

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**LED ARMATÜRLERİN ISINMA SORUNLARININ ÇÖZÜMÜNE YÖNELİK
FARKLI SOĞUTUCU KANATÇIK
TİPLERİ İLE KARŞILAŞTIRMALI ANALİZ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Oytun KÖKKAYA

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik Mühendisliği Lisansüstü Programı

AĞUSTOS 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**LED ARMATÜRLERİN ISINMA SORUNLARININ ÇÖZÜMÜNE YÖNELİK
FARKLI SOĞUTUCU KANATÇIK
TİPLERİ İLE KARŞILAŞTIRMALI ANALİZ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Oytun KÖKKAYA
(504071013)**

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik Mühendisliği Lisansüstü Programı

**Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Canan KARATEKİN
Eş Danışman: Prof. Dr. Sermin ONAYGİL**

AĞUSTOS 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 504071013 numaralı Yüksek LisansÖğrencisi **OytunKÖKKAYA**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**LED ARMATÜRLERİN ISINMA SORUNLARININ ÇÖZÜMÜNE YÖNELİK FARKLI SOĞUTUCU KANATÇIK TİPLERİ İLE KARŞILAŞTIRMALI ANALİZ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. Canan KARATEKİN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Eş Danışman : **Prof.Dr. Sermin ONAYGİL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Ramazan ÇAĞLAR**
İstanbul Teknik Üniversitesi

.....
Prof. Dr. Nurettin UMURKAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

.....
Yrd. Doç. Dr. Arif KARAKAŞ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **28 Ağustos 2015**
Savunma Tarihi : **11 Eylül 2015**

Aileme ve dostlarıma,

ÖNSÖZ

Tezimi yazdığım sırada bana sonsuz destek veren ve sabır gösteren danışmanlarım Yrd. Doç. Dr. Canan Karatekin'e ve Prof. Dr. Sermin Onaygil'e teşekkürü bir borç bilirim. Aynı zamanda bana yardımlarını esirgemeyen ve yardımcı olan Ar. Gör. Berker Yurtseven'e ile Ar. Gör. Seher Mete'ye teşekkür ederim.

Eğitim öğretim hayatım boyunca desteklerini benden esirgememiş, hayatımın her döneminde koşulsuzca yanımda olan anne ve babama çok teşekkür ederim.

Ağustos 2015

Oytun Kökkaya
Elektrik Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	1
1.2 LED Teknolojisi İle İlgili Genel Bilgi	1
1.2.1LED’lerin verimliliği ve konvansiyonel ışık kaynaklarıyla karşılaştırılması	1
1.2.2 Kullanım süresi	2
1.2.3LED’lerde görülen arızalar ve bozulmalar.....	3
1.2.3.1 Muhafaza ile ilgili sorunlar	3
1.2.3.2Yarı iletken ve metal ile alakalı sorunlar	3
1.2.3.3Gerginlik ile alakalı sorunlar.....	4
1.2.4Avantaj ve dezavantajlar	4
2. LED TEKNOLOJİSİ.....	7
2.1 Amaç	7
2.2 LED’lerin Çalışma Prensibi	7
2.2.1Yansıma indisleri	7
2.3 Renk Sıcaklığı	8
2.4Sıcaklığın LED Üzerindeki Etkileri	10
3. LİTERATÜR TARAMASI	11
4. ÖRNEK SİMÜLASYON	19
4.1 Kullanılan Program	19
4.2 XLAMP CXA 2011 LED’in Özellikleri	19
4.3Modelin Çizimi	23
4.4Simülasyon Parametreleri	26
5. YAPILAN SİMÜLASYON ÇALIŞMALARI	33
5.1 İğne Ve Plaka Kanatçıkları Karşılaştırılması	33
5.1.1 Simülasyonların yürütülmesi ve elde edilen değerler	34
5.2 İğne Kanatçıklı Tasarımın Optimizasyonu.....	42
5.3Sonuçlar Matrisi	48
6. SONUÇLAR	53
6.1 Genel	53
6.2 Yorumlar Ve Fikirler.....	54
KAYNAKLAR	57
ÖZGEÇMİŞ.....	59

KISALTMALAR

LED	: Light Emitting Diode
PCB	: Printed Circuit Board
T_{max}	: En yüksek arayüz sıcaklığı
T_{min}	: En düşük arayüz sıcaklığı
RGB	: Red Green Blue
LM	: Long - Medium
APDL	:ANSYS Parametric Design Language
ANSYS	: Analysis System
ΔT	:Sıcaklık değişimi
FR4	:Flame retardant 4
SI	:Uluslararası birimler sistemi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1 :XLamp CXA2011'in katalog özellikleri.....	20
Çizelge 4.2: CXA2011 LED çipinin farklı renk ve renk sıcaklığı değerlerindeki sıcaklıkla lümen değişimi.....	20
Çizelge 5.1 : İğne kanatçıklı soğutucularda elde edilen sonuçlar.....	40
Çizelge 5.2 :Plaka kanatçıklı soğutucularda elde edilen sonuçlar	40
Çizelge 5.3 :Y=25 mm ve Z=2 mm sabitken, X'e göre T_{max} , T_{min} ve A_s değerleri ...	49
Çizelge 5.4 :Y=35 mm ve Z=2 mm sabitken, X'e göre T_{max} , T_{min} ve A_s değerleri ...	49
Çizelge 5.5 :Y=45 mm ve Z=2 mm sabitken, X'e göre T_{max} , T_{min} ve A_s değerleri ...	49
Çizelge 5.6 :Y=25 mm ve Z=2,5 mm sabitken, X'e göre T_{max} , T_{min} ve A_s değerleri	50
Çizelge 5.7 :Y=35 mm ve Z=2,5 mm sabitken, X'e göre T_{max} , T_{min} ve A_s değerleri	50
Çizelge 5.8 :Y=45 mm ve Z=2,5 mm sabitken, X'e göre T_{max} , T_{min} ve A_s değerleri	50
Çizelge 5.9 :Y=25 mm ve Z=3 mm sabitken, X'e göre T_{max} , T_{min} ve A_s değerleri ...	50
Çizelge 5.10 :Y=35 mm ve Z=3 mm sabitken, X'e göre T_{max} , T_{min} ve A_s değerleri .	50
Çizelge 5.11 :Y=45 mm ve Z=3 mm sabitken, X'e göre T_{max} , T_{min} ve A_s değerleri .	50
Çizelge 5.12 :Kanatçık yükseklikleri sabitken, optimum değerlere ait T_{max} değerleri	51
Çizelge 5.13 :Kanatçık yükseklikleri sabitken, optimum değerlere ait A_s değerleri .	51
Çizelge 5.14 :Kanatçık taban ayırıt genişliği sabitken, optimum değerlere ait kanatçık adetleri	52

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Renk sıcaklığı için üçlü harita.	8
Şekil 2.2 :Renk sıcaklığının insan ruh haline etkisi.....	9
Şekil 2.3:Sık kullanılan aydınlatma cihazları için renk sıcaklığı karşılaştırması	9
Şekil 2.4 :Arayüz sıcaklığının ışık akısı üstündeki etkisi.....	10
Şekil 2.5 :Farklı arayüz sıcaklıklarında ışık akısının zaman içinde azalması.....	10
Şekil 3.1 :Değişken kalınlığa sahip kanatçıklı soğutucuların geometrik tanımları ...	11
Şekil 3.2 :LM plaka kanatçık dizilimi	12
Şekil 3.3 :Sıralı iğne kanatçık dizilimi	13
Şekil 3.4 : Kademeli iğne kanatçık dizilimi.....	13
Şekil 3.5 :Kanatçık uzunluğu ve arayüz sıcaklığı arasındaki ilişki	14
Şekil 3.6 :Kanatçık kalınlığı ve arayüz sıcaklığı arasındaki ilişki.....	14
Şekil 3.7 :Deneyin şematik yapısı	15
Şekil 3.8 :Farklı yönlerde soğutuculardaki ilave sıcaklıklar	16
Şekil 3.9 :35Watt altında 16 plakalı soğutucu doğrultuları	16
Şekil 3.10 :7 ve 11 kanatçıklı soğutucuların hava akımı hızı ve sıcaklık değişimleri	17
Şekil 3.11 :Dikdörtgen, trapezoid ve ters trapezoid kanatçıklı soğutucular	17
Şekil 3.12 :Soğutucuların detaylı boyutlandırmaları	18
Şekil 3.13 :Farklı soğutucuların ısı transfer katsayılarının karşılaştırılması	18
Şekil 4.1 :LED'in farklı dalga boylarında yayımladığı ışığın tayf gücü	21
Şekil 4.2 :Arayüz sıcaklığı ile dışarıya verilen ışık akısının karşılaştırılması.....	21
Şekil 4.3 :LED'in sürme akımı ile üretilen ışık akısının karşılaştırılması.....	21
Şekil 4.4 :3000 °K renk sıcaklığındaki CXA2011 LED için, X ve Y düzlemlerindeki renk kalitesinin, farklı akım ve arayüz sıcaklıklarındaki değeri	22
Şekil 4.5 : 5000 °K renk sıcaklığındaki CXA2011 LED için, X ve Y düzlemlerindeki renk kalitesinin, farklı akım ve arayüz sıcaklıklarındaki değeri	22
Şekil 4.6 :LED'in farklı uzay açılarında ürettiği lümen yoğunluğu	22
Şekil 4.7 :XLAMP CXA 2011'in mekanik boyutlandırması	23
Şekil 4.8 :Karesel armatür tasarımı	23
Şekil 4.9 :2 mm kalınlığında 35 mm yüksekliğinde plaka ve iğne kanatçık modelleri	24
Şekil 4.10 :25 mm yüksekliğinde iğne tip kanatçıklar; 2x2 , 2.5x2.5 ve 3x3 mm taban ayrıtlarıyla	25
Şekil 4.11 : 35 mm yüksekliğinde iğne tip kanatçıklar; 2x2 , 2.5x2.5 ve 3x3 mm taban ayrıtlarıyla	25
Şekil 4.12 : 45 mm yüksekliğinde iğne tip kanatçıklar; 2x2 , 2.5x2.5 ve 3x3 mm taban ayrıtlarıyla	26
Şekil 4.13 :Akış simülasyonu sihirbazı	27
Şekil 4.14 : Birim sistemleri	27
Şekil 4.15 :Analiz tipi	28
Şekil 4.16 : Varsayılan akışkan seçimi	28
Şekil 4.17 : Varsayılan katı seçimi	29

Şekil 4.18 : Pürüzlülük.....	29
Şekil 4.19 :Başlangıç ve çevre koşulları	30
Şekil 4.20 :Sonuç çözünürlüğü ve ağ büyüklükleri ayarları	30
Şekil 4.21 :Listeden katı malzeme seçimi	31
Şekil 4.22 :Isı kaynağı seçimi	31
Şekil 4.23 :Hedef parametreleri	32
Şekil 4.24 :Simülasyonun çalıştırılması.....	32
Şekil 5.1 :Örnek, 5’li plaka.....	33
Şekil 5.2 : Örnek, 4’lü iğne.....	34
Şekil 5.3 :4’lü iğne kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.....	34
Şekil 5.4 :4’lü plaka kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu	35
Şekil 5.5 : 5’li iğne kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.....	35
Şekil 5.6 : 5’li plaka kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu	35
Şekil 5.7 : 6’lı iğne kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.....	35
Şekil 5.8 : 6’lı plaka kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.....	36
Şekil 5.9 : 7’li iğne kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.....	36
Şekil 5.10 : 7’li plaka kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu	36
Şekil 5.11 : 8’li iğne kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.....	36
Şekil 5.12 : 8’li plaka kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu	37
Şekil 5.13 : 9’lu iğne kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu	37
Şekil 5.14 : 9’lu plaka kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu	37
Şekil 5.15 : 10’lu iğne kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu	37
Şekil 5.16 : 10’lu plaka kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu	38
Şekil 5.17 : 11’li iğne kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.....	38
Şekil 5.18 : 11’li plaka kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu	38
Şekil 5.19 : 12’li iğne kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.....	38
Şekil 5.20 : 12’li plaka kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu	39
Şekil 5.21 : 13’lü iğne kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu	39
Şekil 5.22 : 13’lü plaka kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu	39
Şekil 5.23 : 14’lü iğne kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu	39
Şekil 5.24 : 14’lü plaka kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu	40
Şekil 5.25 : 15’li iğne kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.....	40
Şekil 5.26 : 15’li plaka kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu	40
Şekil 5.27 :kanatçık sayıları ile en yüksek arayüz sıcaklığı karşılaştırılması.....	41
Şekil 5.28 :Toplam efektif kanatçık yüzey alanları ile arayüz sıcaklıkları.....	41
Şekil 5.29 :2mm x 2mm taban ayrıtı ve 25 mm yükseklikte iğne kanatçıklar	43
Şekil 5.30 : 2mm x 2mm taban ayrıtı ve 35 mm yükseklikte iğne kanatçıklar	43
Şekil 5.31 : 2mm x 2mm taban ayrıtı ve 45 mm yükseklikte iğne kanatçıklar	44
Şekil 5.32 : 2,5mm x 2,5mm taban ayrıtı ve 25 mm yükseklikte iğne kanatçıklar ...	45
Şekil 5.33 : 2,5mm x 2,5mm taban ayrıtı ve 35 mm yükseklikte iğne kanatçıklar ...	45
Şekil 5.34 : 2,5mm x 2,5mm taban ayrıtı ve 45 mm yükseklikte iğne kanatçıklar ...	46
Şekil 5.35 : 3mm x 3mm taban ayrıtı ve 25 mm yükseklikte iğne kanatçıklar	47
Şekil 5.36 : 3mm x 3mm taban ayrıtı ve 35 mm yükseklikte iğne kanatçıklar	47
Şekil 5.37 : 3mm x 3mm taban ayrıtı ve 45 mm yükseklikte iğne kanatçıklar	48

LED ARMATÜRLERİN ISINMA SORUNLARININ ÇÖZÜMÜNE YÖNELİK FARKLI SOĞUTUCU KANATÇIK TİPLERİ İLE KARŞILAŞTIRMALI ANALİZ

ÖZET

LED (Light Emitting Diode, Işık Yayan Diyot) armatürlerde karşılaşılan en önemli sorunlardan birisi ısınmadır. Bu sorunu gidermek için aktif ve pasif soğutma yöntemleri olsa da, maliyet ve verim göz önüne alındığında, en çok kullanılan yöntem alüminyum soğutuculardır. Armatürün ısı yayan arayüz (junction point) bir PCB'ye (Printed Circuit Board, baskılı devre levhası) bağlıdır. En genel haliyle, PCB'nin bir kısmı yada tümü, direk yada dolaylı yoldan bir soğutucuya bağlanır ve kondüksiyon (iletim) yolu ile ısı bu soğutucuya iletilir. Sonrasında, bu ısı, çevredeki havaya iletilir ve bu yolla cihazın üstündeki ısı düşer.

Soğutucularda yüzey alanını artırmak için en sık kullanılan yöntem kanatçık kullanmaktır. Kanatçık kullanmak hem soğutucunun kütlesini azaltır, hem de ısı transferini sağlayan yüzey alanını artırır. Bu çalışmada öncelikle iğne ve plaka kanatçıklar incelenmiştir. 35 mm yükseklikte 2 mm'e 2 mm taban ayırıtına sahip iğne kanatçıklar ile, 35 mm yükseklikte 2 mm genişlikte ve 55 mm uzunlukta plaka kanatçıklar karşılaştırılmış ve iğne kanatçıkların eşit yüzey alanında çok daha iyi soğutma sağladıkları gözlemlenmiştir. Bundan sonra, iğne kanatçıklar üzerine yoğunlaşmış ve farklı boyutlardaki iğne kanatların sonuçları karşılaştırılmıştır. Burada kullanılan değişkenler; kanatçık yüksekliği ve taban ayırıt genişliği olmuştur. 25 mm, 35mm ve 45 mm'lik kanatçık yükseklikleri ve 2 mm, 2,5 mm ve 3 mm taban ayırıtı genişlikleri karşılaştırılmıştır.

Her bir durumda, farklı kanatçık sayıları ile bir örnek grubu üzerinde simülasyonlar yapılmış, ve her bir grupta en düşük T_{max} (en yüksek arayüz sıcaklığı) değerini veren kanatçık sayısı optimum kabul edilip diğer durumlardaki optimumlarla karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucunda, taban ayırıt genişlikleri sabit iken, kanatçık yüksekliği değişse de aynı kanat sayısında optimum'a ulaşılmıştır. Buna karşın, kanatçık yüksekliği sabit iken, taban ayırıt genişliği değişse de optimum değerlerin yüzey alanları ve ölçülen T_{max} değerleri birbirine çok yakın çıkmıştır.

Bu çalışmada, armatür çizimleri Solidworks programı kullanılarak çizilmiş ve simülasyonlar ise, aynı programın Flow Simulation modülü ile çözümlenmiştir. Kullanılan armatür tasarımı, basit, sade ve her LED armatürde bulunması gereken temel karakteristiklere sahip olarak tasarım edilmiştir. Çalışmada kullanılan LED, Cree'nin CXA2011 modelidir. Metal Çekirdek Baskılı PCB kullanılmıştır. Armatürün dış yüzeyi olarak soğutucu tabanı olarak da kullanılacak alüminyum malzeme kullanılmıştır. Isıl simülasyona bir etkisi olmayacağından herhangi bir reflektör eklenmemiştir. Armatürün alt kısmı cam ile kapatılmıştır.

COMPERATIVE ANALYSISFOR THE SOLUTION OF LED FIXTURES' HEATING PROBLEMS USINGVARIOUS HEATSINK FIN TYPES

SUMMARY

Since the introduction of incandescent light bulb by Thomas Edison, new and better methods of electric lighting is being researched through out our planet. Fluorescent lambs and LEDs (Light Emitting Diode) greatly increased the efficiency of electric lighting.

However, the ever-increasing efficiency of LEDs are dependent on two key parameters: better semiconductors and junction point temperature. Both have been the topic of many studies and this study focuses on the latter.

As the junction point temperature rises, the lumen output of the fixture decreases and its lifespan declines. To counter this effect, active and passive cooling methods can be used. Active methods such as forced air cooling is an expensive method used only for special circumstances. Most of the time, passive cooling via aluminium heatsink is preferred.

Aluminium heatsink is connected with the PCB (Printed Circuit Board) which draws heat from the LED's junction point. The heat is transferred by conduction to the heatsink and dissipated to air.

Various heatsink fins can be used for cooling of LEDs. There are many parameters that a manufacturer should take into considiration, such as the type of the fins, height, width and concentration of the fins and so on.

So, this study tries to focus on those variables. For this task, SOLIDWORKS program has been used to create a basic LED fixture. SOLIDWORKS is a CAD program that have many add on tools, such as Flow Simulator. The LED fixture designed for this study includes the most essential parts of a fixture: A PCB (a metal core printed PCB is chosen from CREE labs), a 2.5 mm thick metal housing for the outer parts of the fixture which also functions as the base of the heatsink, a glass cover and of course a LED lamb.

In this study Cree's XLAMP CXA 2011 model LED lamb is used. The reasons for this choice are that CXA 2011 is a preferred product for singular power LEDs and its ease of heat design.

For this design, a metal core printed PCB is chosen from CREE labs. This particular PCB consists of 1.59 mm aluminium at the top, followed by 0.1 mm FR4, and 0.07 mm copper plate at the bottom which is connected with the LED. Electrical connections are ignored for the sake of simpler simulation and thermal calculations in Flow Simulator.

In SOLIDWORKS, each material is predefined. The aluminium used for the heatsink and exterior metal housing is called 5032-H32. Copper, glass and FR4 are also defined in the SOLIDWORKS library.

The Flow Simulation Wizard allows user to determine the conditions of each simulation. From this Wizard, the SI unit system, exterior analysis of the model, heat transfer in solids, the starting model and room temperature and air, as the default fluid is selected.

After that point, each solid is defined by the Flow Simulator. Then the goal parameters are defined. For this study, $T_{\max}$ (maximum junction point temperature) and $T_{\min}$ (minimum junction point temperature) in the solid model are selected as goals. The Simulator begins calculating the variables and after each iteration converges to a value. When this value becomes constant after many iterations, the simulator stops and provides the user with results.

In this study, a two way approach has been used. First, plate and pin fin heatsinks are compared. For this, an array of pin and plate fins are mounted on top of the base of the heatsink. For the plate fins, aluminium sheets of 55 mm length, 2 mm width and 35 mm height are used. For pin fins, aluminium pins with 2 mm base length and 35 mm height are used.

12 sets of simulations for each type of fins have been run on Flow Simulation. For the plate fins, arrays of 4 to 15 plates are used, while for the pin fins, arrays of 16 (4*4) to 225 (15*15) pins are used. Using the same room temperature (25 °C) and same fixture, each one has been compared for $T_{\max}$ and $T_{\min}$. The results clearly showed that pin fins function better than plate fins. For the same effective surface area, pin fins provided a better cooling than plate fins. And generally, pin fins recorded lower temperatures than plate fins. It has also been monitored that, as the number of fins increase, the gap between the fins decline and junction temperatures increase. The reason of this, is the air flow between the fins slows down as the gap between fins decrease. So, there is an optimum number of fins a fixture should possess.

This way, the first part of the study concludes; pin fins are more efficient than plate fins. The second part of the study, therefore, focuses on pin fins and their optimization.

In this part, three parameters are taken into account: pin height, pin width and the number of pins. For pin height, 3 variables have been used: 25 mm, 35 mm and 45 mm. For pin width, also 3 variables have been used: 2 mm * 2 mm, 2.5 mm * 2.5 mm and 3 mm * 3 mm. In the previous simulations, for considering the number of pins, 12 sets of simulations were run. However, it has been observed that some of these are unnecessary, as too few fins result in very high temperatures and useless in forming a meaningful correlation. The usage of too many fins also result in very high temperatures, as the gap between fins decrease to a point where the air flow slows so that even with increased effective surface area of aluminium heatsink, the dissipated heat decreases. So, instead of 12 sets of simulations, 2 of each extremities are omitted and 8 sets of simulations are run via Flow Simulation to determine the optimum junction temperatures of pin fins.

9 sets, each containing 8, of simulations are run for this part of the study. For each of these sets, an optimal value for number of fins are found. When the results are

compared, a few considerations that a LED fixture designer could use have been harnessed.

First, the optimum value has been achieved at the same number of fins when base pin width is constant, even if the height of the pin varies. This means that for a given pin width, there is an optimum number of pins a designer should use, regardless of the height of the pins.

Second, the optimum value has been achieved at very similar $T_{\max}$ values when the height of the pins are constant, even if the base width varies. This means that for a given pin height, a designer can achieve a fixed $T_{\max}$ value, regardless of the width of the pins.

And lastly, the optimum value has been achieved at very similar effective surface areas when the height of the pins are constant, even if the base width varies. This means that for a given pin height, a designer should not exceed a given effective surface area.

1. GİRİŞ

Bu giriş bölümünde, LED teknolojisi ile ilgili genel bilgi sunulmuştur.

