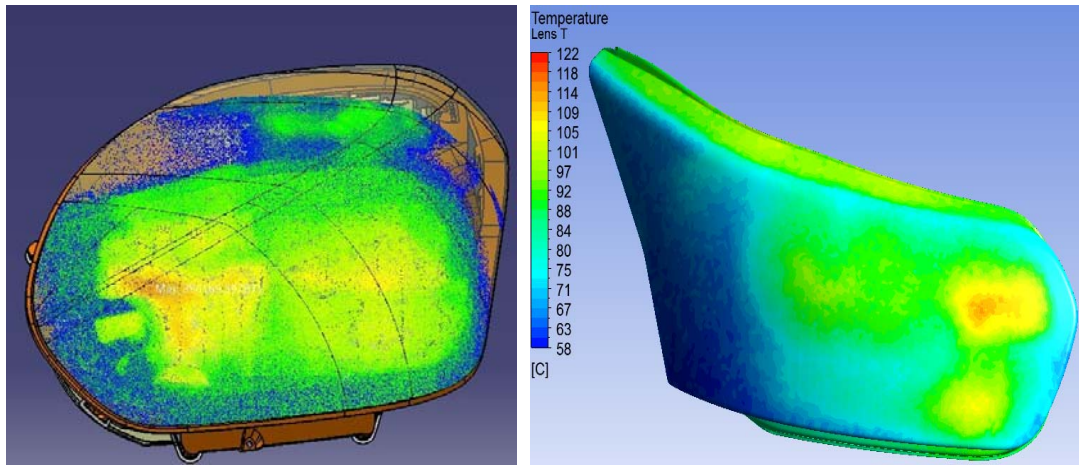
Bu çalışma araç aydınlatma sistemlerinde öncelikli problemlerden biri olan sıcaklık problemi ve bu problemi müteakiben sıcaklık farklarından oluşan problemlerin üzerine bir çalışmadır. Araç aydınlatma sistemlerinde yüksek sıcaklık nedeniyle far içindeki bileşenlerde kaplama kalkması, malzeme erimesi, kalıcı deformasyon, lens üzerinde sıcaklık kaynaklı çökme gibi problemlerle karşılaşmaktadır. Problemlerin üretim esnasında tespiti ve çözülmesi büyük maliyetlere sebep olmaktadır. Çalışmada öncelikli olarak bahsi geçen sıcaklık kaynaklı problemlerin tespiti ve üretim aşamasından önce tasarım anında gerekli tedbirlerin alınması, tasarımın doğru yönlendirilmesi hedeflenmiştir.

Bunun için araç aydınlatma sistemleri için öncelikle ön aydınlatma farları, arka görünürlük elemanları ve sis farları ayrı ayrı ele alınmıştır. Üç sistem için de test ve analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Analizler için gerekli olan mesh eleman yapısı ve mesh eleman sayısından bağımsız çözümler elde edilmiştir. Her eleman için sıcaklık riskleri ve cihaz içi bileşenlerin sıcaklık davranışları ayrı ayrı incelenmiştir. Çalışmada belirlenen kriterler diğer projelere de uygulanmak üzere know-how olarak saklanmıştır. Son yıllarda ön far ve arka görünürlük elemanlarında kullanılmaya başlanan led sistemleri ve soğutma şekilleri incelenmiş ve led ısı tasarım excel makrosu hazırlanmıştır. Sıcak ülkeler için geçerli olan güneş yükü etkisi ön farlar için incelenmiş, Ansys CFX'de problemin parametreleri belirlenmiştir. Yine bir sıcaklık problemi olan yoğuşma riskleri incelenmiş. Yoğuşmanın tespiti için yoğuşma oranı hesap excel makrosu oluşturulmuştur.

5.1 Araç ön aydınlatma sisteminin analizinden elde edilen sonuçlar

Çalışmada öncelikli olarak mesh eleman sayısından bağımsız çözüm elde edilmiştir. Eleman sayısından bağımsız çözümün elde edilmesi sonra yapılan analizler, deneysel sonuçlarla büyük tutarlılık göstermiştir. Ön farda kullanılan ampullerin etrafında havanın karakteristiği, akış şekli ve parametreleri incelenmiştir. Ampul etrafında doğal akış yapan havanın far içindeki bileşenler üzerinde etkisi tespit edilmiştir. Özellikle ana reflektör malzeme seçiminin oldukça önemli olduğu, ana reflektörün yüksek sıcaklığa

dayanıklı BMC gibi malzemelerden seçilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Uzun ve kısa hüzmeye ampulünden çıkan sıcak havanın doğal taşınım yoluyla direk olarak ana reflektöre çarptığı görülmüştür. Ana reflektörden sonra riskli ikinci bileşenin sinyal reflektörü olduğu görülmüştür. Sinyal ampulüne güç verilmesi halinde doğal taşınım ile sinyal reflektörü üst bölgesine akan sıcak havanın sinyal reflektörünü olumsuz şekilde etkilediği gözlemlenmiştir. Bu tespiti göre sinyal reflektörünün, sinyal ampulünün filamanının tam üst bölgesine delik açılması gerektiği tespiti yapılmıştır. Ön farlarda önemli başka bir komponent lensdir. Lens üzerine büyük oranda ışınım ve az da olsa taşınım etkisi ile gelen havanın lens üzerinde kritik sıcaklığı aşmaması gerekmektedir. Çalışmada ısının lens üzerinde yayılımının öncelikli olarak optik, yansıtıcı yüzeylerden etkilendiği görülmüştür. Şekil 5.1’de görüldüğü üzere XCAL ile alınan ışık dağılımı ile ısıl analiz sonucu elde edilen sıcaklık dağılımı görülmektedir.



Şekil 5.1.a)XCAL enerji dağılımı b) ANSYS CFX sıcaklık dağılımı

Bu yüzden lens üzerine düşen ısı miktarının artırılması ve azaltılmasında birinci etkenin optik olduğu görülmüştür. Lens üzerine düşen sıcaklık problemi optik ile çözülemez ise siyah tepecikli ampul kullanımı, ışık perdesi kullanımı gibi tasarım parametrelerinin uygulanması gerektiği ortaya çıkmıştır. Ön far tasarımında yoğunlaşma ön çalışmasında elde edilen verilere göre havanın akışının rahat olması, havanın sirkülasyonunun homojen şekilde olabilmesi için özellikle estetik çerçeve, lens aralığına dikkat edilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Isıl analizden çıkan sıcak hava akış diyagramına göre gerekli olan bölgelere sirkülasyon deliklerinin açılması gerektiği ortaya çıkmıştır. Ön farlarda led kullanımı dahilinde, çalışmada led ısıl tasarım

parametreleri incelenmesi ve ledin far içinde çevre sıcaklığı düşük bir yere yerleştirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Çevre sıcaklığının led üzerindeki etkisinin azaltılması gerektiği tespit edilmiştir. Eğer mümkünse ısı dağıtıcı, kanatçıkların far hacmi dışına, çevre havası içine monte edilmesi tavsiye edilmektedir.