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmada, LED armatür tasarımında en fazla karşılaşılan sorunlardan birisi olan soğutma sorununa en ucuz ve kolay çözüm yöntemi olarak sunulan alüminyum soğutucular, kanatçık tip ve konumlandırmalarına göre incelenip karşılaştırılmıştır.

Bu karşılaştırma, SOLIDWORKS isimli program ile gerçekleştirilmiştir ve simülasyonlar ise, aynı programın Flow Simulation modülü ile çözümlenmiştir. Basit, sade ve her LED armatürde bulunması gereken temel karakteristiklere sahip bir armatür tasarım edilerek, elde edilen bulguların sadece tek bir modelde uygulanabilir olması değil, bir çok temel modele uygulanabilir olması amaçlanmıştır.

1.2 LED Teknolojisi İle İlgili Genel Bilgi

LED, ışık yayan diyot (İngilizcesi, Light Emitting Diode) anlamına gelen, yarı iletken bir ışık kaynağıdır. LED, üzerinden elektrik akımı geçtiğinde foton üreten bir PN bağlantı diyotudur. Uygun değerde bir gerilim uygulandığı zaman, elektronlar cihazın elektron deliklerine yerleşirler ve bu da yarı iletkenin enerji bant aralığına bağlı olarak, farklı renklerde ışık üretir.

1.2.1 LED'lerin verimliliği ve konvansiyonel ışık kaynaklarıyla karşılaştırılması

Edison'un lambası olarak da adlandırılan enkandasen lambalar 15 lm/W civarında bir etkinlik faktörüne sahiptirler. Flüoresan lambalarda ise bu değer, 100 lm/W'a kadar çıkabilir. 1972 de Maruska ve Rhines tarafından mavi renkli LED bulununcaya kadar, LED'lerden beyaz ışık elde edilemiyordu. Sonrasında, önce RGB (İngilizce Red, Green ve Blue kelimelerinin ilk harfleri) LED'lerin birlikte kullanılmasıyla, sonrasında da, farklı yarı iletkenler kullanarak direk beyaz ışık veren LED'ler üretilmeye başlanmıştır. Önceleri sadece işaretleme ve sinyalizasyon için kullanılan

LED'ler, 2000'li yıllara gelindiğinde enkandasen lambalara, 2010'lu yıllara gelindiğinde ise flüoresan lambalara rakip olmuşlardır.

2003 Eylül'ünde, Cree şirketi 20mA ile sürüldüğünde 65lm/W'lık etkinlik faktörü olan ilk beyaz ışık veren LED'i üretti. 2006 da ise, yine 20mA ile sürüldüğünde 131 lm/W'lık etkinlik faktörü olan bir ürün tanıttılar. Aynı yıl Nichia şirketi 20mA'de 150 lm/W etkinlik faktörüne ulaşan bir LED üretti. 2011 yılına gelindiğinde Cree Xlamp XM-L LED'leri piyasaya sürülmüştü. Bunlar 10 W gibi yüksek bir güçte bile 100 lm/W lık bir etkinlik faktörüne sahiplerken 2 W ile sürüldüklerinde bu değer 160 lm/W'a ulaşmıştır. Cree 2012' de 254 lm/W ve 2014'te 303lm/W etkinlik faktörüne sahip LED'leri duyurdu. Bu değerler LED'lerin 350 mA ile sürülmeleri durumunda geçerlidir. Görüldüğü gibi LED'lerin verimi giderek artmaktadır. Ancak dikkat edilmesi gereken husus, bu verilerin düşük akımlarda, sürücü devresi ve armatür kayıpları dikkate alınmadan ve oda sıcaklığında ölçülmüş olmasıdır.

1.2.2 Kullanım süresi

LED'ler düşük sıcaklıklarda ve düşük akımlarda çok uzun süre boyunca kullanılabilir. İdeal durumda 25,000 ile 100,000 saat arasında değişen kullanım ömürlerine sahip olurlar. LED bozulmalarının en büyük göstergesi zaman içinde ışık akısı azalması ve verim düşümüdür. Ani bozulmalar olsa da çok seyrek rastlanır. Her geçen gün piyasaya sürülen daha yüksek güçlü LED'ler, daha yüksek arayüz sıcaklıklarına ve daha yüksek akımlara maruz kalmaktadır. Bu, cihazda zorlanmalara neden olur ve ışık akısı azalması baş gösterir. Cihaz kullanım ömrünü standardize etmek için L70 ve L50 terimleri kullanılır. Bunlar LED'in %70 ve %50 ışık akısı çıktısına geldiği an için kullanılmaktadır.

LED'lerin verimi sıcaklığa bağlıdır. Çoğu üretici LED değerlerini 25°C'deki çalışma performanslarına göre vermektedir. Bu sıcaklık değerleri düştükçe, belirli bir noktaya kadar, LED'lerin verimi artmaya devam eder. Bu yüzden soğuk ortamların aydınlatılması için ideal cihazlardır.

1.2.3 LED'lerde görülen arızalar ve bozulmalar

LED arızalarına ve bozulmalarına yol açan çeşitli sebepler vardır:

1.2.3.1 Muhafaza ile ilgili sorunlar

Epoksi bozulma: Muhafazayı oluşturan bazı plastik maddeler ısıya maruz kalınca sararabilirler. Bu da bazı dalga boylarının kısmi emilimine ve bunun sonucu olarak verim kaybına yol açar.

Isıl gerilim: Ani bozulmaların çoğunun sebebi ısı gerilimidir. Yarı iletkenin içindeki yapıştırıcıdaki epoksi reçine camı geçiş sıcaklığına ulaştığı anda hızla genleşmeye başlar ve yarı iletken muhafazanın fiziksel olarak bozulmasına neden olur. Aynı şekilde çok düşük sıcaklık değerlerinde daralma sonucu kırılmalar gözlenebilir.

Farklılaştırılmış fosfor indirgenmesi: Beyaz LED'lerin içindeki farklı fosfor tipleri ısı ve zaman içinde farklı oranlarda bozulurlar ve bu da üretilen ışığın rengini değiştirir.

1.2.3.2 Yarı iletken ve metal ile alakalı sorunlar

Elektron Göçü: Yüksek akım yoğunluğu yüzünden meydana gelen elektron göçü atomları aktif alanlardan uzaklaştırıp bu bölgelerde kaymalara ve noktasal bozulmalara yol açarken ışıma yapmayan yeniden birleştirme noktaları oluşturur ve ışık yerine ısı üretimine neden olur.

İyonlaştırıcı Radyasyon: LED devrelerinde optoizolatörler gibi radyasyon sertleşmesine yol açar.

Metal Yayılımı: Yüksek akım veya gerilimlerde ve yüksek sıcaklıklarda metal atomları elektrotlardan aktif bölgelere hareket edebilir.

Kısa devreler: Mekanik gerginlik yüksek akımlar ve aşındırıcı çevre etmenleri kısa devrelere yol açar.

1.2.3.3 Gerginlik ile alakalı sorunlar

Isıl Sızıntı : Homojen olmayan yüzeyler bölgesel olarak ısı iletkenlik kaybına yol açar, ısı ızıntılara neden olur ve bu ısı yüzeye zarar verip bir kısır döngüye yol açar. En sık karşılaşılan nedenleri yanlış lehimleme ya da elektron göçüdür.

Elektrostatik Deşarj : Yarı iletkenin arayüzünde ani arızaya, kalıcı olarak özelliklerinin değişmesine veya bozulma hızını arttırabilecek belli olmayan zararlara neden olabilir.

Ters Akış : LED'ler bir diyot bağlantısı bazlı ve tema olarak bir doğrultucu olsalar da çok düşük gerilimlerde ters akış olabilir. Bunun sonucunda ani bozulmalar ve hatta ani arızalar oluşabilir.

1.2.4 Avantaj ve dezavantajlar

Avantajlar :

Verimlilik: LED'ler 1 Watt başına enkindasen lambalardan çok daha fazla lümen üretir. Bunun yanında, flüoresan lambaların aksine, LED armatürlerinin şekli ve büyüklüğü verimini etkilemez.

Renk : LED'ler geleneksel renk filtresi kullanmaya gerek görmeden istenilen herhangi bir rengi üretebilirler. Bu daha etkilidir ve ucuza mal olur.

Büyükölük : LED'ler çok ufak olabilirler (2 mm den daha küçük olabilirler) ve PCB'lerin üzerine monte edilebilirler.

Açma Kapama Zamanı : LED'ler çok hızlı yanıp sönebilirler. Tipik bir kırmızı işaret LED'i 1 mikro saniyenin altında tam parlaklığına ulaşır. İletişim cihazlarında kullanılan LED'lerin cevap süreleri daha da hızlıdır.

Açma Kapama Çevrimi : Açma Kapama çevrimine girdikçe ömrü azalan enkindasen ve flüoresan lambaların tersine, LED'ler sık sık açma kapama çevrimine maruz kalmaya uygundurlar.

Loşlaştırma : Darbe genişlik modölasyonu veya ileri akımı düşürerek LED'ler kolaylıkla loşlaştırılabilirler.

Soğuk Işık : Çoğu ışık kaynağının tersine LED'ler çok az kızılötesi ısı ışıması yapar. Boşa tüketilen enerji LED'in arayüzünde ısı olarak bırakılır.

Azalarak Bozulma : Aniden bozulan enkandasen lambaların aksine LED’ler zaman içinde giderek daha az ışık akısı vererek bozulurlar.

Kullanım Ömrü : LED’ler oldukça uzun bir ömre sahiptirler. 35.000 ile 50.000 saat arasında kullanım ömürleri olabilir. Bu değer flüoresan tüplerde 10,000 ile 15.000 arasında değişir. Enkandasen lambalarda ise 1000 ile 2000 saat arasında değişir.

Darbe Dayanımı : Oldukça kırılğan olan enkandasen lamba ve flüoresan tüplerin aksine, LED’ler katı hal aydınlatma ürünleri olduğu için fiziksel darbe ile zarar görmesi zordur.

Odaklama : LED armatürleri ürettiği ışığı odaklayacak şekilde tasarım edilebilirler. Enkandasen lambalar ve flüoresan tüpler odaklama için reflektörlere ihtiyaç duyarlar. Büyük LED paketleri içinde tam yansıma lensleri aynı işlevi görür.

Dezavantajlar :

Yüksek Fiyat : Lümen başına fiyat olarak bakıldığında zaman LED’ler diğer aydınlatma cihazlarına göre ilk alış fiyatı olarak daha pahalıdırlar.

Düşük sıcaklık direnci : LED’lerin performansı ortam sıcaklığına ve soğutmaya büyük ölçüde bağlıdır. Yüksek sıcaklıklar LED’in zarar görmesine, daha az ışık üretmesine ve sonuç olarak bozulmasına neden olur. Bunun önüne geçilmesi için yeterli soğutucular eklenmelidir.

Gerilim duyarlılığı : LED’ler belirtilen gerilimin altında veya belirtilen akımın üstünde çalıştırılmaz. Aksi taktirde kullanım ömürleri ve/veya ışık miktarları büyük ölçüde azalır. Bu yüzden değişken gerilim olan sistemlerde ek koruma önlemlerine ihtiyaç duyarlar.

Işık Kalitesi : Çoğu soğuk beyaz olan LED’ler güneş ve enkandasen lambalardan çok farklı bir ışık tayfına sahiptir. Bu LED’lerin dalga boyları 460 nm ile 500 nm arasında değiştiğinden cisimlerin renkleri metamerizm yüzünden farklı algılanır. Özellikle tipik fosfor bazlı soğuk beyaz LED’ler kırmızı yüzeylerin renginin yanlış algılanmasına yol açar, ancak yeni üretilen bazı soğuk beyaz LED’lerde bu sorun çözülmüştür.

Işık kaynağı alanları : Tekli LED'ler küresel ışık dağılımı sağlayamazlar, daha çok Lambert dağılımına uygun ışık dağılımı sağlarlar. Ancak farklı lenslerin kullanımıyla daha küresel ışık dağılımları elde edilebilir.

Elektriksel Kutupluluk : Elektriksel kutuplaşmaya bağlı olmadan aydınlatma sağlayan enkandasen lambaların aksine LED'ler sadece tek elektriksel kutupta çalışabilirler. Bunu sağlayabilmek amacı ile doğrultucu kullanılır.

Mavi ışık kirliliği : Yüksek renk sıcaklığına sahip soğuk beyaz LED'ler diğer konvansiyonel dış aydınlatmalara oranlara çok daha fazla mavi ışık yayarlar. Bu durumun soğuk beyaz LED'lerin diğer ışık kaynaklarına oranla daha fazla ışık kirliliği yaratmasına neden olduğu iddia edilmektedir.

Verim azalımı : Elektrik akımı arttıkça LED'lerin lümen verimi azalır.

Böcekler üzerindeki etkisi : Sodyum buhar ışıklarına oranla LED'ler böcekleri çok daha fazla kendisine çeker bu da dış aydınlatmada doğal dengenin korunmasına dair endişeler yaratır.

Kış koşullarında kullanım : Diğer aydınlatma cihazlarına oranla çok daha az ısı verdikleri için kışın LED lambalar karla kaplanabilir.

2. LED TEKNOLOJİSİ

2.1 Amaç

Bu bölümün amacı LED'lerin çalışma prensibini ve sıcaklığın LED'ler üzerindeki etkisini incelemektir.

2.2 LED'lerin Çalışma Prensibi

PN bağlantı diyotlarında da, diğer diyotlarda olduğu gibi, akım anottan katoda doğru kolayca ilerler. PN bağlantı diyotlarında, P taraf anot, N taraf ise katot görevini üstlenir. Yük taşıyıcıları, elektron ve elektron delikleri, elektrotlardan arayüze doğru akarlar. Bir elektron bir elektron deliği ile karşılaştığında, daha düşük enerji seviyesine düşer ve foton formunda enerji bırakır.

LED yapımında kullanılan çoğu maddenin çok yüksek yansımaya indisleri vardır. Bu da, materyal ile hava geçişi sırasında, üretilen ışığın bir kısmının materyalin içine geri yansımaya neden olur. Bu direk olarak verimi etkilediğinden üzerinde çalışılması gereken önemli konulardan birisidir.

2.2.1 Yansımaya indisleri

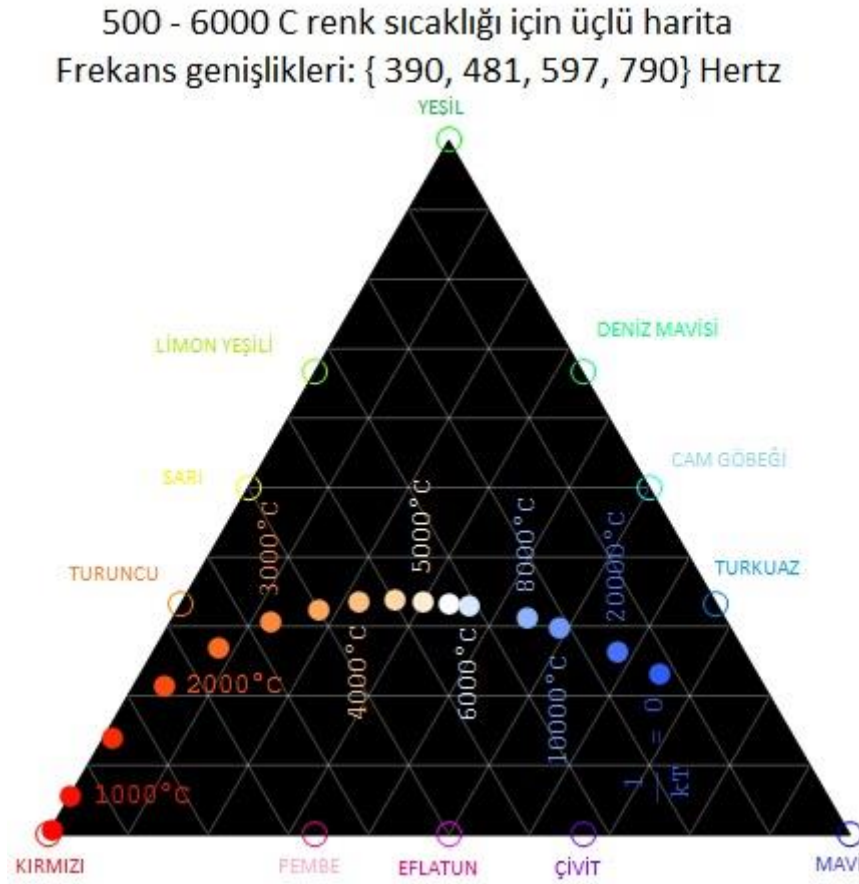
Silikon gibi düz ve üzerinde hiçbir kaplama olmayan yarı iletkenlerin havaya oranla oldukça yüksek yansımaya indisleri vardır. Bu da, sadece 90 dereceye yakın açılarda yüzeye iletilen fotonların yarı iletkeni terk etmesine izin verir. Diğer fotonlar, yansyarak içeride tutulurlar. Enerjinin korunumundan dolayı da, bu fotonlar ısı enerjisine dönüşür. Yarı iletkendeki fotonlar ise, bir koni şeklinde yayılırlar. Bu etkiye, ışık konisi denir.

Yüksek yansımaya indislerinden dolayı karşılaşılan düşük verimi ve dolayısıyla ısıyı gidermek için, elmas gibi kesilmiş yüzler kullanılır. İdeal şekil, foton yayılımının tam merkezde olduğu bir mikro küre olacaktır. Elektrotlar da yine emisyon noktasına değecek şekilde merkeze yakın olmalıdır. Bu durumda, merkezde oluşacak tüm

fotonlar, tüm yüzeye dik olacağından geri yansıyacak foton olmayacaktır. Böyle bir tasarım pek mümkün olmasa da, bir yarı küre de, teorik olarak aynı işlevi görecektir.

2.3 Renk Sıcaklığı

Bir ışık kaynağının renk sıcaklığı, kaynağına yakın bir renk tonu üreten ideal bir kara cismin sıcaklığıdır. Renk sıcaklığı genel olarak Kelvin cinsinden ifade edilir. Şekil 2.1’de renk sıcaklığının dalga boyları ile karşılaştırılması verilmiştir.



Şekil 2.1 : Renk sıcaklığı için üçlü harita.

Görüldüğü gibi, daha düşük renk sıcaklıkları kırmızıya yakın iken, daha yüksek renk sıcaklıkları maviye yakındır. Işığın bu özelliği, insanların üstünde psikolojik etkilere neden olabilmektedir. Şekil 2.2 de görüldüğü gibi daha düşük renk sıcaklıkları kişilerde rahatlama hissi yaratırken, daha yüksek renk sıcaklıkları konsantrasyonu artırır. Düşük renk sıcaklıkları, sıcak, yüksek renk sıcaklıkları ise soğuk renkler olarak adlandırılmaktadır.

Kelvin Color Temperature	2700K	3000K	3500K	4100K	5000K	6500K
EŞLEŞTİRİLMİŞ ETKİLER VE HİSLER	ORTAM SAMİMİ KİŞİSEL	SAKİN SICAK	DOSTÇA DAVETKAR	KESİN TEMİZ VERİMLİ	GÜNEŞİĞİ CANLI	GÜNEŞİĞİ TETİK
YERİNDE UYGULAMALAR	Yaşam / Aile Odaları Ticari Alanlar Misafirperverlik	Yaşam / Aile Odaları Ticari Alanlar Misafirperverlik	Mutfak / Banyo Hafif Ticari Alanlar	Garaj Ticari Alanlar	Ticari Alanlar Endüstriyel Kurumsal	Ticari Alanlar Endüstriyel Kurumsal

Şekil 2.2 : Renk sıcaklığının insan ruh haline etkisi.

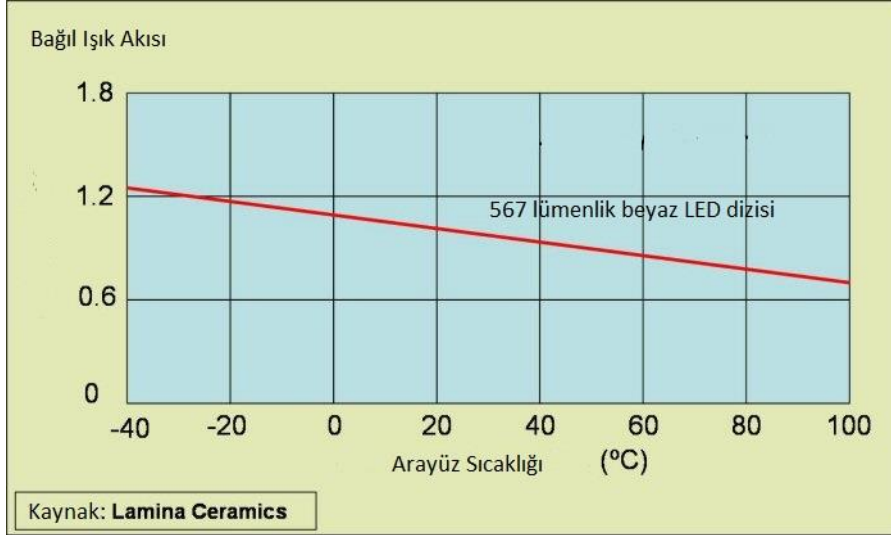
Şekil 2.3 de görüldüğü gibi enkandasen lambaların renk sıcaklığı aralığı genelde 2700 °K ile 3300 °K arasında değişir. Flüoresan lambalar ve LED’ler ise çok daha geniş bir renk sıcaklığı aralığının sahiptirler. 2700 °K den başlayarak 7000 °K’e kadar uzanan geniş bir aralıkta aydınlatma cihazları bulmak mümkündür.



Şekil 2.3 : Sık kullanılan aydınlatma cihazları için renk sıcaklığı karşılaştırması.

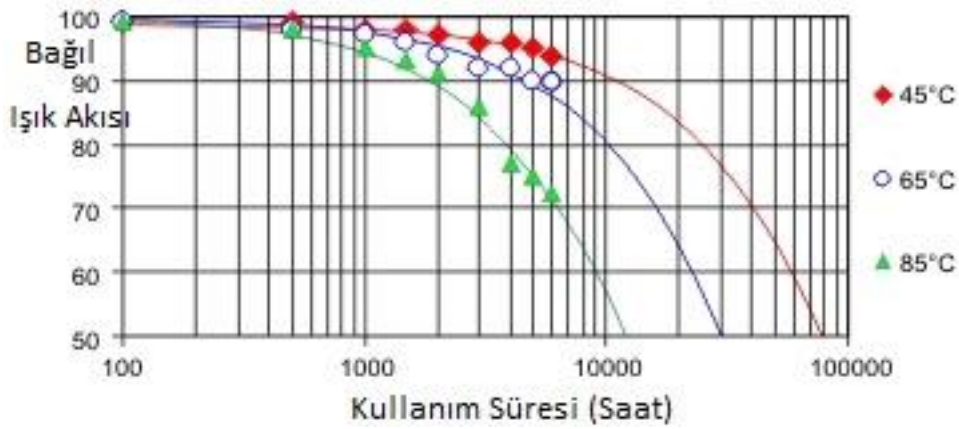
2.4 Sıcaklığın LED Üzerindeki Etkileri

Arayüz sıcaklığı arttıkça, LED'in ürettiği ışık akısı azalır (Şekil 2.4). Arayüz sıcaklığı ise, ortam sıcaklığına, LED'in üstünden geçen akıma ve LED'in soğutulmasına bağlıdır.