5.2. Araç arka görünürlük ve aydınlatma sisteminin analizinden elde edilen sonuçlar

Arka aydınlatma ve görünürlük elemanı için ön farlarda yapıldığı gibi öncelikli olarak eleman sayısından bağımsız çözüm elde edilmiştir. Arka aydınlatma ve görünürlük elemanları ön farlara göre daha küçük ve iç elemanları açısından daha kompakt yapıdadır. Bu yüzden sıcaklık problemleri ön farlardan daha fazla olduğu görülmüştür. Özellikle geri sis fonksiyonunun arka aydınlatma elemanı içinde olmasının hacmin ısı yükünü arttırdığı tespit edilmiştir. Arka aydınlatma elemanlarında ampullerin yanma süreleri, ampullerin iç hacim içindeki konumları dikkate alındığında, sıcaklık anlamında en riskli olan bölgenin sis ve geri vites fonksiyonunda olduğu görülmüştür. Ampuller etrafındaki hava akışı karakteristiği incelendiğinde aynı ön farlarda olduğu gibi ampul çevresinde doğal taşınım olduğu tespit edilmiştir. Bu yüzden özellikle hacme göre sis ve geri vites fonksiyonu reflektör bölgelerinde, ampul filamanı üst kısmına gelen bölgelerde, boşaltmalar yapılması ön görülmüştür. Arka elemanlarda gövde ve reflektörün aynı olduğu parçalarda reflektör bölgeleri kaplamalı yapılırken, gövdeye dahil olan arka yüzeylerin kaplanmamasının ışınım üzerinde etkisi olacağı için kaplı ve kapsız yüzey davranışlarına dikkat edilmelidir. Arka aydınlatma elemanlarında doğal taşınımdan reflektöre gelen sıcak havayı delik geometrileri oluşturarak aşmak mümkündür. Fakat eğer arka aydınlatma elemanında ampuller geometrik olarak bir eksende ve üst üste sıralanırsa sis ve geri vites reflektör bölgelerinde delik geometrisi oluşturmak yeterli olmayabilir. Bunun önüne geçmek için boşaltılan bölgeye ısı kalkanı (galvanizli çelik) parça tasarımı yapılır. Bu parça sıcaklığı absorbe edecek ve doğal taşınım ile yükselen havanın gövde üzerine zarar vermesi engellenmiş olacaktır. Işınımın yoğun etkisiyle lens bölgesinde oluşan sıcaklığı istenen seviyelerde tutmak önemli olmuştur. Ön farlarda olduğu gibi lens üzerindeki sıcaklığın birinci derecede etkisi optik yüzeylerden gelmektedir. Lens üzerinde riskli bir sıcaklık değeri varsa ilk

müdahale optik kısım tarafından yapılmalı, ışık XCAL programı aracılığı ile dağıtılmalıdır. Yine ön farlarda olduğu gibi led kullanımında, ledin yerleştirileceği bölgenin çevre sıcaklığının düşük olması gerekmektedir. Arka aydınlatma farları hacim olarak küçük ve gelişen üretim teknikleri ile daha formlu tasarlanabilmektedir. Bu yüzden ki hava sirkülasyonunu engelleyecek dar kesitli tasarımlar yapılabilmektedir. Üretim tekniklerindeki bu gelişme ısıl analizler sonucu sınırlandırılmıştır. Çünkü dar kesitli geometriler ön farlarda olduğu gibi hava sirkülasyonunu zora sokan ve yoğunlaşma riski oluşturan geometrilerdir. Ön farlarda alınan önlemlerin benzerleri arka farlarda da alınmalıdır.

5.3. Araç ön sis farlarının ısıl analizinden elde edilen sonuçlar

Ön sis farları içinde arka ve ön aydınlatma elemanları için kullanılan yöntem izlenmiştir. Öncelikli olarak meshten bağımsız çözüm elde edilmiş ve bu çözümle karşılaştırılması yapılacak olan test düzeneği kurulmuş ve testler yapılmıştır. Ön sis farları içinde kullanılan ampuller ön farlarda kullanılan güçlü ampuller olduğu için analizler sonucu sis farı reflektör malzemesinin farlarda kullanılan BMC'den daha dayanıklı bir malzeme olması gerektiği görülmüştür. Sis farlarının arka aydınlatmadan daha küçük hacim içermeleri ve daha güçlü ampul kullanmaları sonucu lens elemanında büyük risk altın girmiştir. Bu yüzden kullanılan ampulde siyah tepecik olması lens sıcaklık değerleri için önemlidir. Çalışmada siyah tepecik uygulamasının lens üzerindeki sıcaklığı 10°C düşürdüğü görülmüştür. Lens malzemesi sislerdeki yüksek sıcaklık sebebiyle genelde cam ya da yüksek sıcaklık dayanımlı plastik malzemeden yapılmaktadır. Eğer iç hacimde birden fazla ampul DRL fonksiyonu ile birleşerek kullanılıyorsa burada da reflektörü yüksek sıcaklıktan korumak için ısı kalkanı uygulaması yapılabilir. Led uygulamalarının sis farları içinde DRL fonksiyonu olarak kullanımının artması ile soğutulması gereken elektronik devrelerin sis farı içine yerleşiminin önemli olduğu görülmüştür. Genel itibari ile halojen ampul kullanılan sislerde elektronik devrelerin ve ledlerin doğal taşınım gerçekleşen iç hacimde halojen ampulün alt kısmına yerleştirilmeleri uygun görülmüştür.

5.4. Ledlerin ısı analizinden elde edilen sonuçlar

Ledlerin ön ve arka aydınlatma sistemlerinde kullanıma başlaması ile bir diğer ısı analiz problemi olan ve elektronik soğutma prensiplerini temel alan soğutma problemidir. Ledler T_j sıcaklığına bağlı olarak verimlilikleri değişmektedir. T_j sıcaklığının yüksek olması kullanım süresini azaltmasına ve ışık gücünün zayıflamasına sebep olmaktadır. Bu yüzden ledlerin öncelikle ön far ya da arka far iç hacminde halojen ampullerin akselerinden aşağıda bir bölüme yerleştirilmeleri gerektiği ortaya çıkmıştır. Ledler ürettikleri ısının çoğunu iletim ve taşınım ile geri doğru attıkları için kullanılan malzemelerin ısı direnç değerleri ve iletim katsayıları oldukça önemlidir. Ledler için kanatçık tasarımında artırılmış yüzeylerden ısı transferi temel alınarak, excel makrosu yardımıyla gerekli kanatçık sayısı belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen verilere göre her 1 W'lık güç için, yaklaşık 10 cm² baskı devresi alanının gerekli olduğu ortaya konmuştur. Belirlenen kanatçık sayısının optimum kanatçık aralığına göre tasarlanması, aksi takdirde havanın kanatçıklar arasında boğulmasının söz konusu olacağı görülmüştür. Kanatçık tasarımının her zaman için akışa paralel şekilde olması gerektiği tespit edilmiştir. Kanatçık örneklerinde dairesel kesitli kanatçık ile dikdörtgen kesitli kanatçık denemesi yapılmıştır. Ledin içinde bulunduğu hacmin sıcaklığı önemli olduğu için eğer tasarım anlamında mümkünse kanatçıkların soğutmayı daha verimli yapabilmesi için far hacmi dışına montajı tercih edilmelidir.

5.5. Yoğuşma ön ısı analizinden elde edilen sonuçlar

Çalışmada yoğuşma, ısı analiz sonuçlarından alınan verilerle yapılan bir ön değerlendirme olarak yer almaktadır. Isı analizden alınan hava akış diyagramlarının incelenmesi sonucu, elde edilen sıcaklık farkları ile yoğuşma olup olmayacağı zamandan bağımsız olarak belirlenmiştir. Yoğuşma için riskli bölgenin tayini ve gerekli tasarım değişikliklerinin yapılması söz konusu olmuştur. Yoğuşmanın engellenmesi için hava sirkülasyonunu destekleyen geometrilerin oluşturulması gerekmektedir. Formlu geometrilerde özellikle arka aydınlatma elemanlarında estetik çerçeve ve lens arasında havanın akışını rahatlatacak geometrilerin açılması gerekmektedir. Yoğuşma için

hazırlanan excel makrosunda iç hava ve yoğuşma beklenen yüzey sıcaklığını girdi kabul eden hesaplamada, yüzeyde yoğuşma olup olmayacağı görülmekte ve tasarımın başında gerekli önlemler alınmaktadır.

Bu çalışma Bilim, Sanayi ve Teknoloji bakanlığı tarafından desteklenmiş bir Santez projesidir. Projenin know-how geliştirmek dışında sürekli yurtdışına yaptırılan analizlerin yurtiçine kaydırılması, projelerin daha sağlıklı yürümesi, kalıp maliyetlerinin minimize edilmesi, az hata ile tasarımın dondurulması, çıkabilecek ısı problemlerin önleniminin erken alınması gibi amaçları da bulunmaktadır. Bu amaçlar doğrultusunda bugün ısı analizler yurt içinde yapılmakta, hatta yurt dışına ısı analizler konusunda danışmanlık yapılmaktadır. Analizler sayesinde önceden tespit edilen sıcaklık problemleri sayesinde kalıp onarım maliyetlerinde kayda değer düşmeler olmuştur. “Araç aydınlatma sistemlerinin ısı analizi projesi” (00521.STZ.2010-1) Bilim, Sanayi ve Teknoloji bakanlığı tarafından San-Tez programı kapsamında desteklenen bir projedir. San-Tez projesi başlamadan önce ortaya konan hedefler proje süresince başarıyla sonuçlandırılmıştır. Proje çıktısı olarak artık Avrupa’ya analiz gönderilmemektedir. Yurtdışında Hindistan, Çin’e danışmanlık yapılır hale gelinmiştir. Projede çalışması yapılan led ısı tasarım rehberi ile kanatçık tasarımı da yapılabilir hale gelmiştir. Ön çalışma olarak yoğuşma probleminin oluşma nedeni ve bir takım çözüm önerileri belirlenmiştir.

Bu çalışmadan sonra devam etmesi gereken araştırmalar:

-Öncelikle elektronik devre soğutma sistemlerinin daha detaylı incelenmesi ve kanatçık tasarım süresinin kısaltılması için çalışmalar yapılmalıdır.

-LED baskı devrelerinde bulunan vias (baskı devresi üzerindeki delik geometrileri) etkileri ve değişik malzemeler ile tasarımı halinde nasıl sonuçlar elde edileceği belirlenmelidir.

-Far içinde havanın sirkülasyonun zorlandığı ya da olmadığı bölgelere farklı geometri çalışmaları yapılarak havanın dolaşımının nasıl sağlanacağı üzerine çalışmalar yapılmalıdır.

-Yoğuşmaya tasarım anlamında engel olunamıyorsa, yoğuşma olan bölgenin resistans ile ısıtılıp ısıtılmayacağı incelenmelidir.

KAYNAKLAR

Abu-Hijleh, B.A/K. 2003. Natural convection heat transfer from a cylinder with high conductivity permeable fins. *ASME* ,125 (2):282-288.

Ahuja, L., Wakchaure, V., 2012. Thermal Analysis of Automotive Head Lamp Using CFD Analysis. Simulation Driven Innovation, HTC 2012.

Alaimo, J., 2010. Sözlü görüşme. Automotive Lighting Italia S.p.A Via Cavallo 18,10078 Veneria Reale, Torino, 15.12.2010, Jacopo.Alaimo@al-lighting.com

Ambrosini, D., Paoletti, D., Spagnolo, G.S. 2003. Study of free-convective onset on a horizontal wire using speckle pattern interferometry. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 46 (22):4145-4155.

Anonim, 2002. Calculating Junction Temperature from Thermal Resistance. Sirenza microdevices, AN027, CA USA.