Şekil 2.4 : Arayüz sıcaklığının ışık akısı üstündeki etkisi.

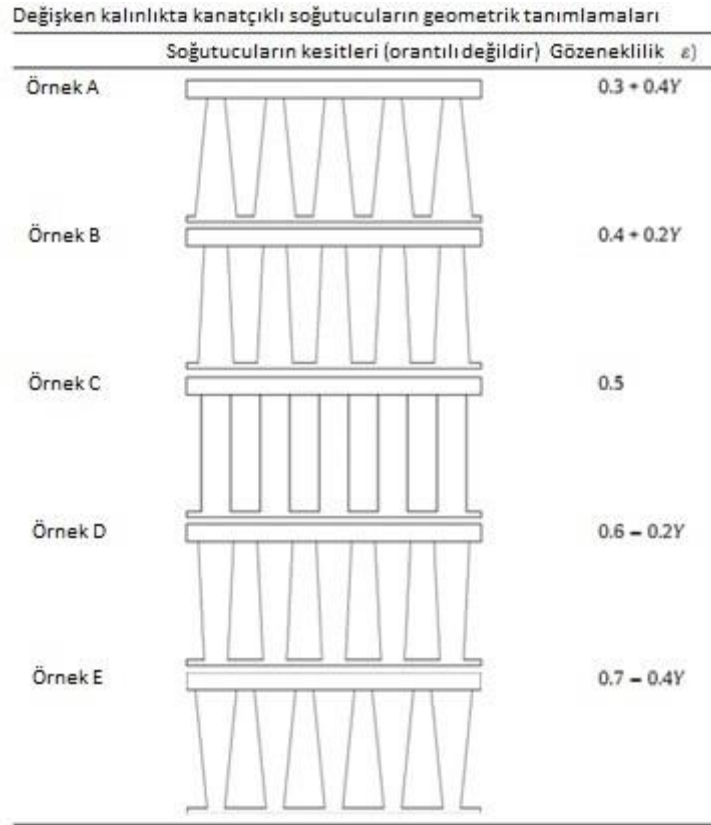
Yüksek sıcaklık aynı zamanda LED'lerin ömürlerini de kısaltır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 : Farklı arayüz sıcaklıklarında ışık akısının zaman içinde azalması.

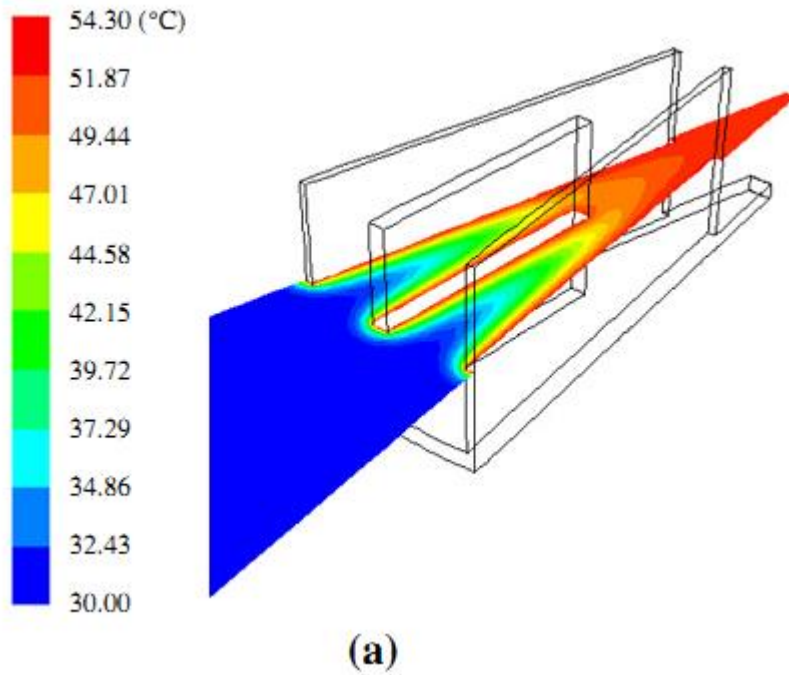
3. LİTERATÜR TARAMASI

Alüminyum soğutucuları daha verimli kullanabilmek için yıllardır birçok araştırma yapılmaktadır. 2010 yılında Dong-Kwon Kim (2010), plaka kanatçıklı soğutucularda kanatçık genişliğini değiştirerek optimizasyon çalışmasında bulunmuştur. Kim, çalışmasında dikdörtgen, üçgen ve ters trapezoid şekilde plaka kanatçıkları kullanmıştır. Çalışmanın sonucunda, doğal konveksiyonda, hava ile soğutulan alüminyum soğutucularda, kanatçık kalınlığı akışkan yönünün normalinde artırıldığı zaman, termal direnç yüzde 10 oranında azaldığı bulunmuştur. Ancak eşit kalınlıktaki soğutucuların ve değişken kalınlıktaki soğutucuların ısıl dirençleri arasındaki farkın, yükseklik azaldıkça azaldığı ortaya çıkmıştır. Isı akısı düştükçe veya soğutucunun yüksekliği azaldıkça ısıl dirençteki azalma oranı da azalacaktır. Daha iyi bir ısıl verime sahip değişken kalınlıktaki kanatçığa sahip soğutucular gelecek nesil soğutucu çözümü olmak için adaydırlar (Şekil 3.1).

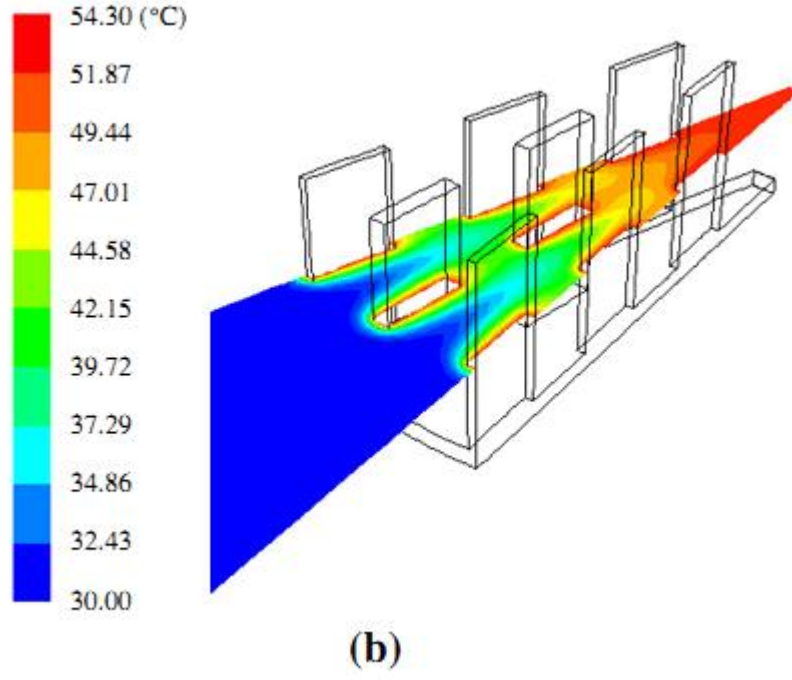


Şekil 3.1 : Değişken kalınlığa sahip kanatçıklı soğutucuların geometrik tanımları.

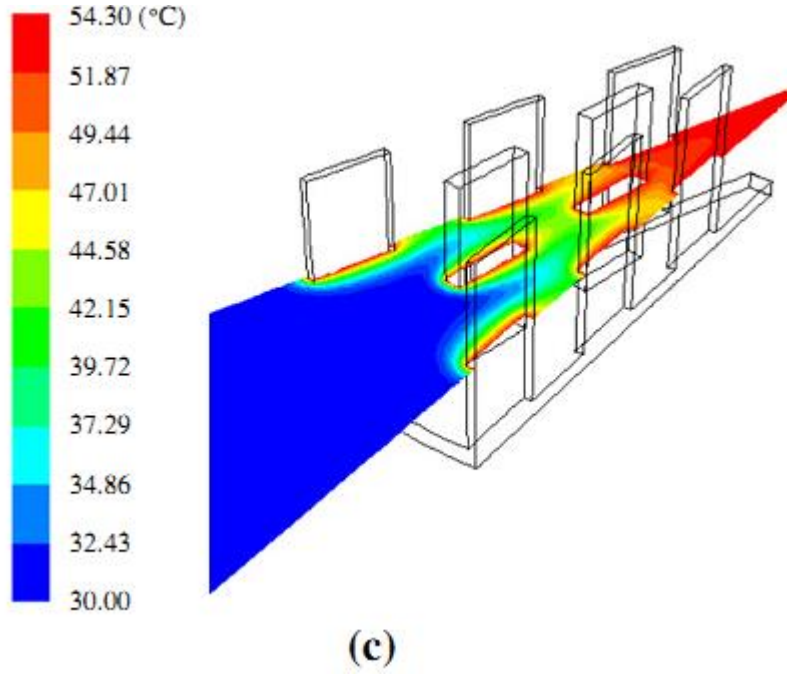
Jang, Yu ve Lee (2011), radyal soğutucularda plaka kanatçık ve iğne kanatçık kullanımını karşılaştırmıştır. Bu araştırmada, radyal soğutucularda en etkili plaka kanatçık yerleştirme şekli olduğu kanıtlanmış olan LM (long –medium) plaka kanatçıklar ile iğne kanatçıklar karşılaştırılmıştır (Şekil 3.2). Sonuçta, LM plakalardan %25 daha az hacme sahip olan iğne kanatçıklarda ortalama sıcaklık 0,3°C daha düşük bulunmuştur. İğne kullanımı sırasında, plaka kullanımına oranla soğutucunun tüm yüzeyinde soğutma performansının daha homojen olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 3.3). İğne kanatçık kullanımında ısı iletim alanı %23 azalmış olsa da, ışıyım ısı iletim oranı LM plaka kanatçıklarınkine yakın çıkmıştır. Bunun nedeni, iğne kanatçıkların dizilişinin, soğutucunun görünüm faktörünü %40 artırmış olmasıdır. İğne kanatçıklar sayesinde, yüzey alanı ile hacim arasındaki oran %14 artmıştır. Bu sayede, iğne kanatçıkların hacmi daha az olsa da, iğne kanatçık diziliminin, LM kanatçık diziliminin sağladığı soğutmayı sağlayabildiğini ortaya koymuştur (Şekil 3.4).



Şekil 3.2 : LM plaka kanatçık dizilimi



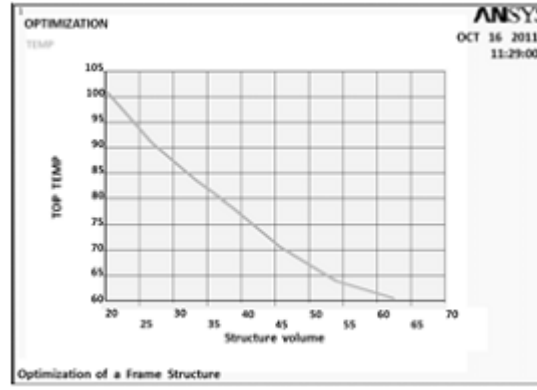
Şekil 3.3 : Sıralı iğne kanatçık dizilimi



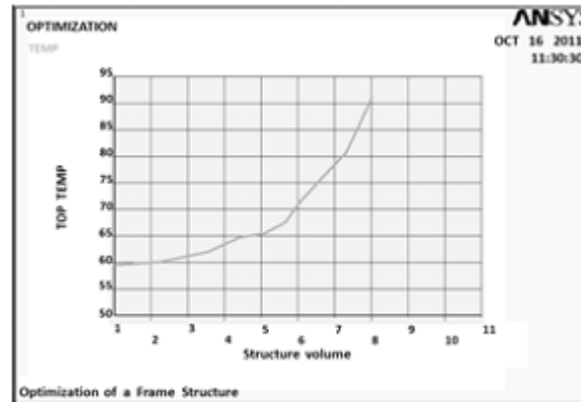
Şekil 3.4 : Kademeli iğne kanatçık dizilimi

LiuYi-bing (2012), plaka kanatçıklarda kanatçık uzunluğu, genişliği ve sayısını değiştirerek bir optimizasyon çalışması yapmıştır. APDL dili ile bir LED lambası soğutucusunun analiz dosyası sonlu eleman modeli kullanılarak oluşturulmuştur. ANSYS ısı analiz yazılımının kullanıldığı bu çalışmada, LED'in maksimum arayüz

sıcaklığı hedef fonksiyon olarak alınmıştır. Deney sırasında ele alınan örnekte, 20 adet 3 Watt'lık LED kullanılarak imal edilen bir Power LED'in soğutulması için plaka kanatçıklı soğutucu kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, kanatçık uzunluğu arttıkça arayüz sıcaklığı düşüyor, ancak ağırlık doğrusal olarak arttığı için, bu istenen bir durum olmamaktadır (Şekil 3.5). Kanatçık genişliği arttıkça, kanatçıkların arasındaki boşluk azaldığından hava akımı daha zor hareket etmekte ve bu da ısı verimi düşürmektedir. Kanatçık genişliğini arttırmak da yine ağırlığı arttırmaktadır (Şekil 3.6). Kanatçık sayısını artırmak, yüzey alanını artırdığı için arayüz sıcaklığını düşürmektedir. Ancak belirli bir sayıdan sonra aradaki alanı daralttığı için, hava akımına karşı direnç oluşmakta ve arayüz sıcaklığı artmaktadır.



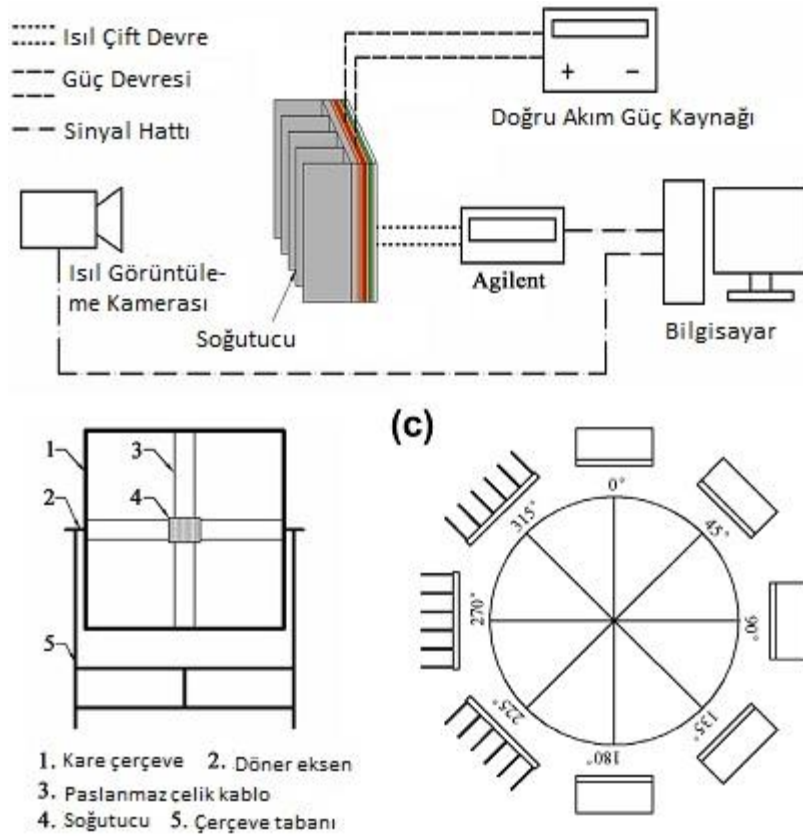
Şekil 3.5 : Kanatçık uzunluğu ve arayüz sıcaklığı arasındaki ilişki.



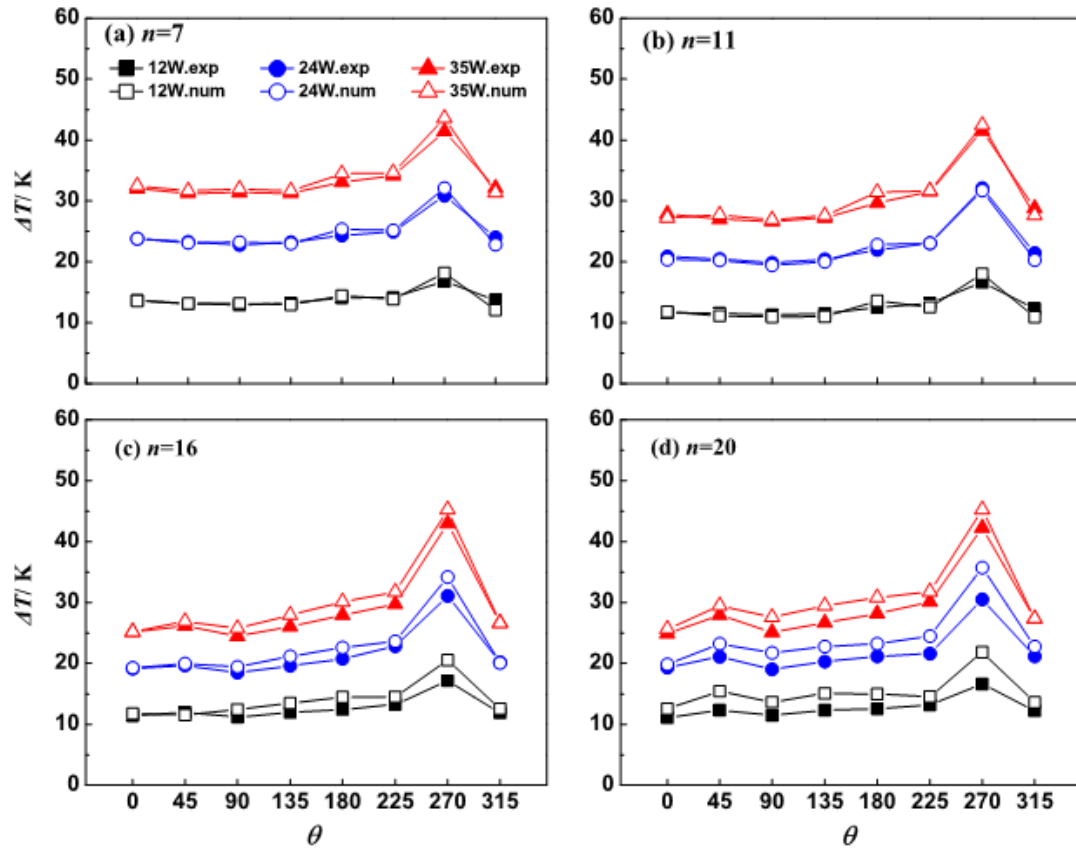
Şekil 3.6 : Kanatçık kalınlığı ve arayüz sıcaklığı arasındaki ilişki.

Shen ve diğ. (2013), plaka kanatçıklarda yönlendirmenin etkisini araştırmıştır. Doğal konveksiyonda, dikdörtgen kanatçıkların yönlendirilmesinin hava akımı ve ısı transferine etkileri nümerik ve deneysel olarak incelenmiştir (Şekil 3.7). Bu deneyler

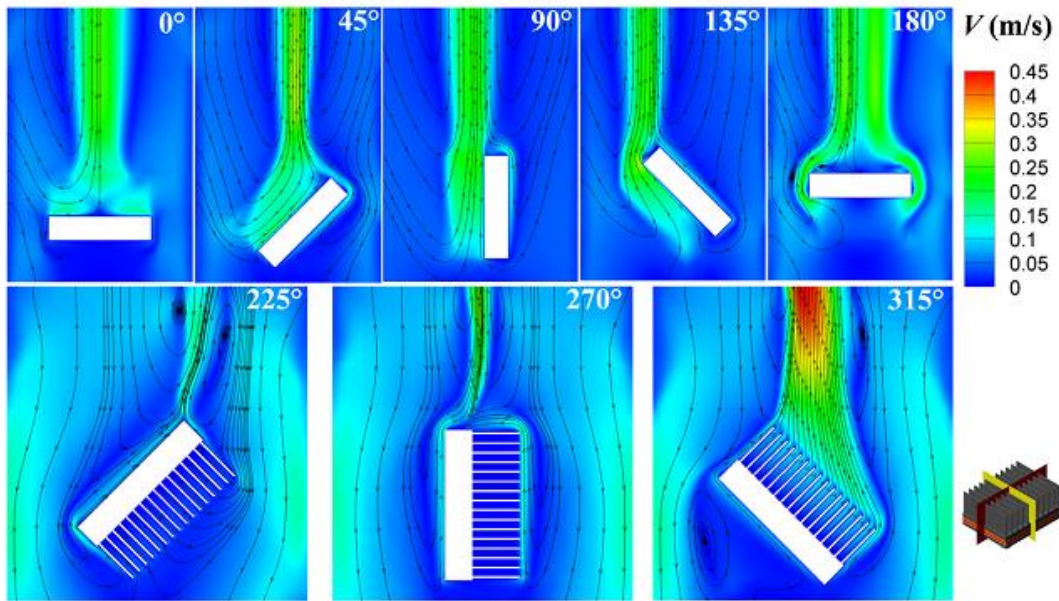
8 yönde tekrarlanmıştır. Daha yoğun kanatçık dizilerinin yönlendirmeden daha fazla etkilendiği görülmüştür. Bunun yanında, bilgisayar verileri, ısı transfer alanları ve doğal konveksiyon akışı arasındaki uyumsuzluk ile konveksiyon akışının engellenmesinin dikdörtgen kanatçıklarda ısı transferini düşüren iki baş etken olduğunu göstermiştir. Deneyler sonucunda elde edilen sonuçlarda, kanatçık aralığı geniş olan deneylerde 0 ile 135 dereceler arasında, ısı verim hemen hemen hiç değişmemektedir. Kanatçık aralığı dar olanlar ise açıya daha duyarlıdır. 270 derecelik açı tüm deneylerde en düşük verimi sağlamaktadır. 45, 135, 225 ve 315 derece açılarındaki verimler, $\eta_{45}=\eta_{135}>\eta_{315}>\eta_{225}$ olarak ölçülmüştür (Şekil 3.8, 3.9 ve 3.10).



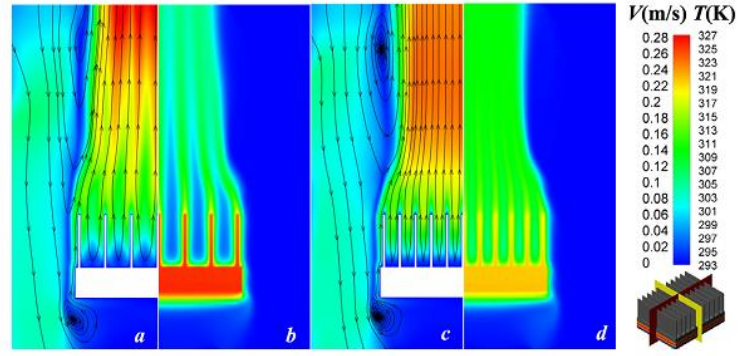
Şekil 3.7 : Deneyin şematik yapısı.



Şekil 3.8 : Farklı yönlerde soğutuculardaki ilave sıcaklıklar.

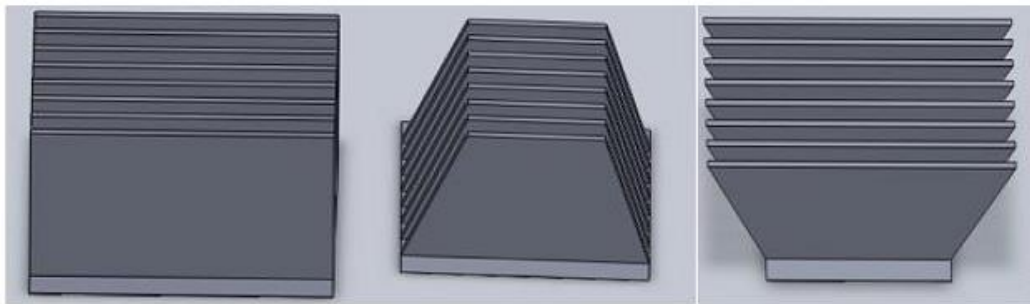


Şekil 3.9 : 35Watt altında 16 plakalı soğutucu doğrultuları.

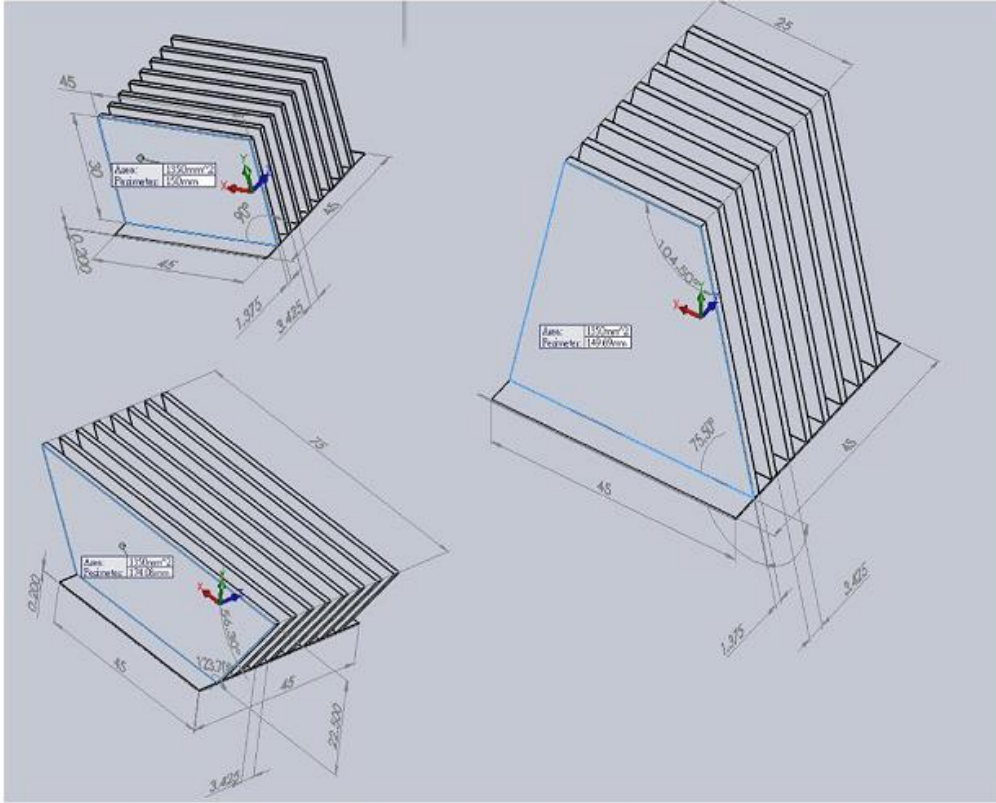


Şekil 3.10 : 7 ve 11 kanatçıklı soğutucuların hava akımı hızı ve sıcaklık değişimleri.

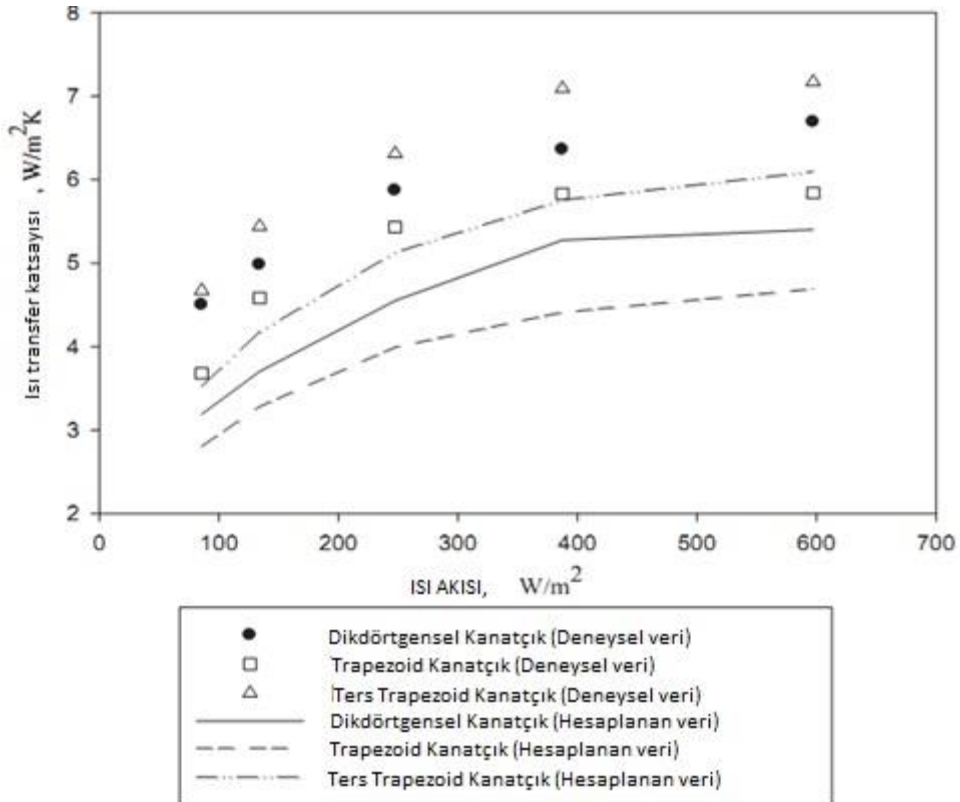
Charles ve Wang (2014), doğal konveksiyonda, dikdörtgen, trapezoid ve ters trapezoid plaka kanatçıkların ısı verimlerini karşılaştırmıştır (Şekil 3.11). Dikdörtgen kanatçıkların ısı transfer katsayısı trapezoid kanatçıklardan yüksek çıkmıştır. Ters trapezoid kanatçıkların ısı transfer katsayısı ise trapezoid kanatçıklardan %25, dikdörtgen kanatçıklardan ise %10 yüksek çıkmıştır. Charles ve Wang, bunun üç nedeni olduğunu ortaya koymuştur. Ters trapezoidlerin daha etkili olmasındaki asıl neden, sıcaklık farkı ΔT 'yi efektif kullanabilmesidir. Soğuk hava, soğutucunun alt ve yan taraflarından girer ve ısınarak yukarı çıkar. Tahmin edilebileceği gibi, hava yanlardan ilk girdiğinde, hava akımı ve temas halindeki soğutucu sıcaklığı arasındaki fark en büyük değerindedir. Hava akımı ortalara doğru ilerlerken bu fark düşer. En son yukarıdan çıkarken, sıcaklık farkı minimize olur. İkinci olarak, daha kısa kanatçık yüksekliğinin plakalarda soğutucunun verimini artırdığını öne sürmektedirler. Bu da yine, çıkış yönündeki sıcaklık farkını azaltarak yapılmaktadır. Üçüncü olarak, kısa kanatçık yüksekliği, daha küçük viskoz engel oluşturduğundan, hava akımının daha hızlı hareket etmesine olanak vermiştir. Ancak hesaplamalar, açının 180 dereceye yaklaşması durumunda, verimliliğin düştüğünü göstermiştir (Şekil 3.12 ve 3.13).



Şekil 3.11 : Dikdörtgen, trapezoid ve ters trapezoid kanatçıklı soğutucular.



Şekil 3.12 : Soğutucuların detaylı boyutlandırılmaları.



Şekil 3.13 : Farklı soğutucuların ısı transfer katsayılarının karşılaştırılması

4. ÖRNEK SİMULASYON

4.1 Kullanılan Program

Bu çalışmada Solidworks isimli program kullanılmıştır. Solidworks katı cisimlerin modellenmesinde kullanılan bilgisayar destekli modelleme ve mühendislik programıdır. Modelleri parametrik özellik bazlı bir yaklaşımla ele alan Solidworks parasolid kernel dili ile yazılmıştır. Bu parametreler nümerik ya da geometrik olabilir.

Modellemeye bir eskiz hazırlanarak başlanır. Bu eksizde nümerik ve geometrik parametreler belirtilir. Eskiz 3. boyuta geçirildiği zaman programın içinde mevcut olan malzeme listesinden bir malzeme seçilir.

Bir model oluştururken genelde bir çok eskizden yararlanılır, bu eksizler bir araya getirilir, model oluşturulduktan sonra uygulanacak mühendislik dalına göre bir simülasyon düzenlenir. Bu çalışmada akışkanlar simülatörü kullanılmıştır.

4.2 XLAMP CXA2011 LED'in Özellikleri

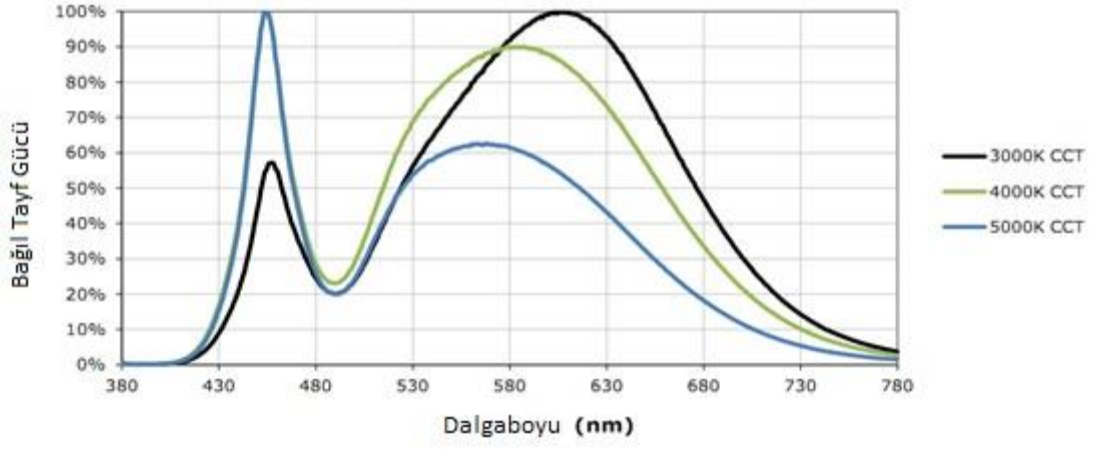
Xlamp CXA2011'in özelliklerini CREE şirketi yayınladığı ürün kataloğunda detaylı bir şekilde belirtmiştir. Çizelge 4.1 de LED çipin termal direnç, görüş açısı, en yüksek darbe gerilimi, üzerinden geçebilecek en yüksek doğru akım, dayanabileceği en yüksek ters yönde akım, nominal çalışma gerilimi ve arayüz sıcaklığı gibi değerleri verilmektedir. Çizelge 4.2, Şekil 4.1 ,4.2, 4.3, 4.4, 4.5 ve 4.6 da farklı karakteristik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 4.1 : XLamp CXA2011'in katalog özellikleri.

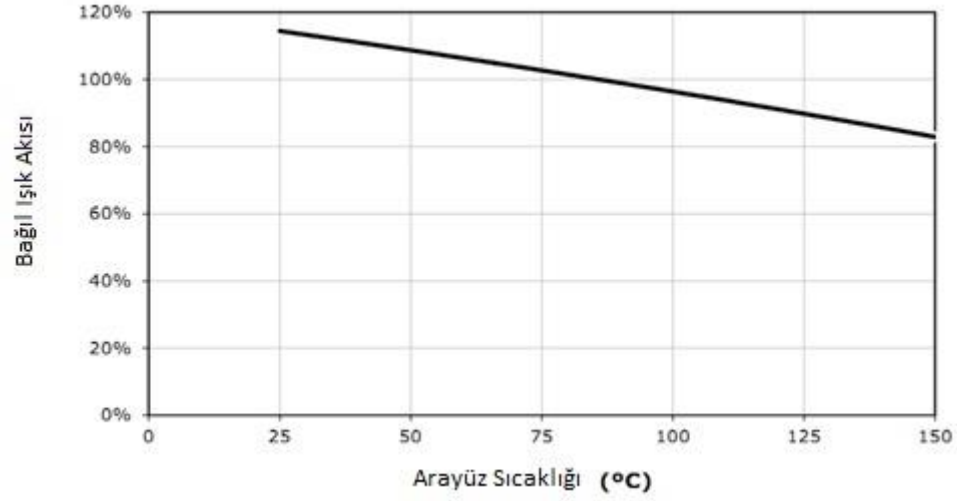
Karakteristik Özellikler	Birim	Ortalama	Maksimum
Efektif Isıl direnç	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$	0,4	
Görüş açısı	Derece	120	
Elektrostatik deşarja dayanma	V		8000
DC ileri akım	mA		1000
Ters akım	mA		0,1
İleri gerilim (270mA , 85 derece)	V	40	48
LED arayüz sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$		150
Gerilim için ısı katsayısı	$\text{mV}/^{\circ}\text{C}$	-35	

Çizelge 4.2 : CXA2011 LED çipinin farklı renk ve renk sıcaklığı değerlerindeki sıcaklıkla lümen değişimi.

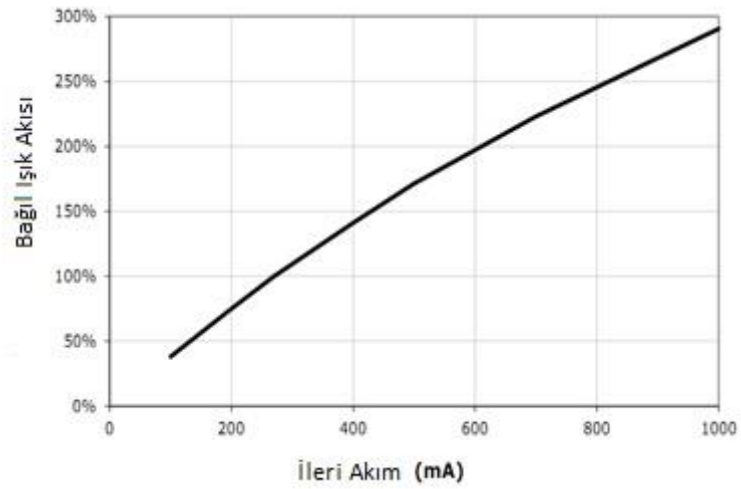
Renk	Renk Sıcaklığı	Işık Akısı (lm) 85$^{\circ}\text{C}$	Işık Akısı (lm) 25$^{\circ}\text{C}$
Temel Beyaz	5000 K	900 - 1040	1036 – 1197
Temel Beyaz	4000 K	780 - 900	898 - 1036
Temel Beyaz	3500 K	780 - 900	898 - 1036
Temel Beyaz	3000 K	780 - 900	898 - 1036
Temel Beyaz	2700 K	680 - 780	783 - 898
ANSI Beyazı	5000 K	900 - 1040	1036 – 1197
ANSI Beyazı	4000 K	780 - 900	898 - 1036
ANSI Beyazı	3500 K	780 - 900	898 - 1036
ANSI Beyazı	3000 K	780 - 900	898 - 1036
ANSI Beyazı	2700 K	680 - 780	783 - 898



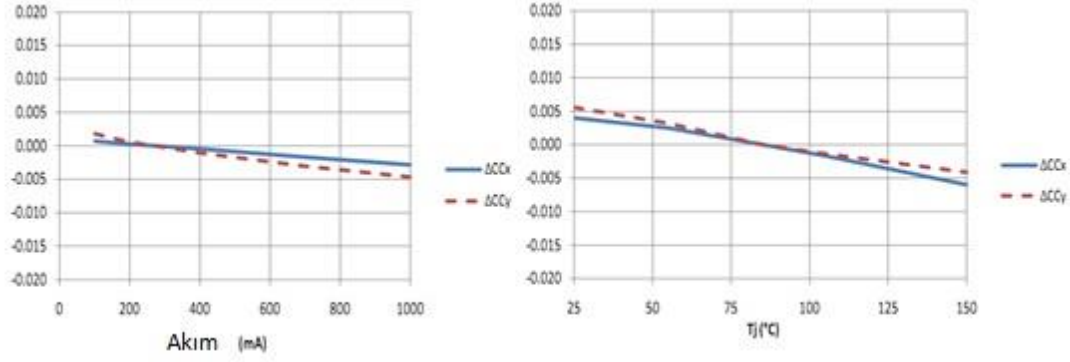
Şekil 4.1 : LED'in farklı dalga boylarında yayımladığı ışığın tayf gücü.



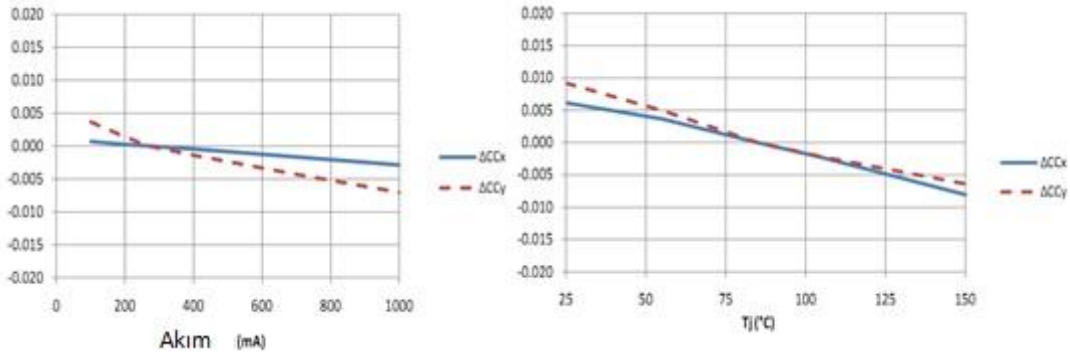
Şekil 4.2 : Arayüz sıcaklığı ile dışarıya verilen ışık akısının karşılaştırılması



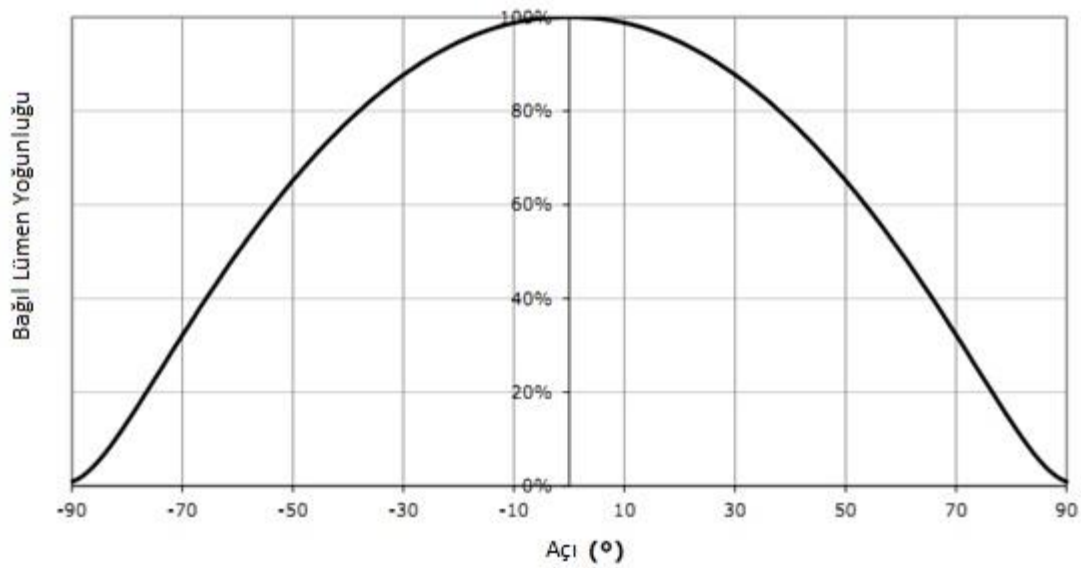
Şekil 4.3 : LED'in sürme akımı ile üretilen ışık akısının karşılaştırılması.



Şekil 4.4 : 3000 °K renk sıcaklığındaki CXA2011 LED için, X ve Y düzlemlerindeki renk kalitesinin, farklı akım ve arayüz sıcaklıklarındaki değeri

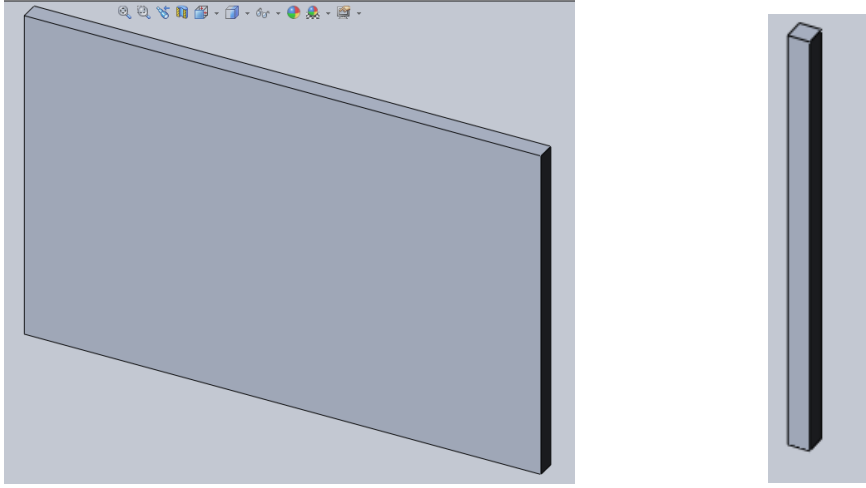


Şekil 4.5 : 5000 °K renk sıcaklığındaki CXA2011 LED için, X ve Y düzlemlerindeki renk kalitesinin, farklı akım ve arayüz sıcaklıklarındaki değeri



Şekil 4.6 : LED'in farklı uzay açılarında ürettiği lümen yoğunluğu.