Anonim, 2009. History of Automotive Headlamps. <http://www.autoevolution.com/news/history-of-automotive-headlamps-from-acetylene-to-leds-4485.html>

Anonim, 2009. Evaluating the Lifetime Behavior of LED Systems. www.philipslumileds.com

Anonim, 2009. Calculation of thermal resistance and junction temperature. www.powerluxtech.com/files

Anonim, 2009. Handling and assembly method of Powerlux power LEDs. www.powerluxtech.com/files

Anonim, 2009. Room temperature operation life test.. www.powerluxtech.com/files

Anonim, 2010. Ansys CFX 2012 version 12.1 user manual, www.ansys.com/products/icemcfd.asp

Anonim, 2011. Led junction temperature and life time, www.noribachi.com

Anonim, 2011. <http://www.geceucusu.com/topic/2411-halojen-far-nedir-nelerden-olur/>

Anonim, 2012. Automotive Lighting. <http://www.al-lighting.com/home/>

Anonim, 2012. Automotive Lighting. http://en.wikipedia.org/wiki/Automotive_lighting

Anonim, 2013. <http://forum.grandepuntotr.com/634780-post1.html>

- Arika, M., Becker, C., Weaver, S., Petroski, J., 2004.** Thermal Management of LEDs: Package to System. Third International Conference on Solid State Lighting, Bellingham.
- Ashjaee, M., Eshtiaghi, A.H., Yaghoubi, M., Yousefi, T. 2007.** Experimental investigation on free convection from a horizontal cylinder beneath an adiabatic ceiling, *Experimental Thermal and Fluid Science*, 32 (2):614-623.
- Atayilmaz, S.O., Teke, I.2009.** Experimental and numerical study of the natural convection from a heated horizontal cylinder, *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 36 (7):731-738.
- Atmane, M.A., Chan, V.S.S., Murray, D.B. 2003.** Natural convection around a horizontal heated cylinder: The effects of vertical confinement. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 46 (19):3661–3672.
- Barozzi, G.S., Corticelli, M.A., 2000.** Natural convection in cavities containing internal sources. *Heat and Mass Transfer*, 36:473-480
- Bararnia, H., Soleimani, S., Ganji, D.D., Boltzmann, L. 2011.** Simulation of natural convection around a horizontal elliptic cylinder inside a square enclosure. *International Communications in Heat and Mass Transfer* 38 (10):1436-1442.
- Bauer, H.1999.** Automotive Electric/Electronic Systems Lighting Technology. Bosch GmbH, Stuttgart, 52.
- Bernhard, B., Ludwig, P., 1999.** Thermal Considerations for Surface Mounted LED's. *SAE Technical Paper*,
- Bielecki, J., Jwania, A.S., Khatib, F.E., Poorman. T. 2007.** Thermal consideration for led components in an automotive lamp. 23rd IEEE SEMI-THERM Symposium, San Jose, CA USA.
- Carter, L.L., Cashwell, E.D., 1975.** Particle-transport simulation with the Monte Carlo method. Los Alamos Scientific Lab. N.Mexico.
- Chenevier, C., 2001.** Thermal simulation in lighting systems-5 days/5 degrees. In: Proceedings of the fourth International Symposium Progress in Automotive Lighting, Darmstadt, Germany.
- Cheng, C.Y. 2009.** Natural convection heat transfer from a horizontal isothermal elliptical cylinder with internal heat generation.. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 36 (4):346-350.
- Cheng, C.Y. 2010.** Natural convection boundary layer flow of fluid with temperature dependent viscosity from a horizontal elliptical cylinder with constant surface heat flux, *Applied Mathematics and Computation*, 217 (1): 83-91.

Chiang, T., Ossin, A., Tien, C.L., 1964. Laminar free convection from a sphere. *J. Heat Transfer* 86, 537–542.

Christensen, A., Graham, S., 2009. Thermal effects in packaging high power light emitting diode arrays. *Applied Thermal Engineering*, 29 (2-3):364-371.

Churchill, S.W., 1983. Comprehensive theoretical based, correlating equations for free convection from isothermal spheres. *Chem. Eng. Commun*, 24:339–352.

Clemes, S. B., Hollands, K.G.T., Brunger, A.P. 1994. Natural convection heat transfer from long horizontal isothermal cylinders. *ASME Journal of Heat Transfer*, 116 (1):96-105.

Clemens J. M. L., Simons, R. E., 2005. Advances In High-Performance Cooling For Electronics. <http://www.electronics-cooling.com/2005/11/advances-in-high-performance-cooling-for-electronics/>.

Corcione, M. 2005. Correlating equations for free convection heat transfer from Horizontal isothermal cylinders set in a vertical array. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 48 (17):3660-3673.

Cengel, Y.A 2011. Heat and Mass Transfer. Guven Bilimsel Kitabevi, Izmir.

Demir, H. 2010. Experimental and numerical studies of natural convection from horizontal concrete cylinder heated with a cylindrical heat source. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 37 (4):422-429.

Deponti, A., Damiani, F., Brugali, L., Bucchieri, L., Zattoni, S., Alaimo, J., 2009. Modelling of Condensate Formation and Disposal inside an Automotive Headlamp. 4th European Automotive Simulation Conference, Munich.

Derlofske, J.V., Bullough, J.D., Gribbin, C. 2007. Comfort and visibility characteristics of spectrally tuned high intensity discharge forward lighting systems. *European Journal of Scientific Research*, 17 (1): 73-84.

Ersan., H.A., 2012. Dış türbülansın akış ve ısı transferi karakteristikleri üzerine etkilerinin sayısal olarak araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

Farouk, B., 1983. Natural convection heat transfer from an isothermal sphere. *Thermal Sci.* 16:347–364.

Filipuzzi, A., Cotula, O., Pipino, A., Zanoletti, F., Paroni, S.2007. Thermal Behaviour of Bulb and LED based Automotive Rear Lamps. *Proceedings of the 3 rd EACC 2007 European Automotive CFD Conference*, Eds. K.W. Seibert and M. Jirka, Published by ANSYS, Inc.

Fischer, P., 2005. Radiative Heat Redistribution and Natural Convection Flow inside an Automotive Fog Lamp. ISAL 2005 Symposium, Germany, Darmstadt.

GE Lighting, 2009. Thermal Management Vio AppNotes-Thermal. ILUM006, USA.

Grafsronningen, S., Jensen, A. 2011. B.A.P. Reif, PIV investigation of buoyant plume from natural convection heat transfer above a horizontal heated cylinder. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 54 (23-24):4975-4987.