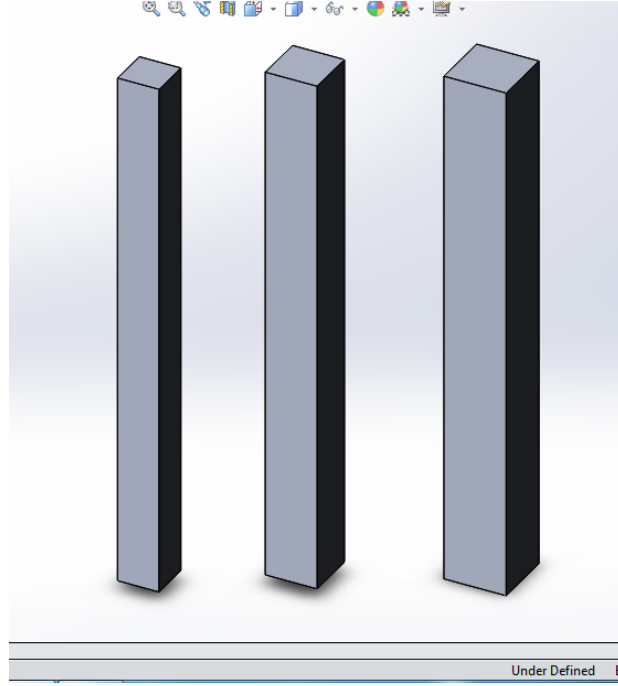
Bu tasarımda metal dolgulu PCB kullanılmıştır. Bu PCB yine CREE'nin ürünlerinden seçilmiştir. PCB, en üst katmanda 1.59 mm kalınlığında alüminyum, onun altında 0.1 mm kalınlığında FR4 ve onunda altında LED ile bitişik 0.07 mm kalınlığında bakır tabakadan oluşur. Armatürün dış kaplaması 2.5 mm kalınlığında alüminyum olarak belirlenmiştir. Simülasyon ve ısı hesap kolaylığı açısından elektriksel bağlantılar ve devre şeması göz ardı edilmiştir.



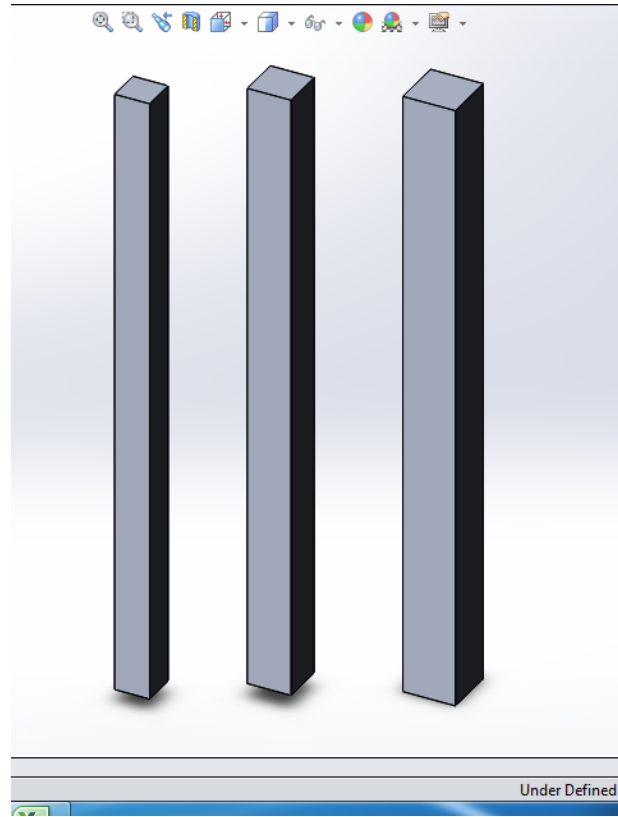
Şekil 4.9 : 2 mm kalınlığında 35 mm yüksekliğinde plaka ve iğne kanatçık modelleri.

Alüminyum soğutucunun tabanı olarak PCB'nin bağlı olduğu armatür yüzeyi kullanılmıştır. Bunun nedeni bu 2.5 mm kalınlığındaki alüminyum parçayı hem armatür yüzeyi hem de soğutucu tabanı olarak kullanıp malzemeden tasarruf ederek maliyeti düşürmektir. Plaka ve iğne kanatçık tiplerini karşılaştırabilmek için 2 tane kanatçık tasarımı yapılmıştır. Bunlardan bir tanesi 2 mm kalınlığında 35 mm yüksekliğinde ve 55 mm uzunluğunda plaka kanatçık, diğeri ise 2 mm'ye 2 mm taban ayrıtlarına sahip 35 mm yüksekliğinde iğne tipi kanatçıktır (Şekil 4.9).

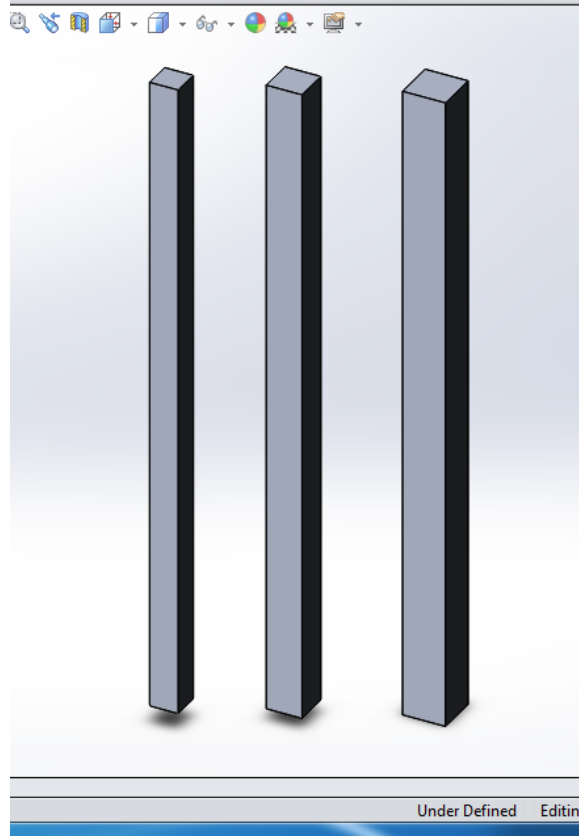
İğne ve plaka tip kanatçıklar simule edilip karşılaştırıldığında iğne tipin plakaya oranla çok daha verimli olduğu gözlenmiştir. Bu yüzden optimizasyona iğne tip kanatçıklarla devam edilmiştir. Bir dizi iğne tip kanatçık tasarımı kullanılmıştır. Burada değiştirilen parametreler taban ayrıtları ve kanatçık yüksekliğidir (Şekil 4.10, 4.11 ve 4.12).



Şekil 4.10 :25 mm yüksekliğinde iğne tip kanatçıklar; 2x2 , 2.5x2.5 ve 3x3 mm taban ayrıtlarıyla



Şekil 4.11 : 35 mm yüksekliğinde iğne tip kanatçıklar; 2x2 , 2.5x2.5 ve 3x3 mm taban ayrıtlarıyla

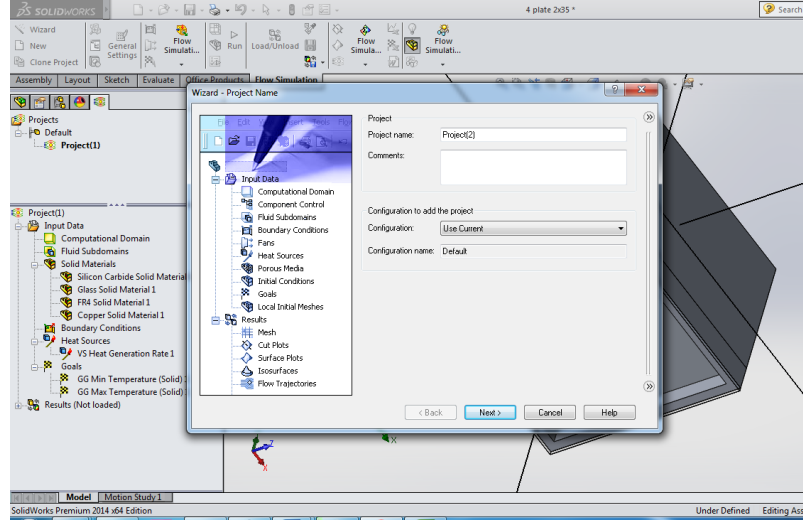


Şekil 4.12 : 45 mm yüksekliğinde iğne tip kanatçıklar; 2x2 , 2.5x2.5 ve 3x3 mm taban ayrıtlarıyla

Alüminyum soğutucu ve armatür yüzeyi için kullanılan alüminyum, SOLIDWORKS'te 5052-H32 olarak tanımlanmıştır. Bakır, cam ve FR4 malzemeleri tek bir tip olarak tanımlı olduğu için tanımlı olanlar seçilmiştir. LED'in simülasyonu için silikon karbid kullanılmıştır.

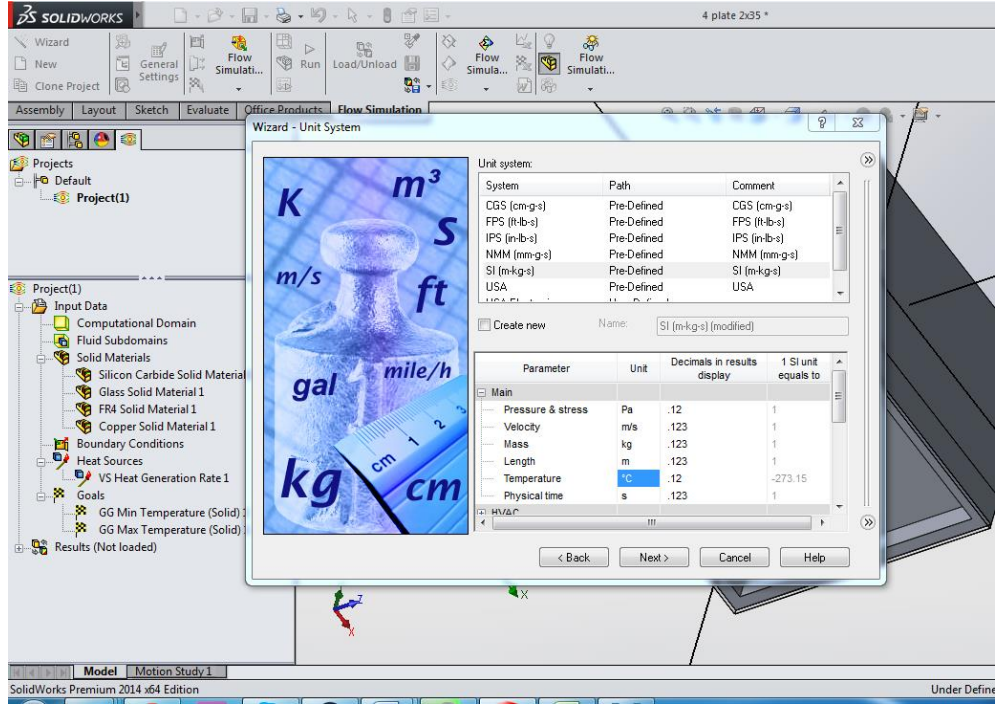
4.4 Simülasyon Parametreleri

SOLIDWORKS programında bir akış simülasyonu yapabilmek için öncelikle programın bize sağladığı sihirbazı çalıştırmamız gerekir. Sihirbazda karşımıza çıkan ilk sayfada proje ismi girilebilir, yapılandırma ayarları varsayılan bölümündedir (Şekil 4.13).



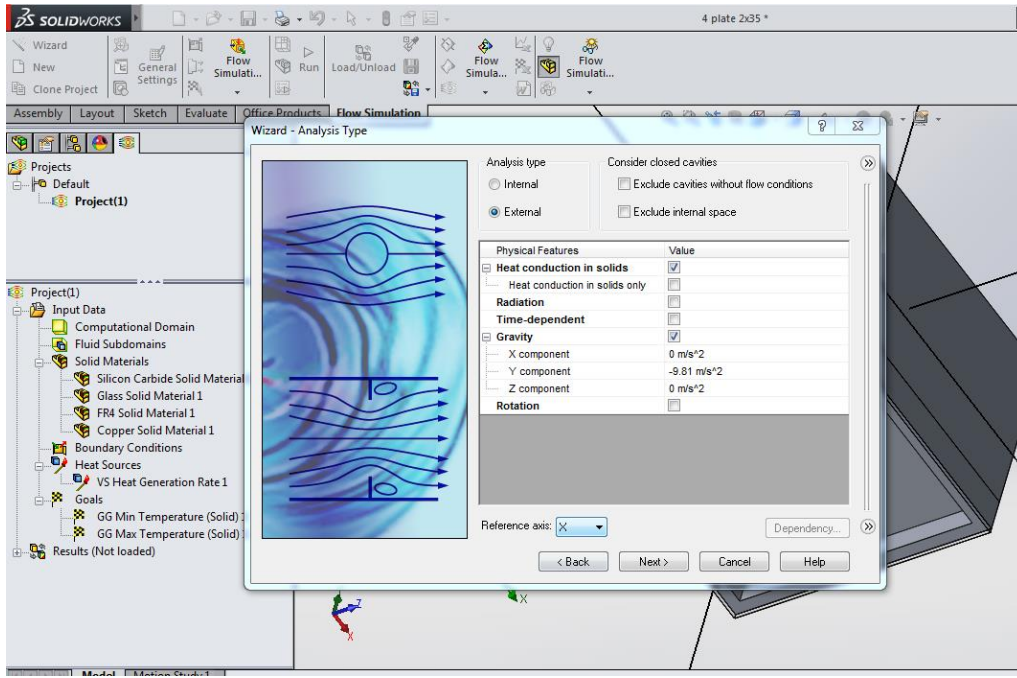
Şekil 4.13 : Akış simülasyonu sihirbazı.

Bir sonraki sayfada kullanılacak birim sistemi seçilir. Bu çalışmada SI birim sistemi kullanılmıştır. Burada yapılan tek değişiklik sıcaklık birimini Kelvin yerine Santigrat derece almaktır (Şekil 4.14).



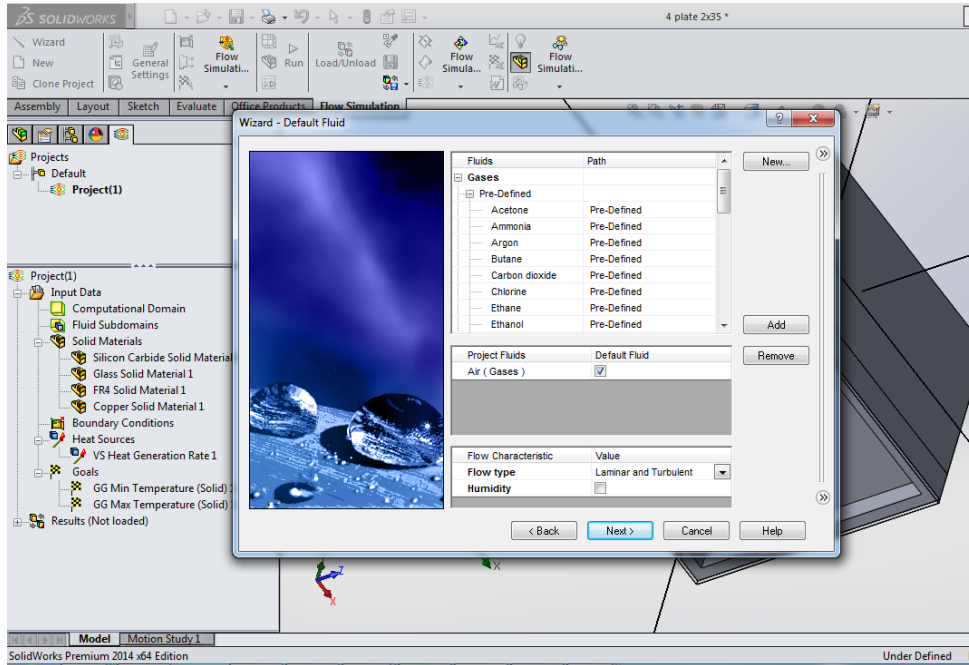
Şekil 4.14 : Birim sistemleri.

Bir sonraki sayfada analiz tipi dış yüzey ölçümleri seçilmiştir. Fiziksel özelliklerde ise katılardaki ısı iletimi ve yerçekimi kuvveti dikkate alınmıştır(Şekil 4.15).



Şekil 4.15 : Analiz tipi.

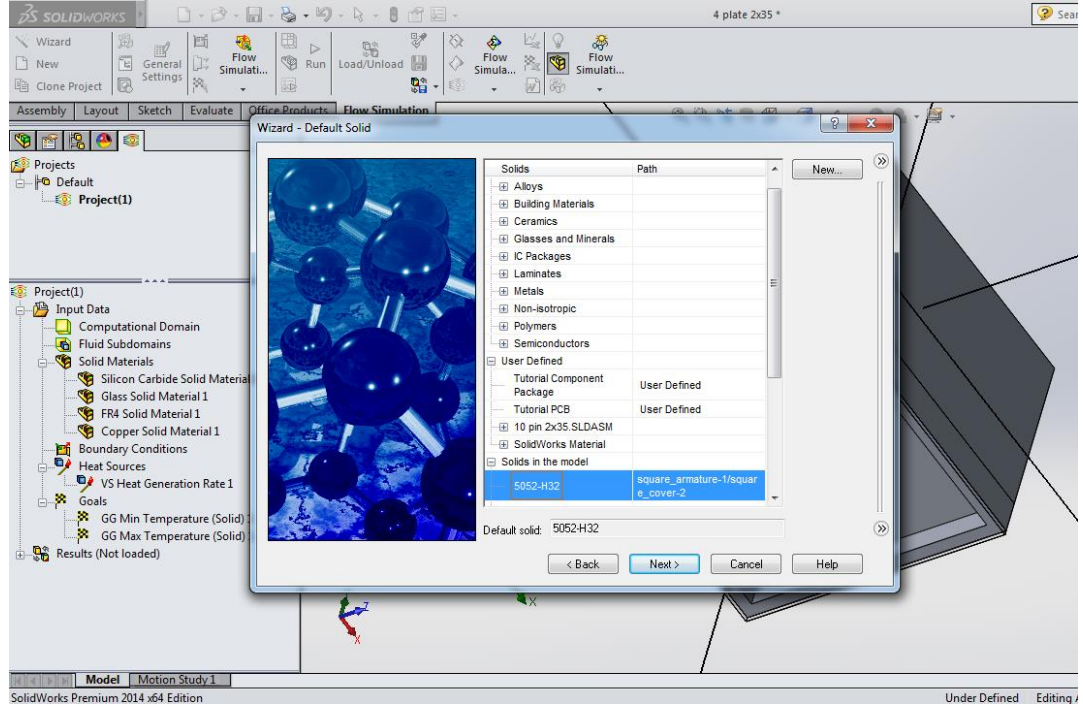
Bir sonraki sayfada akışkanlardan hava seçilir. Bunun nedeni alüminyum soğutucunun direk olarak hava ile temas edecek olmasıdır(Şekil 4.16).



Şekil 4.16 : Varsayılan akışkan seçimi.

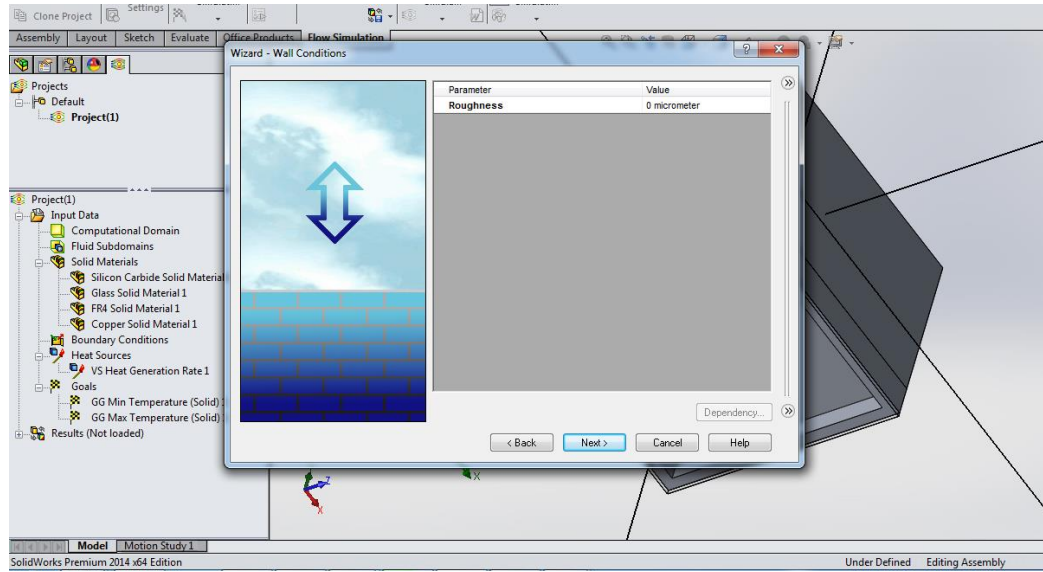
Bir sonraki sayfada modeldeki varsayılan katının ne olduğu belirtilir. Bu şekilde SOLIDWORKS akış simülatörü tanımlanmayan bütün katıları bu varsayılan katı

malzeme olarak algılayacaktır. Burada, modelde de kullanılan 5052-H32 alüminyum seçilmiştir (Şekil 4.17).



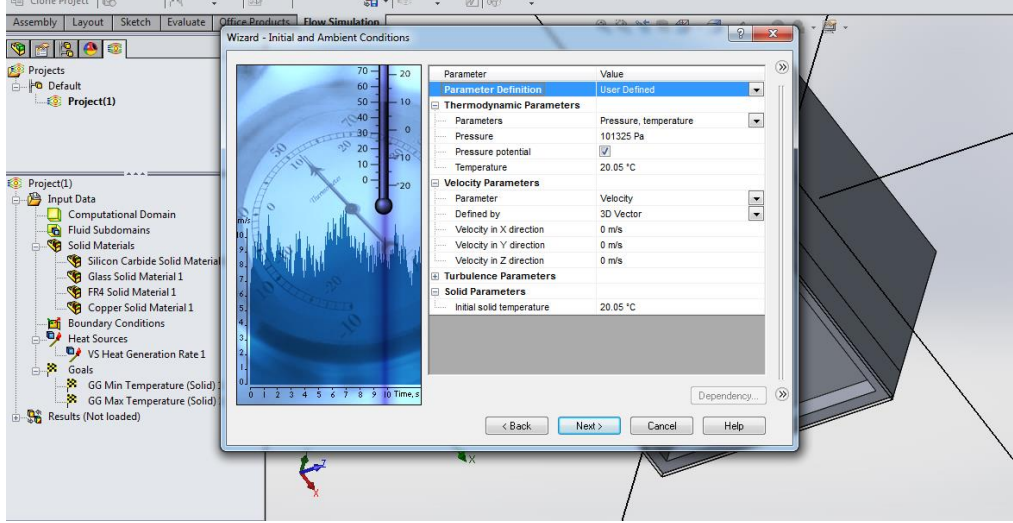
Şekil 4.17: Varsayılan katı seçimi.

Bir sonraki sayfada pürüzlülük ayarları mevcuttur. Yüzeyin pürüzlü olup olmaması ısı simülasyona çok fazla etki etmeyeceğinden, pürüzlülük değeri ihmal edilmiş ve var sayılan 0'da bırakılmıştır (Şekil 4.18).