Hamm, M., 2005. LED Revolution in Headlamp Optics, Mechanics, Thermomanagement and Styling. ISAL Symposium.

Henson, J. C., Malalasekera, W. M. G. 1997. Comparison of the discrete transfer and monte carlo methods for radiative heat transfer in three-dimensional, nonhomogeneous, scattering media. *Numerical Heat Transfer Part A Applications*, 31 (1):19-36.

Honeywill, T. 2007. Simulation sees, *Automotive Engineer* (-) (December) 32-33.

Hu, S., Yu, G., Cen Y., 2012. Optimized thermal design of new reflex LED headlamp. *Applied Optics*, 51, (22):5563-5566.

http://203.158.253.140/media/eBook/Engineer/Heat%20And%20Mass%20Transfer/Hanbook%20of%20Heat%20Transfer/35558_04.pdf (Accessed in 13 August 2012)

Incropera, F.P., DeWitt, D.P. 2001. Fundamentals of Heat and Mass Transfer. Literatür yayıncılık, Istanbul, 954.

Jang, S., Shin, W.S. 2008. Thermal analysis of LED arrays for automotive head lamp with a novel cooling system. *IEEE Transactions on Device and Materials Reliability*, 8 (3):561-564.

Jang, S.H., Kang, Y.E., Shin, M.W., 2012. Thermal modeling and measurement of junctions in photovoltaic packages. *J Nanosci Nanotechnol*, ;12 (4):3292-5.

Ji, Y., Cook, M.J., Hanby, V.I., Infield, D.G., Loveday, D.L., Mei, L. 2007. CFD modelling of double-skin façades with venetian blinds. in : *Proceedings of the IBPSA Building Simulation*, pp. 1491-1498.

Kiliç, M., Yiğit, A., 2000. Isı Transferi. Vipaş, Bursa, 1 s,

Kikuchi, K., Hamashiam, Y., Kobayashi, Y., 2005. Prediction of junction temperatures with CFD for headlamp application. ISAL Symposium Proceeding, Munich.

Kobayashi, T., Tsubokura, M. 2009. CFD application in automotive industry. *100 Vol. Of Notes on Numerical Fluid Mechanics NNFM 100*, Springer, Heidelberg, pp. 285-295.

Kreith, F., Bohn, M.S. 2001. Principles of Heat Transfer. Brooks/Cole, California, pp.317-318.

Kuehn, T.H., Goldstein, R.J. 1980. Numerical solution to the Navier-Stokes equations for laminar natural convection about a horizontal isothermal circular cylinder. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 23 (7):971-979.

Kukichi, K., Hamashima, Y., Kobayashi, Y., 2006. Prediction of LED Junction Temperatures with CFD for Headlamp Application. Ichikoh Industries, Japan.

Küpper, L., Schug, J., 2002. Active night vision systems. SAE paper No.2002-01-0013.

Lai, Y., Cordero, N., Barthel, F., Tebbe, F., Kuhn J., Apfelbeck, R., Würtenberger, D., 2009. Liquid cooling of bright LEDs for automotive applications, *Applied Thermal Engineering*, 29:1239-1244.

Langebach, J., Fischer, P., Karcher, Ch. 2007. Convective heat transfer of internal electronic components in a headlight geometry. *International Journal of Applied Science, Engineering and Technology*, (4):130-135.

Langebach, J., Senin, S., Karcher, Ch. 2007. Experimental study of convection and radiation interaction in a headlight model using pressure variation. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 32 521-528.

Lee, S., 1995. How to select a heat sink. <http://www.electronics-cooling.com/1995/06/how-to-select-a-heat-sink/>

Molla, Md. M., Hossain, Md. A., Paul, M. C. 2006. Natural convection flow from an Isothermal horizontal circular cylinder in presence of heat generation. *International Journal of Engineering Science*, 44 (13-14):949-958.

Molla, Md. M., Paul, S.C., Hossain, Md. A. 2009. Natural convection flow from a horizontal circular cylinder with uniform heat flux in presence of heat generation. *Applied Mathematical Modelling*, 33 (7):3226-3236.

Moore, D. W., 1998. Headlamp history and harmonization. Michigan, Report No. UMTRI-98-2.

Moore, W.I., Donovan, S.E., Powers, C.R. 1999. Thermal analysis of automotive lamps using the ADINA-F coupled specular radiation and natural convection model. *Computers and Structure*, (72):17-30.

Moore, W.I., Donovan, S.E., Powers, C.R. 1999. Temperature prediction for automotive headlamps using a coupled radiation and natural convection model. SAE Paper No.01-0698.

Moore, W.I., Powers Ch.R. 2000. Utilizing CFD for thermal analysis of a prototype HID fog lamp. *Society of Automotive Engineers*, 801 (1):71-84.

Newport, D.T., Dalton, T.M. , Davies, M.R.D., Whelan, M., Forno, C. 2001. On the Thermal interaction between an isothermal cylinder and its isothermal enclosure for cylinder Rayleigh number of order 10^4 . *ASME Journal of Heat Transfer*, 123 (6):1052-1061.

Okada, Y., Nouzawa, T., Nakamura. T., 2002. CFD Analysis of the flow in an automotive headlamp. *JSAE Review*, 23 (1):95-100.

Poorman, T., Bielecki, M., Chang, F., Khatib E., 2004. Evaluating Thermocouple Measurement Techniques for Automotive Lighting. *SAE Technical Paper*, (01):665.

Poorman, T. Et al., 2001. Automotive Lighting Thermal Performans Prediction Methots. *SAE Technical Paper*, (01):858.

Poppe, A., Lasance, C., 2009. On the Standardization of Thermal Characterization of LEDs. Proc.25th Semitherm, San Jose.

Quereshi, Z.H., Ahmad, R. 1987.Natural convection from a uniform heat flux horizontal cylinder at moderate Rayleigh numbers. *Numerical Heat Transfer*, 11 (2):199-212.

Razavi, S.E., Barar, F., Farhangmer, V. 2008. Characteristics-Based finite-volume soluton for natural convection around a horizontal cylinder. *Journal of Applied Sciences* 8 (10):1905-1911.

Reymond, O., Murray, D.B., O'Donovan, T.S. 2008. Natural convection heat Transfer from two horizontal cylinders, *Experimental Thermal and Fluid Science* 32 (8): 1702-1709.