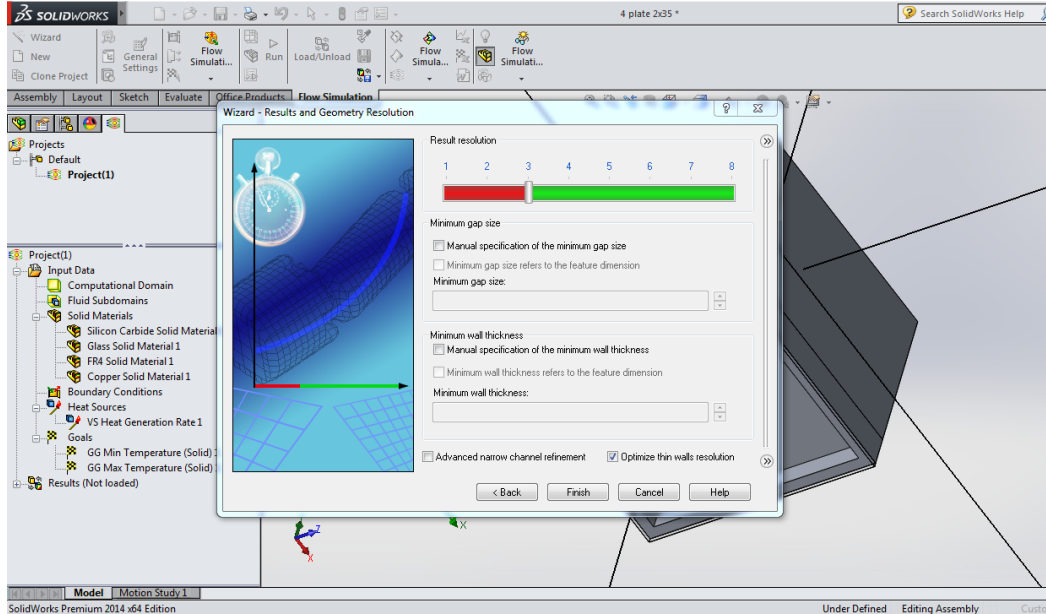
Şekil 4.18 : Pürüzlülük.

Bir sonraki sayfada değiştirilebilecek birçok parametre mevcuttur. Termodinamik parametrelerden ortam sıcaklığı, 25 santigrat derece olarak belirlenmiştir. Katının başlangıç sıcaklığı da aynı şekilde 25 santigrat derece olarak ayarlanır. Diğer parametreler varsayılan değerlerde bırakılmıştır (Şekil 4.19).



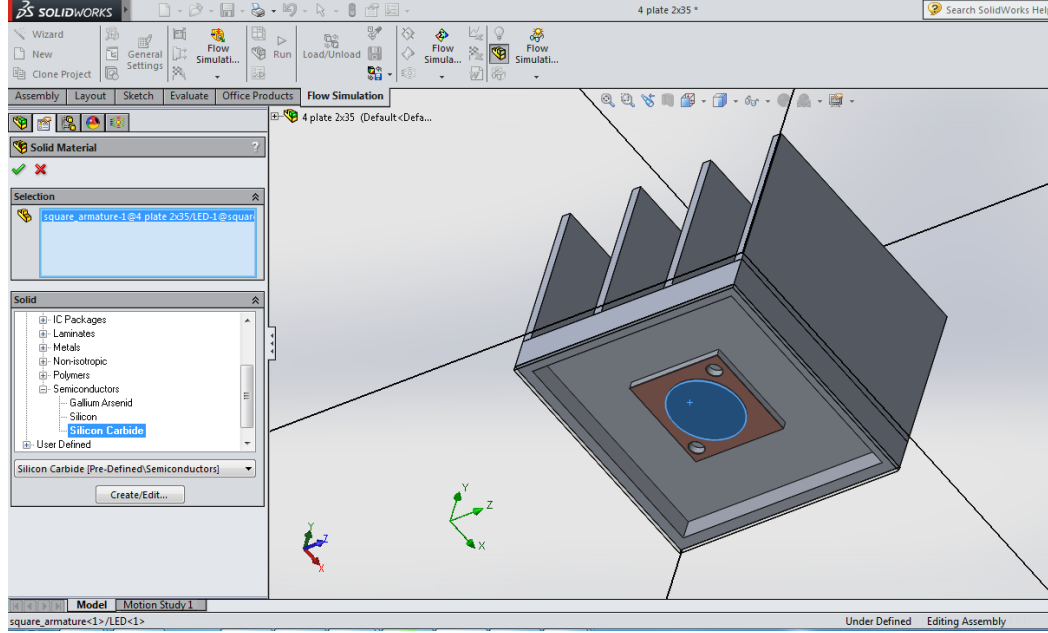
Şekil 4.19 : Başlangıç ve çevre koşulları.

Son sayfada sonuç çözünürlüğü ayarları ve ağ büyüklükleri ayarlanmaktadır. Bu simülasyonda bu ayarlar varsayılanlarda bırakılmıştır (Şekil 4.20).



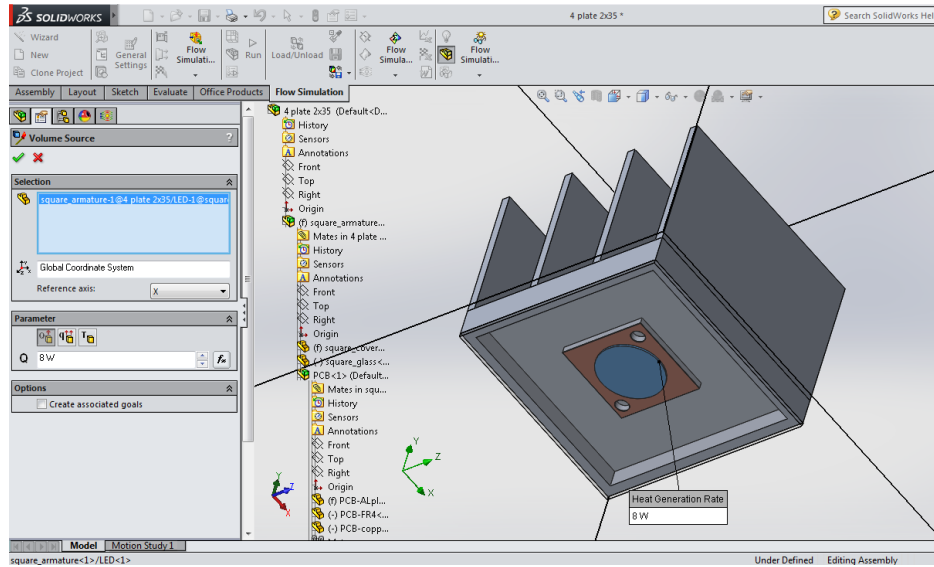
Şekil 4.20 : Sonuç çözünürlüğü ve ağ büyüklükleri ayarları.

Sihirbazı kapattıktan sonra yapılacak ilk iş modeldeki katıları tanımlamaktır. LED için katı malzemeler listesinden “silikon karbid” seçilmiştir. Aynı listeden FR4 için FR4, bakır için bakır ve cam için cam seçilmiştir (Şekil 4.21).



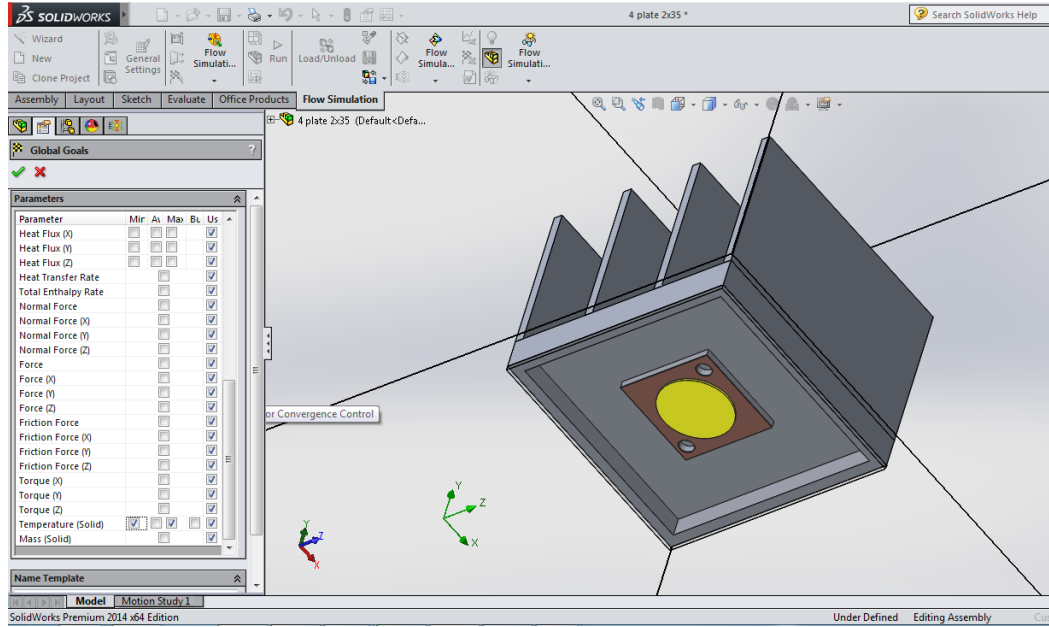
Şekil 4.21 : Listedeki katı malzeme seçimi.

Akış simülasyonu özelliklerinden hacimsel kaynaklar seçilmiş ve LED modeli 8 W’lık bir ısı kaynağı olarak tamamlanmıştır. Simülasyonun sadece ısı değerleri göz önüne alınmasından dolayı LED’in, bir ışık kaynağı olması gibi, diğer özellikleri simülasyona herhangi bir etki etmeyecektir (Şekil 4.22).



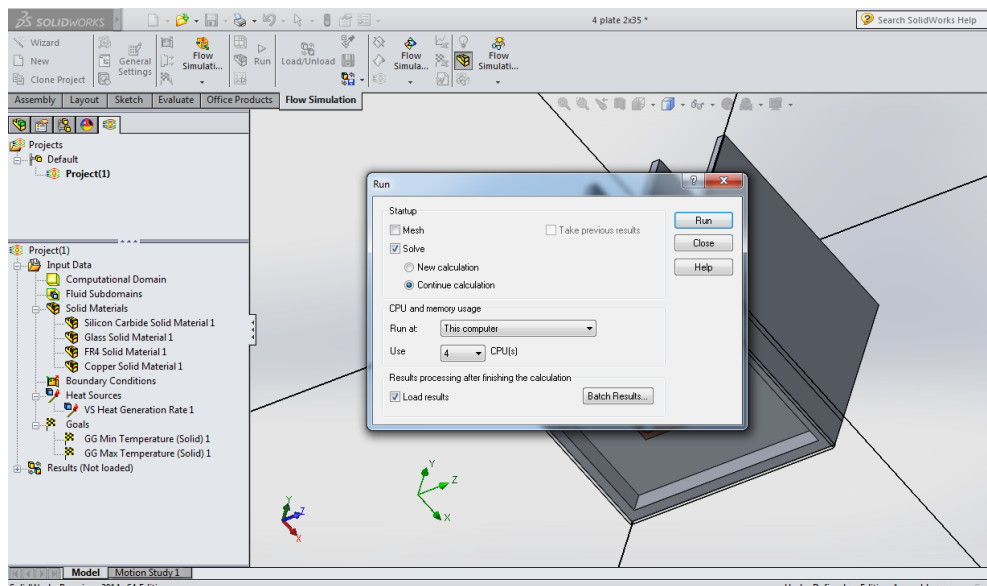
Şekil 4.22 : Isı kaynağı seçimi.

Bundan sonra yapılacak işlem ise SOLIDWORKS'un hedeflerini belirlemektir. Burada çıkan parametrelerde SOLIDWORKS'un katılardaki en düşük ve en yüksek sıcaklık değerlerini hedef olarak görmesi istenecektir. SOLIDWORKS bu sayede en düşük ve yüksek sıcaklık değerleri sabitleninceye kadar simülasyonu yürütür.



Şekil 4.23 : Hedef parametreleri.

Bundan sonra yapılacak tek şey simülasyonu çalıştırmaktır. Simülasyon çalışırken gerekli hesaplamaları her bir iterasyon için hesaplayacaktır ve hedef kriterleri sabitleninceye kadar hesaplamalara devam edecektir (Şekil 4.24).



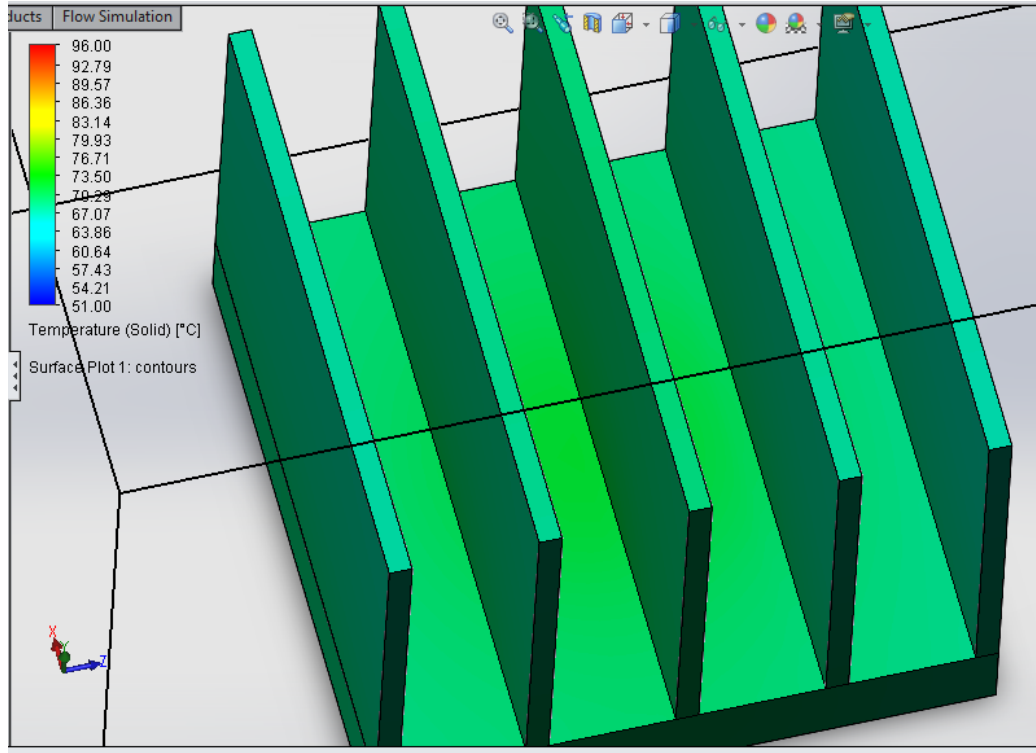
Şekil 4.24 : Simülasyonun çalıştırılması.

5. YAPILAN SİMÜLASYON ÇALIŞMALARI

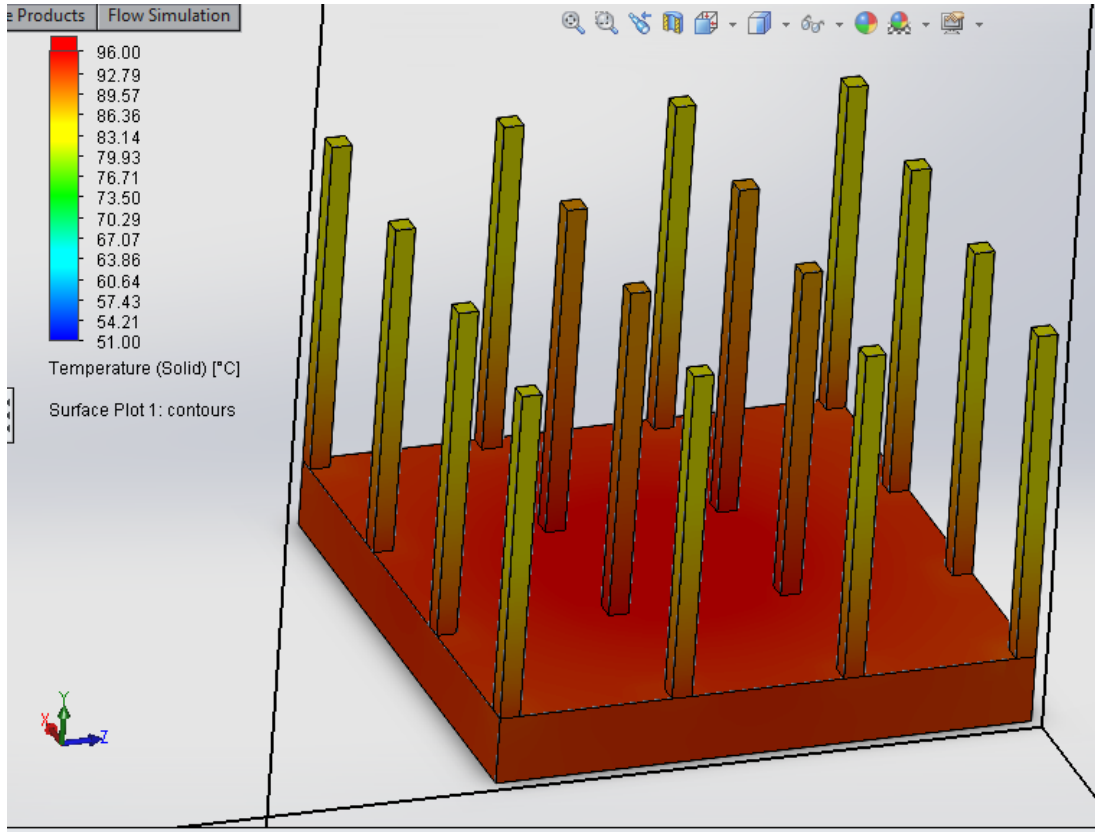
5.1 İğne ve Plaka Kanatçıkların Karşılaştırılması

Optimizasyon sürecinin ilk adımı olarak temel iki kanatçık türü olan iğne ve plaka kanatçıklar karşılaştırılmıştır. 2mm genişliğinde 55 mm uzunluğunda 35 mm yüksekliğindeki plaka kanatçıklar ile 2x2 mm taban ayrıtlarına sahip 35 mm yüksekliğindeki iğne kanatçıklar seçilmiştir. Düzgün bir sonucun elde edilebilmesi için 12’şer iterasyon yapılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır.

Bu bölümde aynı kelimeler sıkça kullanılacağı için bazı kısaltmalara gidilmiştir. Bu kısaltmalardan bir tanesi A’lı plaka; alüminyum soğutucu tabanın üstünde A adet 2x55x35’lik plaka kanatçığın olduğunu ifade eder (Şekil 5.1 ve 5.2). Diğer bir kısaltma olan B’li iğne ise; alüminyum soğutucu tabanın üstünde BxB adet 2x2x35 mm iğne kanatçığın olduğunu ifade etmektedir.



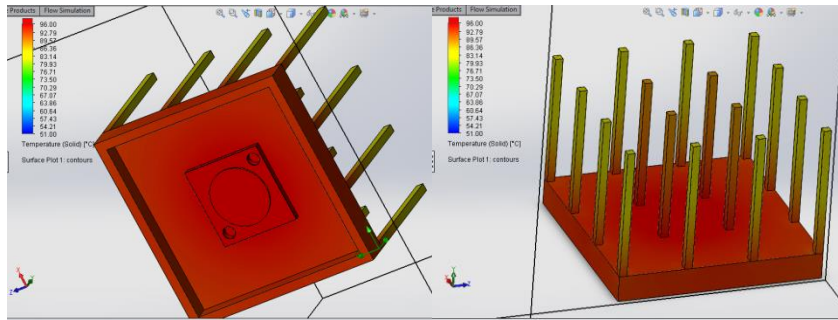
Şekil 5.1 : Örnek, 5’li plaka.



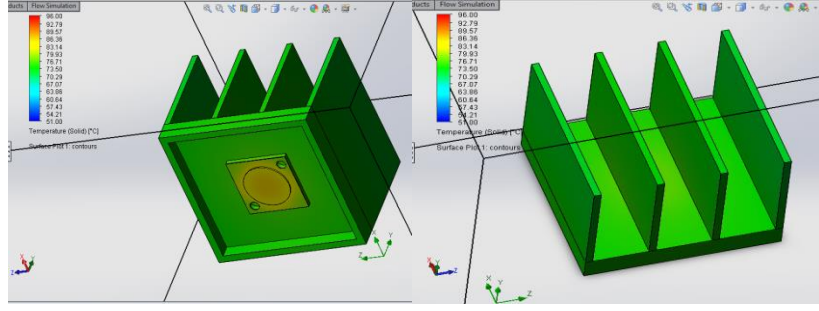
Şekil 5.2 : Örnek, 4'lü iğne.

5.1.1 Simülasyonların yürütülmesi ve elde edilen değerler

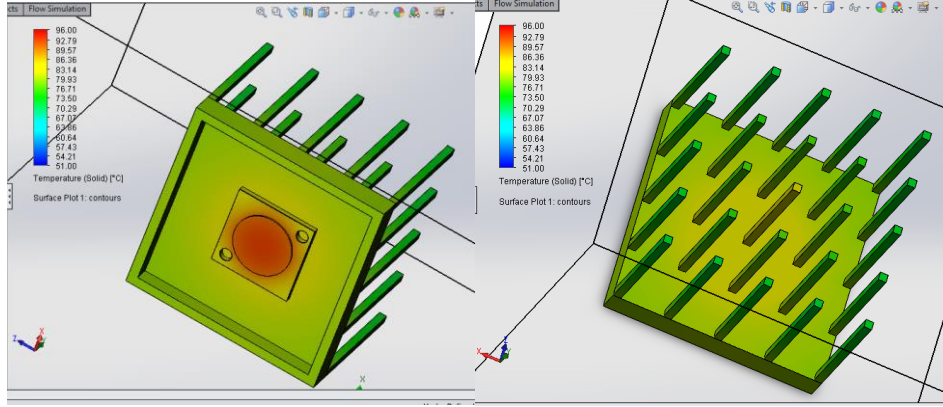
Çalışmanın bu aşamasında 4'ten 15'e kadar değişen sayılarda plaka ve iğne kanatçık tipli modellerin simülasyonları çalıştırılmış ve karşılaştırılmıştır (Şekil 5.3 ten 5.26 ya kadar).



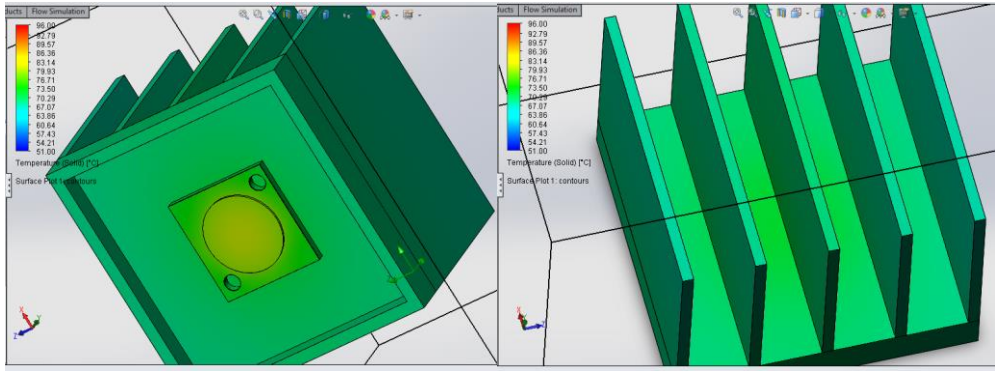
Şekil 5.3 : 4'lü iğne kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.