Roychowdhury, D.G., Das, S.K., Sundararajan, T. 2002. Numerical simulation of natural convective heat transfer and fluid flow around a heated cylinder inside an enclosure. *Heat and Mass Transfer*, 38 (7-8):565-576.

Prhashanna, A., Chhabra, R.P., 2010. Free convection in power-law fluids from a heated sphere. *Chemical Engineering Science*, 65 (23): 6190–6205.

Rubinstein, R., Kroese, D. P., 2007. Simulation and the Monte Carlo Method. Wiley, New Jersey, 1-7.

Saitoh, T., Sajik, T., Maruhara, K. 1993. Benchmark solutions to natural convection heat transfer roblem around a horizontal circular cylinder. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 36 (5):1251-1259.

Sano, T., Okihara, R.,1994. Natural convection around a sphere immersed in a porous medium at small Rayleigh numbers. *Fluid Dynamics Research*, 13 (1):39-44.

Senin, S., Wachsmann, E., Karcher, C., 2005. Thermal analysis in automotive components. ISAL Symposium proceeding.

Senin, S., Langebach, J., Karcher, Ch. 2008. Determination of interior surface temperature using luminance measurement of thermochromic liquid crystals. *Experimental Thermal and Fluid Science*, (21):133-142.

Sheu, G. J., Hwu F. S., Tu S. H., Chen, W.T., Chang, J. Y., Chen, J.C., 2005. The heat dissipation performance of LED applied a MHP. 5941-36 (2):1-8.

Shih, T.I-P. 2001. Application of CFD in the automotive industry: Where do we want to be and how to get there? Final Report for NSF Grant CTS-0001794, East Lansing, MI.

Shiozawa, T., Toshio, O., Tatsuya, O., Norihisa, T., Tetsuyo, S., Kihachiro, U., Koichi, S., Shuichi, G., Toshio, K., 2000. Thermal Air Flow Analysis of an Automotive Headlamp. Second Report: Prediction of Temperature and flow field. Proceedings. JSAE Annual Congress, Japan.

Sivak, M., Schoettle, B., Flannagan, M.J. 2006 Mercury-free HID lamps: glare and colour rendering. *Lighting Research Technology*, 38 (1) :33-40.

Sokmen, K.F., Pulat, E., Yamankaradeniz, N., Coskun, S. 2012. Otomobil Farlarının Isıl Analizi. 6.Otomotiv teknolojileri kongresi OTEKON 2012, 04-05 Haziran 2012, Uludağ Üniversitesi, Bursa.

Song, D., Gupta, R. K., Chhabra, R.P., 2012. Heat transfer to a sphere in tube flow of power-law liquids. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 55 (7-8): 2110-2121.

Souza, J.M.M., Vogado, J., Costa, M., Bensler, H., Freek, C., Heath, D. 2005. An experimental investigation of fluid and wall temperature distributions in an automotive headlight. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, (26):709-721.

Spiga, G., Spiga, M., 1985. Effect of boundary reflection on radiative heat transfer in participating media. *International Journal of Heat and Fluid Flow*. 6:235-240.

Sun, S.Y., Emery, A.F., 1997. Effects of wall conduction, internal heat sources and an internal baffle on natural convection heattransfer in a rectangular enclosure. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 40 (4):915-929.

Toichiro, S., Norihisa, T., Tetsuyo, S., Kihachiro, U., Shuichi, G., Toshio, K., 2000. Analysis of Mixed Convection inside an Automotive Headlamp. Prediction of the Temperature on the surface of the Parts by SHT Method. Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers. B, Japan.

Vora, K., Vijaykumar, P., 2009. Basic thermal guidelines for using PowerPSoC. Cypress perform, CA.

Wang, P., Kahawita, R., Nguyen, T.H., 1990. Numerical computation of the natural convection flow about a horizontal cylinder using splines. *Numerical Heat Transfer Part A Applications*, 17 (2):191-215.

Wang, Z., Fan, J., Luo, K., Cen, K., 2009. Immersed boundary method for the simulation of flows with heat transfer. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 52 (19-20): 4510-4518.

Wulf, J. 1998. Calculation of temperature loads in headlamps, SAE International congress and Exposition, Detroit. pp. 59-64. (SAE Technical Paper 980315, 1998, doi:10.4271/980315).

Wulf, J., Reich, A. 2002. Temperature loads in headlamps. SAE World Congress and Exhibition, Detroit.

Yamamoto, S., Niiyama, D., Shin, B.R 2004.A Numerical method for natural convection and heat conduction around and in a horizontal circular pipe. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 47 (26):5781-5792.

Yamankaradeniz, R., Horuz, İ., Coşkun, S., Kaynaklı, Ö., Yamankaradeniz, N., 2012. İklimlendirme esasları ve uygulamaları. Dora yayınları, Bursa, 58-64,592 s.

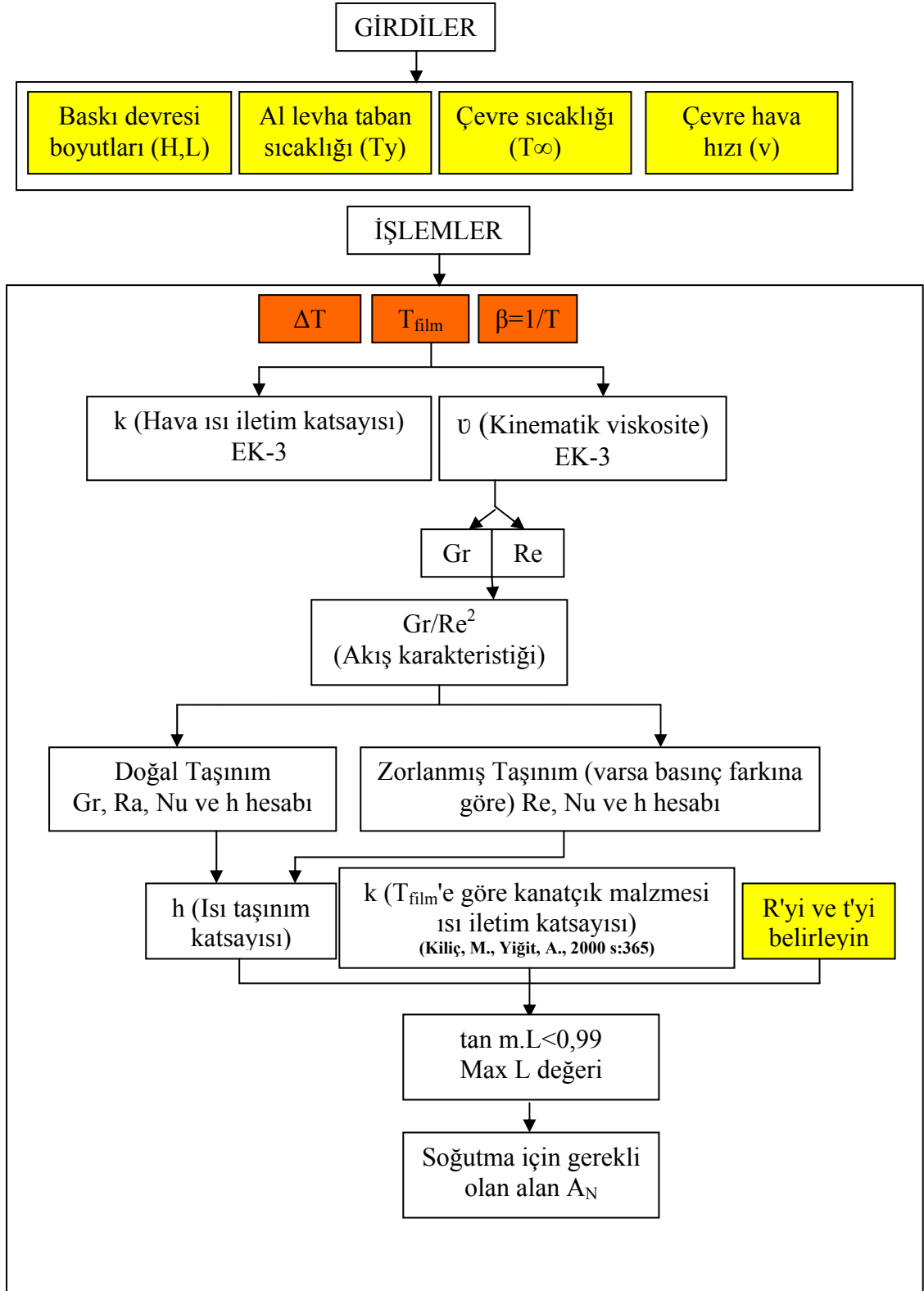
Yerkes, K.L., Faghri, A., 1992. Mixed convection in a large baffled rectangular chambers with internal heat source. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 35 (5):1209-1228.

Zeitoun, O., Ali, M. 2006. Numerical investigation of natural convection around isothermal horizontal rectangular ducts. *Numerical Heat Transfer Part A*, 50 (2): 189-204.

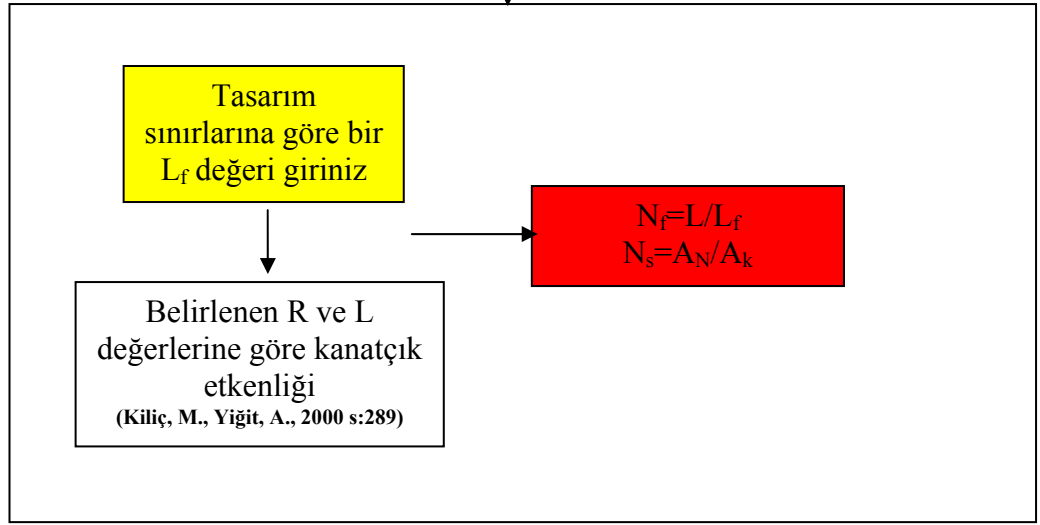
Zhao, Y., Zhang, B., 2000. A high-order characteristics upwind FV method for incompressible flow and heat transfer simulation on unstructured grids. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 190 (5-7): 733-756