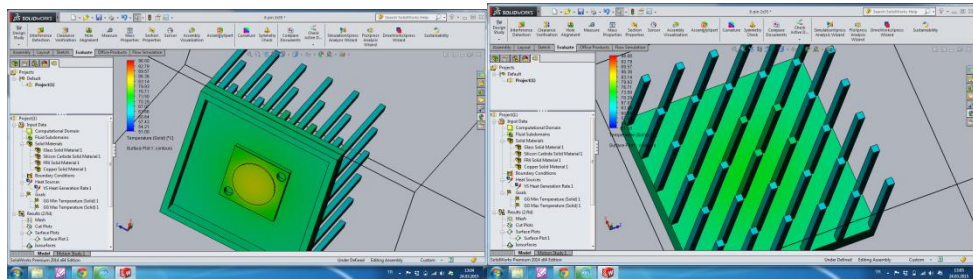
Şekil 5.4 : 4'lü plaka kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.



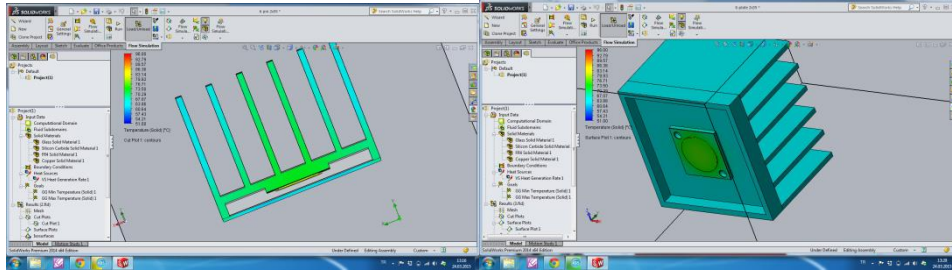
Şekil 5.5 : 5'li iğne kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.



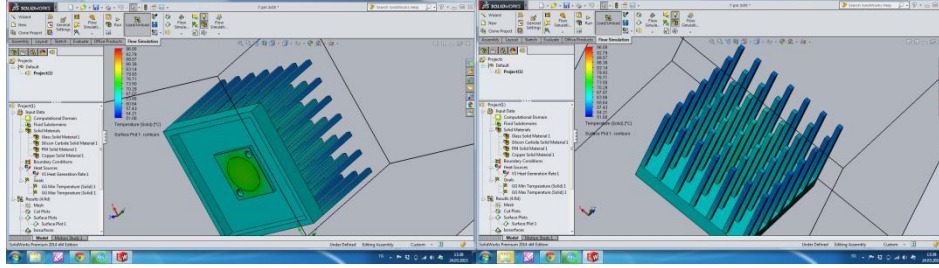
Şekil 5.6 : 5'li plaka kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.



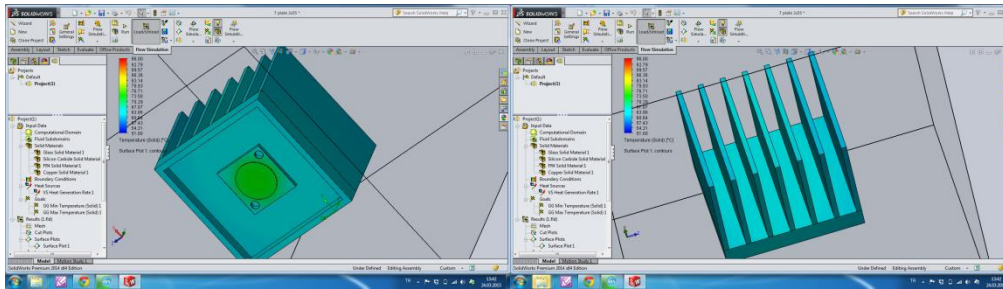
Şekil 5.7 : 6'lı iğne kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.



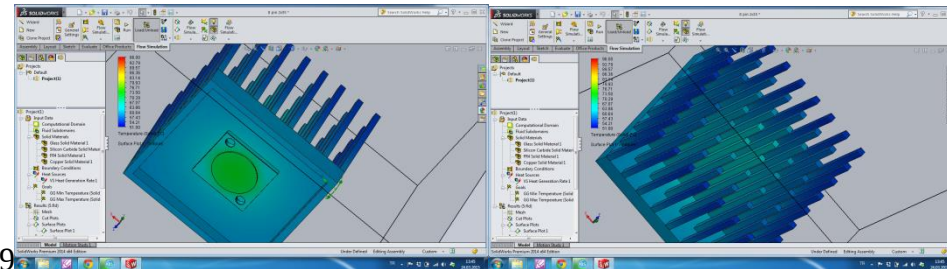
Şekil 5.8 : 6'lı plaka kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.



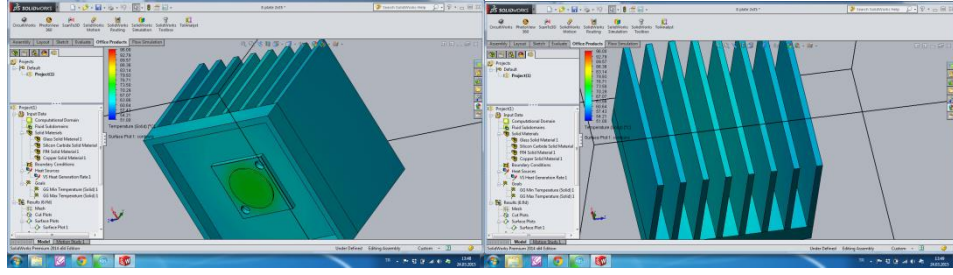
Şekil 5.9 : 7'li iğne kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.



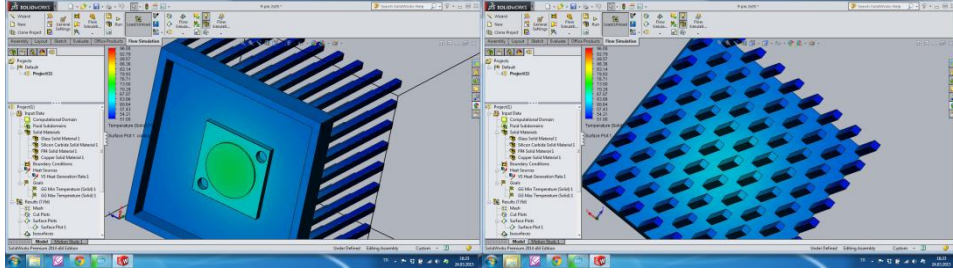
Şekil 5.10 : 7'li plaka kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.



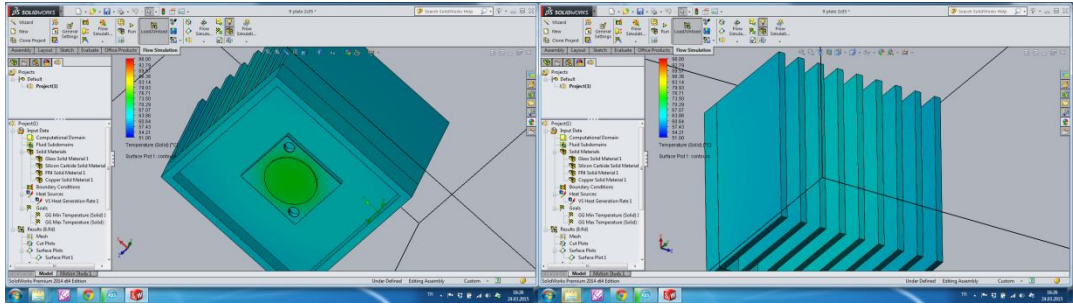
Şekil 5.11 : 8'li iğne kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.



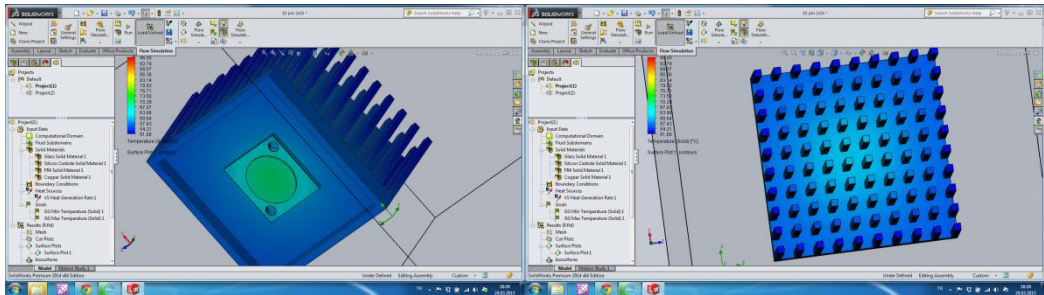
Şekil 5.12 : 8’li plaka kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.



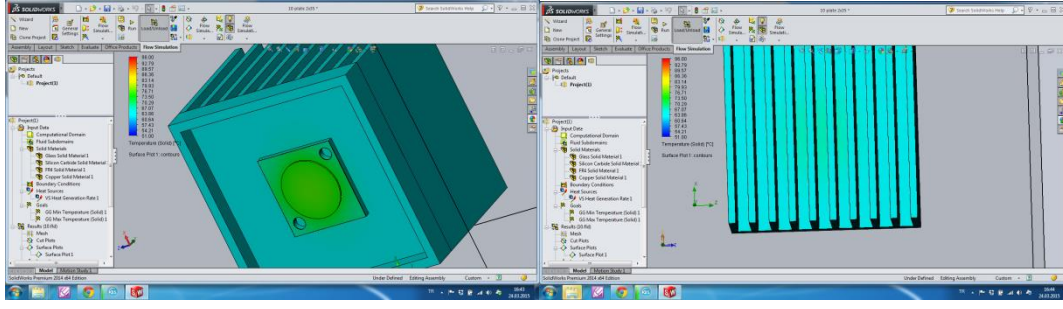
Şekil 5.13 : 9’lu iğne kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.



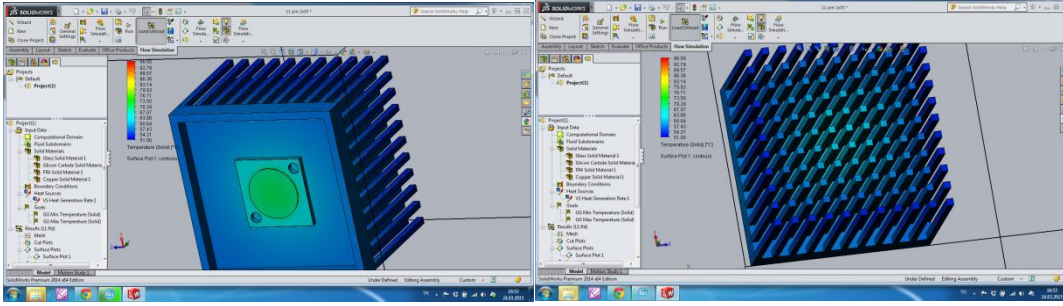
Şekil 5.14 : 9’lu plaka kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.



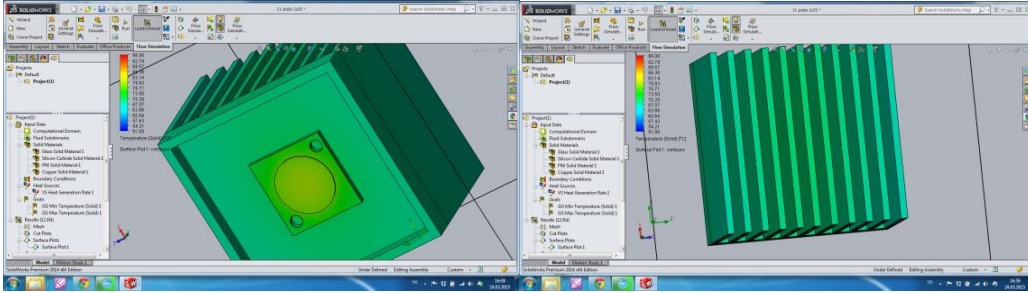
Şekil 5.15 : 10’lu iğne kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.



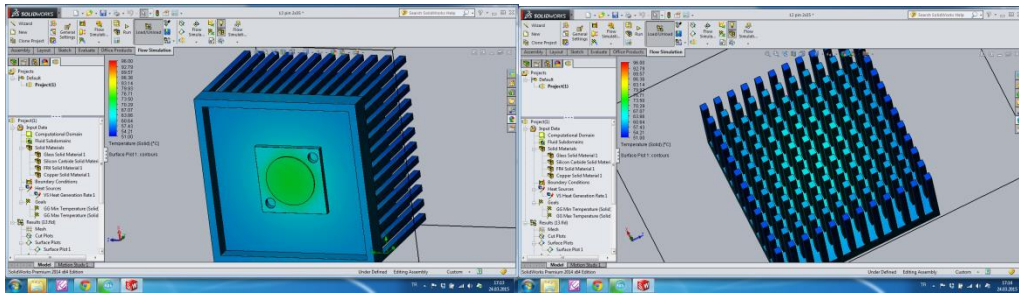
Şekil 5.16 : 10'lu plaka kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.



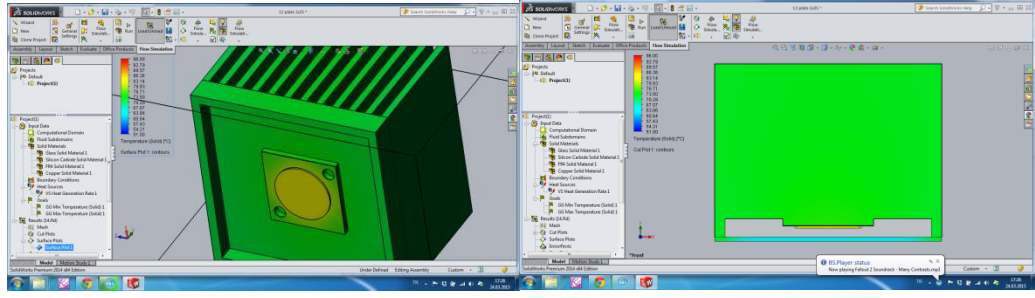
Şekil 5.17 : 11'li iğne kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.



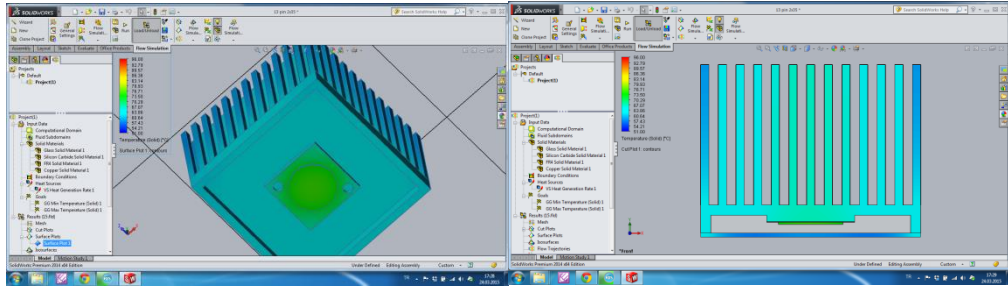
Şekil 5.18 : 11'li plaka kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.



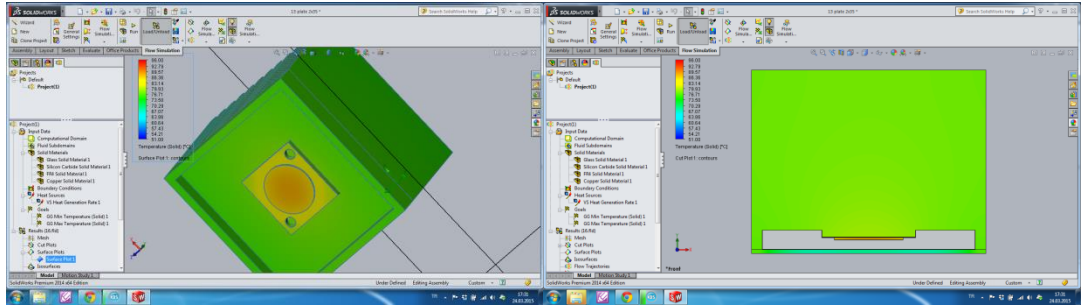
Şekil 5.19 : 12'li iğne kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.



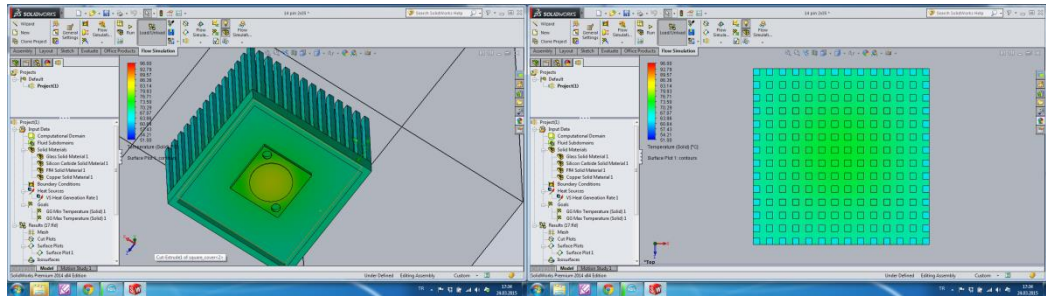
Şekil 5.20 : 12’li plaka kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.



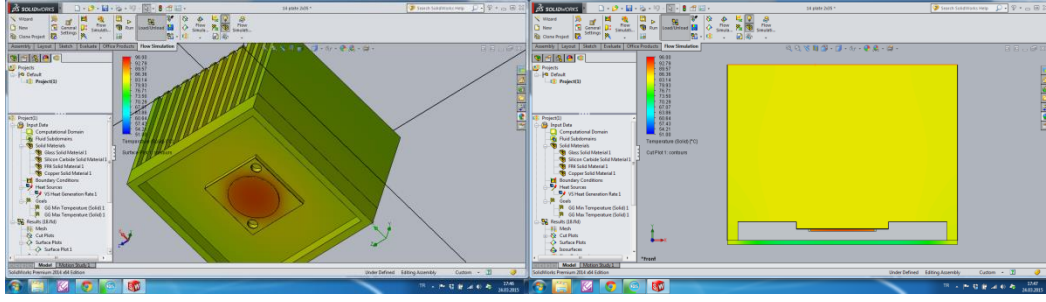
Şekil 5.21 : 13’lü iğne kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.



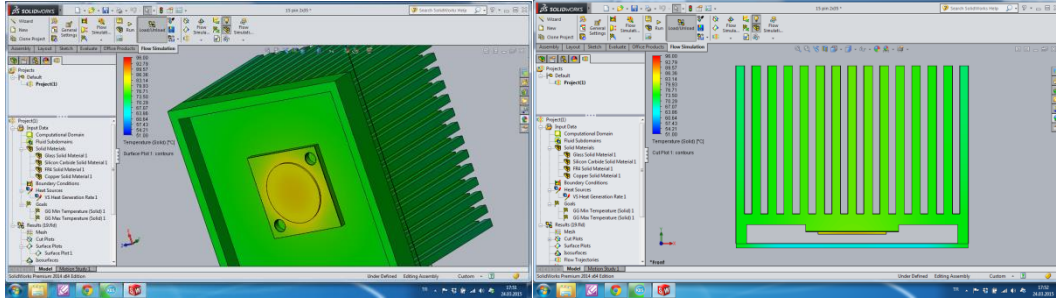
Şekil 5.22 : 13’lü plaka kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.



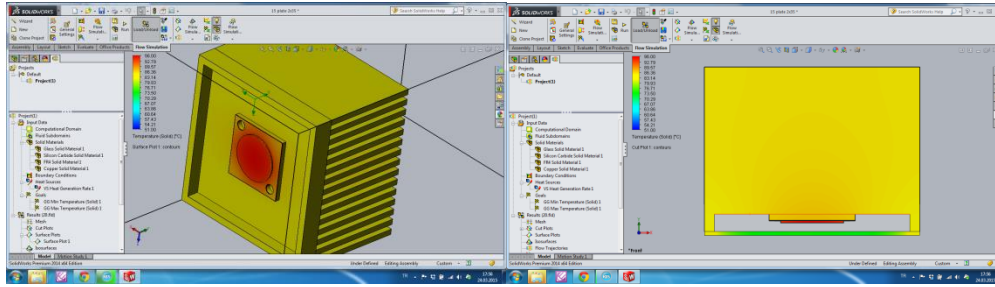
Şekil 5.23 : 14’lü iğne kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.



Şekil 5.24 : 14’lü plaka kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.



Şekil 5.25 : 15’li iğne kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.



Şekil 5.26 : 15’li plaka kanatçıklı alüminyum soğutucunun simülasyon sonucu.

Bu simülasyonların sonucunda bulunan en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri

Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2 de verilmiştir.

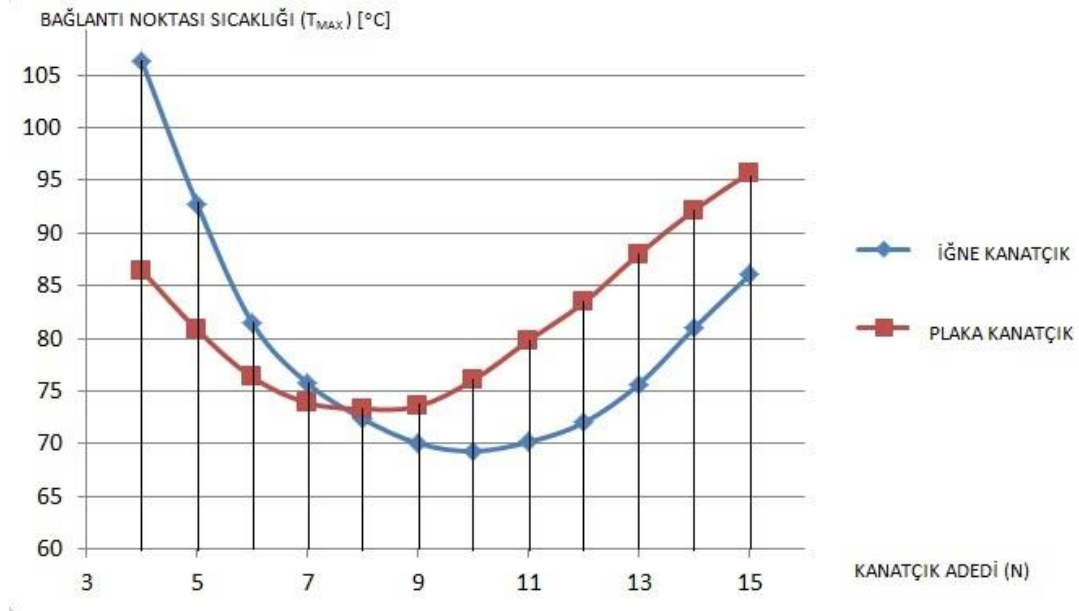
Çizelge 5.1 : İğne kanatçıklı soğutucularda elde edilen sonuçlar.