EK-1

LED ISIL TASARIM EXCEL MAKROSU ÇALIŞMA ALGORİTMASI

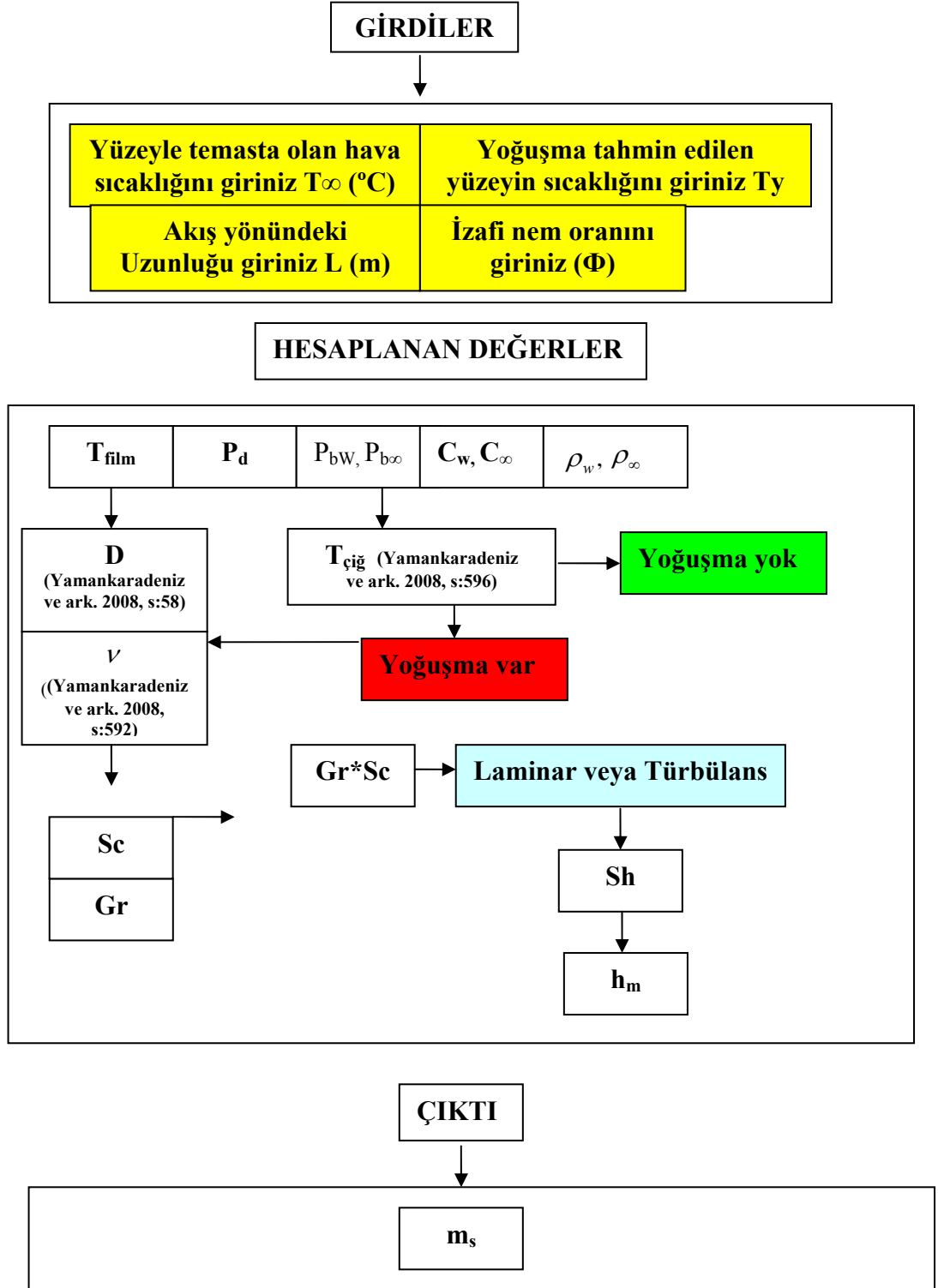


ÇIKTILAR



EK-2

YOĞUŞMA EXCEL MAKROSU ÇALIŞMA ALGORİTMASI



EK-3

Led ömür tablosu

Beyaz Işık Yayan LED için Maksimum Ömür Tahmini

Operating Condition	B50L70	B3L70
200 mA, $T_c \sim 125^\circ\text{C}$, $T_j \sim 135^\circ\text{C}$	50000 hrs	18000
200 mA, $T_c \sim 135^\circ\text{C}$, $T_j \sim 145^\circ\text{C}$	50000	10000
250 mA, $T_c \sim 135^\circ\text{C}$, $T_j \sim 150^\circ\text{C}$	50000	7500
350 mA, $T_c \sim 120^\circ\text{C}$, $T_j \sim 135^\circ\text{C}$	50000	10000
350 mA, $T_c \sim 135^\circ\text{C}$, $T_j \sim 150^\circ\text{C}$	31000	5900
500 mA, $T_c \sim 130^\circ\text{C}$, $T_j \sim 150^\circ\text{C}$	23000	4400
700 mA, $T_c \sim 120^\circ\text{C}$, $T_j \sim 150^\circ\text{C}$	17000	3300

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Kemal Furkan SÖKMEN
Doğum Yeri ve Tarihi : BURSA-09.04.1978
Yabancı Dili : İNGİLİZCE

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : BURSA ERKEK LİSESİ 1996
Lisans : ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ-2002
Yüksek Lisans : ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ-2005

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl :

Assan Hanil Otomotiv A.Ş 08-2013.....
Tofaş Türk Otomobil Fabrikası A.Ş 05-07.2013
Magnetti Marelli Mako Elektrik Sanayi A.Ş 2008-2013
Uludağ Üniversitesi Orhangazi M.Y.O 2003-2008

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

Yayımları :

- 1. Sokmen, K.F., Pulat, E., Yamankaradeniz, N., Coskun, S. 2012.** Otomobil Farlarının Isıl Analizi 6.Otomotiv teknolojileri kongresi OTEKON 2012, 04-05 Haziran 2012, Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- 2. Sokmen, K.F., Pulat, E., Yamankaradeniz, N., Coskun, S. 2012.** Otomobil Farlarının Isıl Analizi. Uludağ Üniversitesi 2. Bilgilendirme ve AR-GE günleri, 13-15 Kasım 2012, Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- 3. Bayram A.G., Pulat E., Coşkun S., Yamankaradeniz N., Kocabıyık E., Sokmen, K.F., Yamankaradeniz R., Şenyıldız T. 2012.** Araç Aydınlatma Sistemlerindeki Yoğuşma Problemi Analizi ve Tasarım Açısından İncelenmesi, Uludağ Üniversitesi 2. Bilgilendirme ve AR-GE günleri, 13-15 Kasım 2012, Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- 4. Sokmen, K.F., Yamankaradeniz, N., Aytaç, F.R 2012.** Su Soğutmalı Akü Modülü, TET Proje pazarı, 22 Mart 2013, Haliç Kongre Merkezi, İstanbul.
- 5. Sokmen, K.F., Yamankaradeniz, N., Aytaç, F.R 2012.** Elektrikli Araçlar için Su Soğutmalı Akü Modülü, ULUTEK Bilim ve Teknoloji Haftası, 2 Nisan 2013, ULUTEK, Bursa.

6. Sokmen, K.F., Pulat, E., Yamankaradeniz, N., Coskun, S. 2013.(Basım aşamasında) Thermal Computations of the Temperature Distribution and Bulb Heat Transfer in an Automobile Headlamp.Heat and Mass Transfer. DOI: 10.1007/s00231-013-1229-5

7. Sokmen, K.F., Pulat, E., Yamankaradeniz, N., Coskun, S. 2012. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) ile Led Jonksiyon Tayini ve Kanatçık Hesabı. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi (ULIBTK) 09-12 Eylül 2013.Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.

8. Yamankaradeniz, N., Coşkun S., Kaynaklı Ö., Pastakkaya B., Sökmen K.F.2013.(Hakem değerlendirmesinde) Performans Analysis of a Closed Loop Heat Pump Assisted Dryer, Thermal Science 2013, Belgrade, Serbia