İğne	4 x 4	5 x 5	6 x 6	7 x 7	8 x 8	9 x 9	10 x 10	11x11	12x12	13x13	14x14	15x15
T_{max}	106,35	92,80	81,50	75,76	72,38	70,06	69,31	70,18	72,03	75,69	81,03	86,05
T_{min}	80,83	69,67	60,47	56,11	53,82	52,17	51,38	51,92	53,51	56,26	60,17	63,84

Çizelge 5.2 : Plaka kanatçıklı soğutucularda elde edilen sonuçlar.

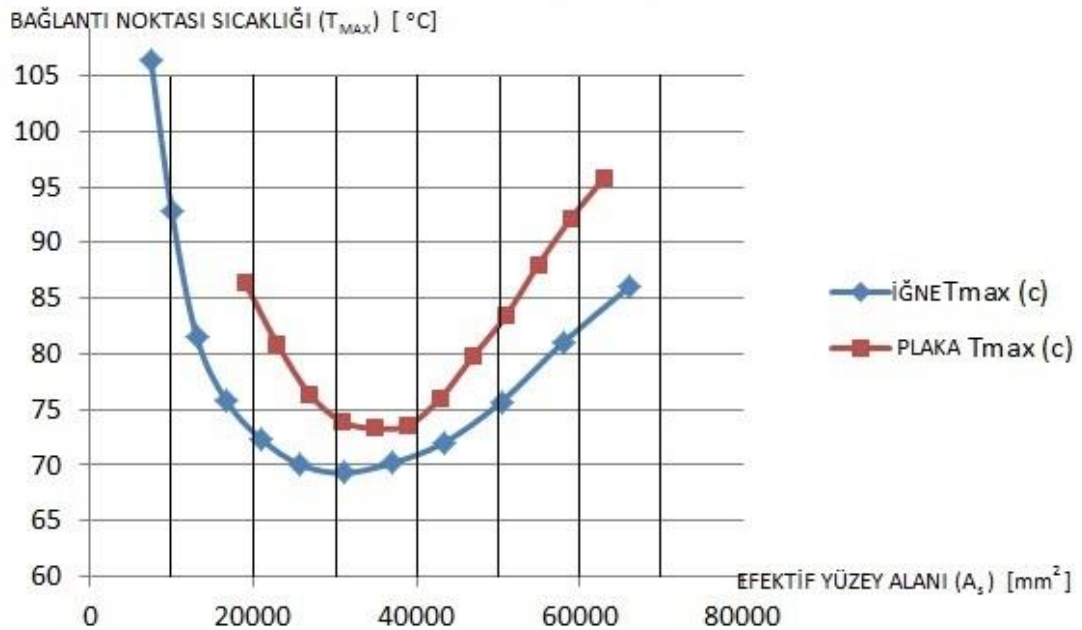
Plaka	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
T_{max}	86,47	80,86	76,34	73,90	73,32	73,57	76,07	79,81	83,43	88,04	92,20	95,75
T_{min}	65,37	61,00	57,43	55,42	55,35	54,84	56,76	60,08	63,47	66,91	69,56	72,35

Şekil 5.27’den görüldüğü gibi iğne kanatçıklarda 10’lu iğne, plaka kanatçıklarda 8’li plaka soğutucularda en düşük sıcaklık değerlerine ulaşılmıştır.



Şekil 5.27 : Kanatçık sayıları ile en yüksek arayüz sıcaklığı karşılaştırılması.

Ayrıca iğne kanatçıklarda plaka kanatçıklarla ulaşılamayacak kadar düşük sıcaklık değerlerine ulaşmak mümkündür.



Şekil 5.28 : Toplam efektif kanatçık yüzey alanları ile arayüz sıcaklıkları.

Şekil 5.28'den, iğne kanatçıklarla aynı yüzey alanlarında plaka kanatçıklardan daha düşük arayüz sıcaklıklarının elde edilebildiği görülmektedir.

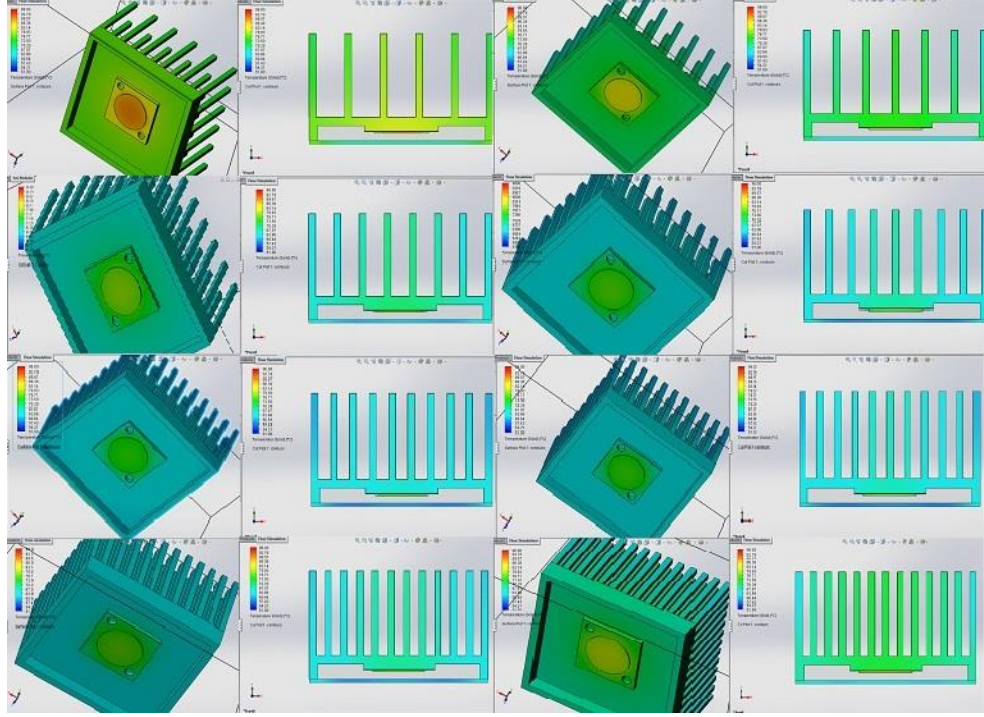
Her iki grafiği ve sonuçlarını göz önüne aldığımızda iğne kanatçıkların plaka kanatçıklardan daha verimli olduğu görülmektedir. Üretim aşamasında plaka kanatçıklar daha düşük maliyetli olabilmesine rağmen bu çalışmada maliyet değil, yüksek verim eldesi amaçlandığı için, optimizasyon çalışmasına iğne kanatçıklar üzerinden devam edilmiştir. Bundan sonraki aşamada kanatçık taban ayrıtlarının ve yüksekliklerinin etkileri analiz edilecektir.

5.2 İğne Kanatçıklı Tasarımın Optimizasyonu

Bir önceki bölümde, iğne kanatçıklar ile daha düşük arayüz sıcaklıklarına ulaşabildiği anlaşılmıştır. Bu bölümde ise iğne kanatçıklı bir armatür tasarlarken göz önüne alınması gereken parametrelerin en önemlileri karşılaştırmalı olarak optimize edilecektir. Bu parametreler, kanatçıkların taban ayrıtları ve yükseklikleri olarak belirlenmiştir.

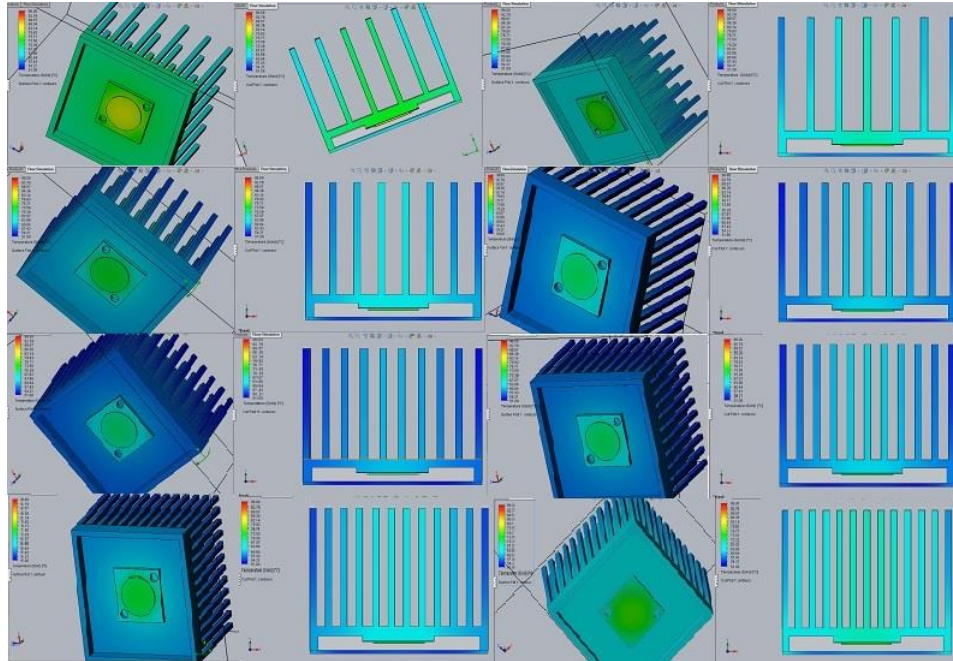
Bu çalışmada taban ayrıtları 2x2 mm 2.5x2.5 mm ve 3x3 mm olarak yükseklikler ise 25,35 ve 45 mm olarak alınmıştır. Bir önceki çalışmada hangi aralıkta optimum değerlerin elde edileceği bilinmediği için daha geniş bir aralıkta simülasyonlar yapıp karşılaştırılmıştır. Bu simülasyonların sonucunda bu kadar geniş bir örneklemeye ihtiyaç bulunmadığı ve optimum değerlerin belirli bir aralıkta değiştiği gözlemlendiği için, simülasyon örnek havuzu 12 den 8 e düşürülmüştür.

3 farklı taban ayrıtı ve 3 farklı kanatçık yüksekliği için toplam 9 simülasyon kümesi oluşturulmuştur. Her birinde optimum değerlerin rahatça gözlemlenebileceği 8 adet simülasyon vardır. Her bir simülasyon, ayrıntıları önceki bölümlerde verilen SOLIDWORKS akış simülatörü ile çözülmüş, elde edilen en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri ile 3x3x8 lik iki adet matris oluşturulmuştur.



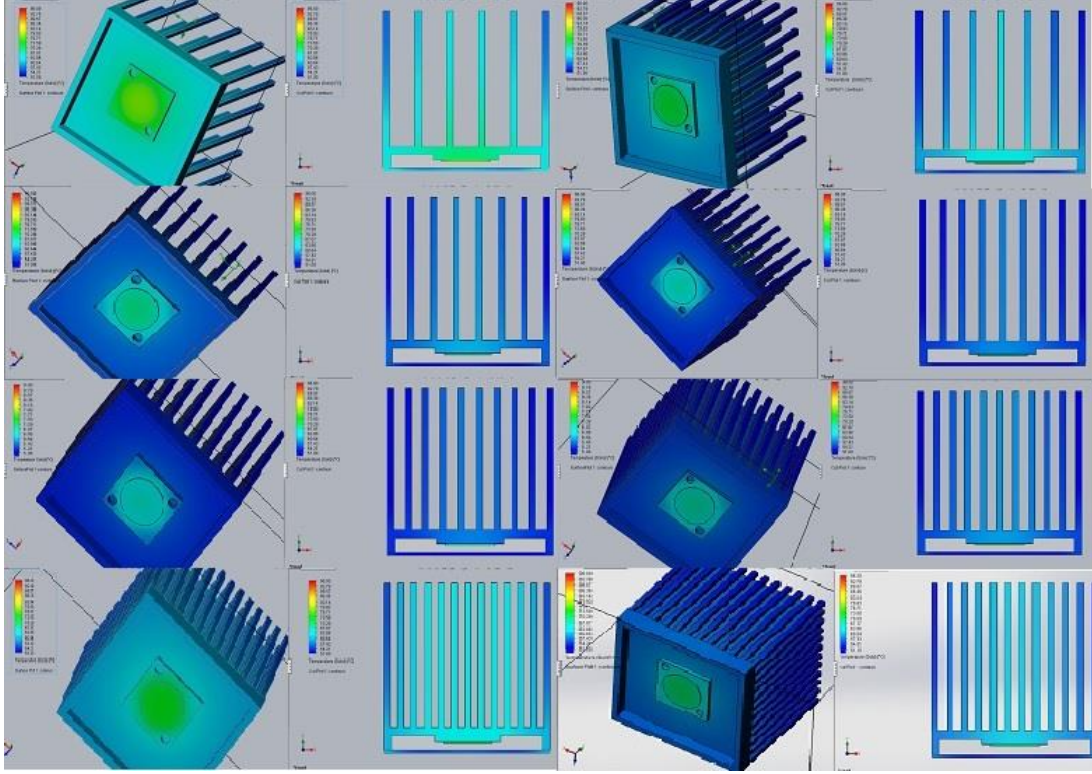
Şekil 5.29 : 2mm x 2mm taban ayrıtı ve 25 mm yükseklikte iğne kanatçıklar.

2 mm x 2 mm taban ayrıtı ve 25 mm yükseklikte iğne kanatçıklarla yapılan 8 adet simülasyonun grafik sonuçları Şekil 5.29 da verilmiştir. Sırayla 6x6'dan 13x13'e kadar kanatçık adedi ile simülasyonlar yapılmıştır. Grafiklerden de anlaşılacağı üzere, en düşük sıcaklık seviyesi 10x10'luk kanat diziliminde elde edilmiştir.



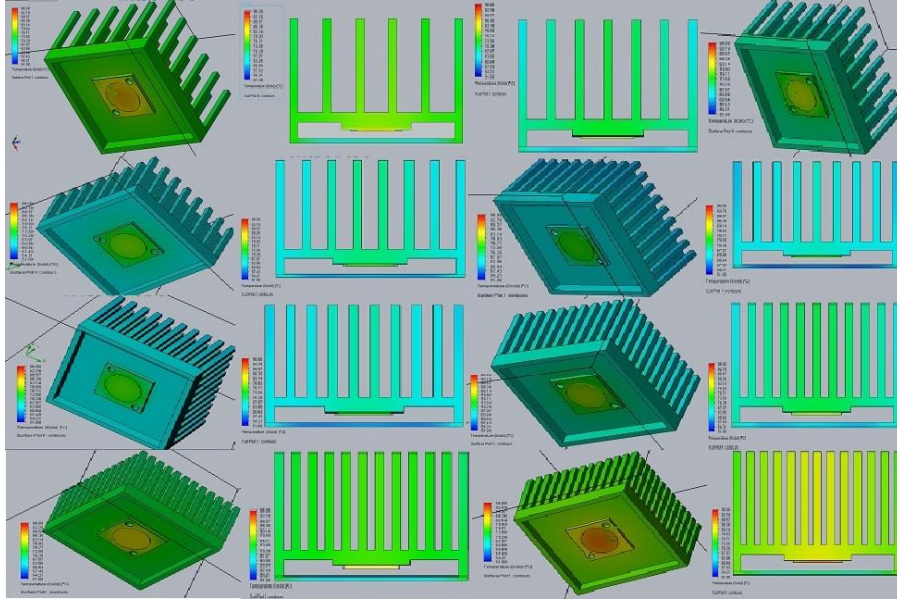
Şekil 5.30 : 2mm x 2mm taban ayrıtı ve 35 mm yükseklikte iğne kanatçıklar.

2 mm x 2 mm taban ayrıtı ve 35 mm yükseklikte iğne kanatçıklarla yapılan 8 adet simülasyonun grafik sonuçları Şekil 5.30 da verilmiştir. Sırayla 6x6'dan 13x13'e kadar kanatçık adedi ile simülasyonlar yapılmıştır. Grafiklerden de anlaşılacağı üzere, en düşük sıcaklık seviyesi 10x10'luk kanat diziliminde elde edilmiştir.



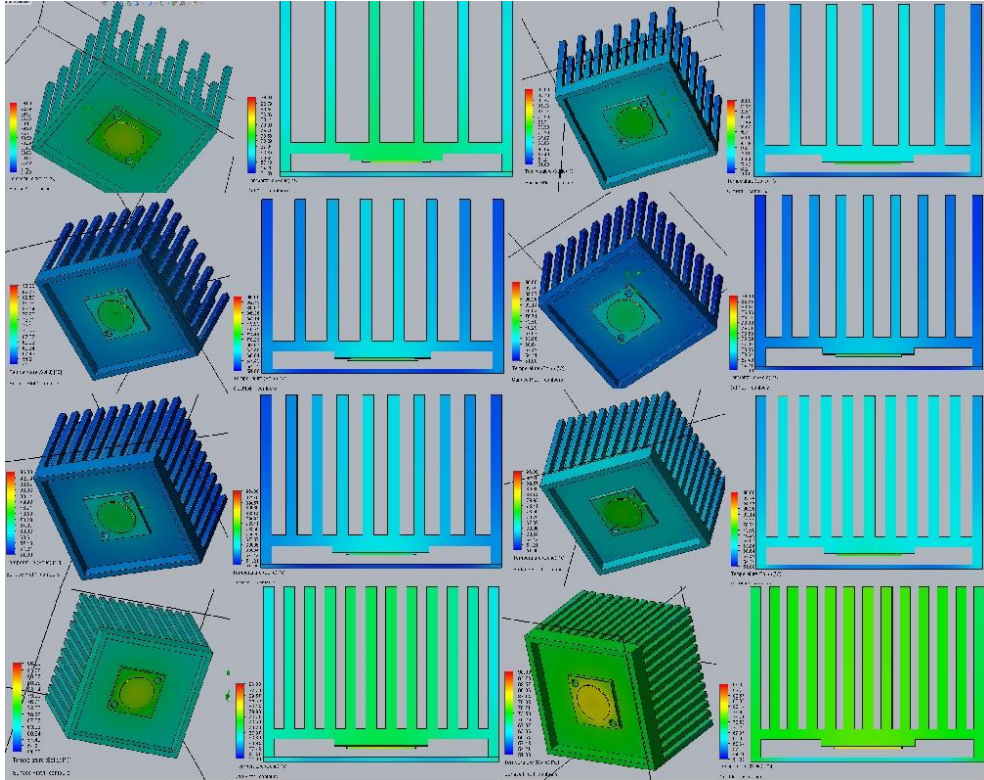
Şekil 5.31 : 2mm x 2mm taban ayrıtı ve 45 mm yükseklikte iğne kanatçıklar.

2 mm x 2 mm taban ayrıtı ve 45 mm yükseklikte iğne kanatçıklarla yapılan 8 adet simülasyonun grafik sonuçları Şekil 5.31 de verilmiştir. Sırayla 6x6'dan 13x13'e kadar kanatçık adedi ile simülasyonlar yapılmıştır. Grafiklerden de anlaşılacağı üzere, en düşük sıcaklık seviyesi 10x10'luk kanat diziliminde elde edilmiştir.



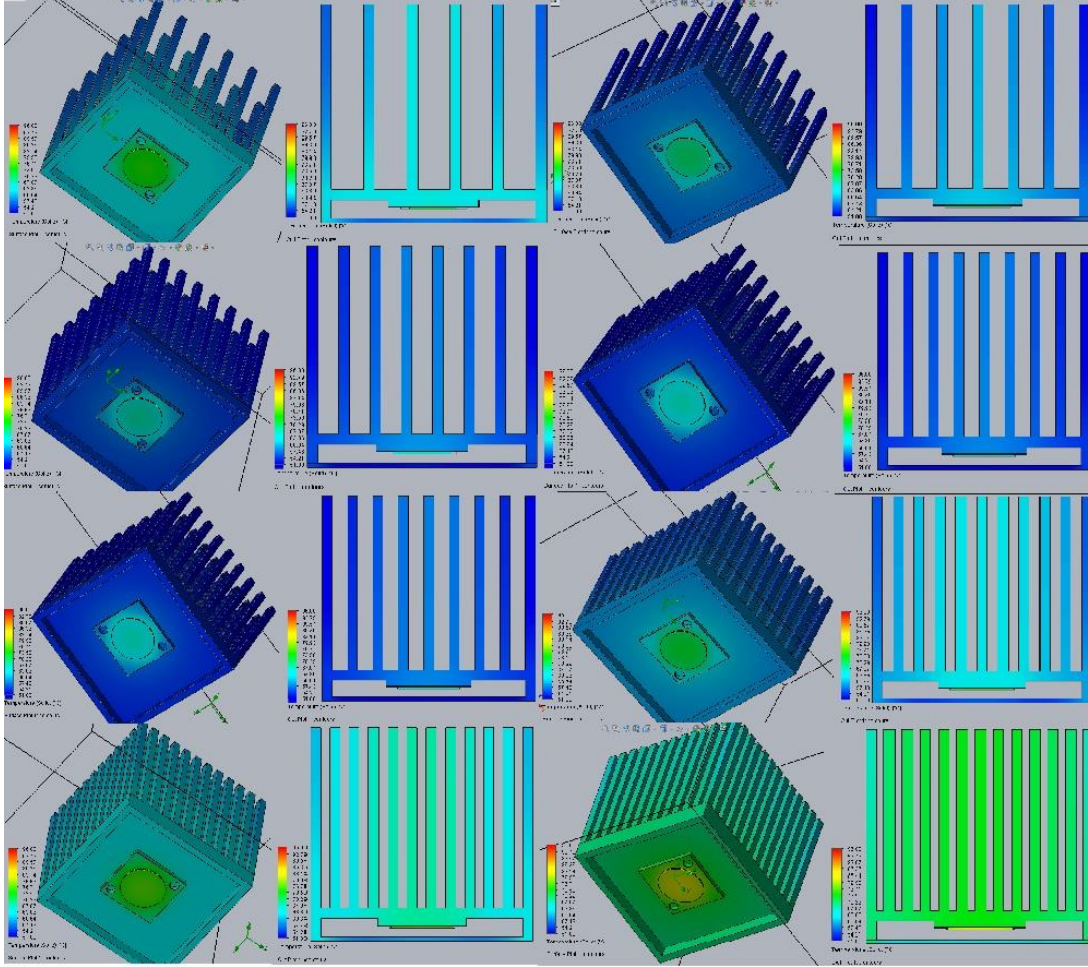
Şekil 5.32 : 2.5mm x 2.5mm taban ayırıtı ve 25 mm yükseklikte iğne kanatçıklar.

2.5 mm x 2.5 mm taban ayırıtı ve 25 mm yükseklikte iğne kanatçıklarla yapılan 8 adet simülasyonun grafik sonuçları Şekil 5.32’de verilmiştir. Sırayla 6x6’dan 13x13’e kadar kanatçık adedi ile simülasyonlar yapılmıştır. Grafiklerden de anlaşılacağı üzere, en düşük sıcaklık seviyesi 9x9’luk kanat diziliminde elde edilmiştir.



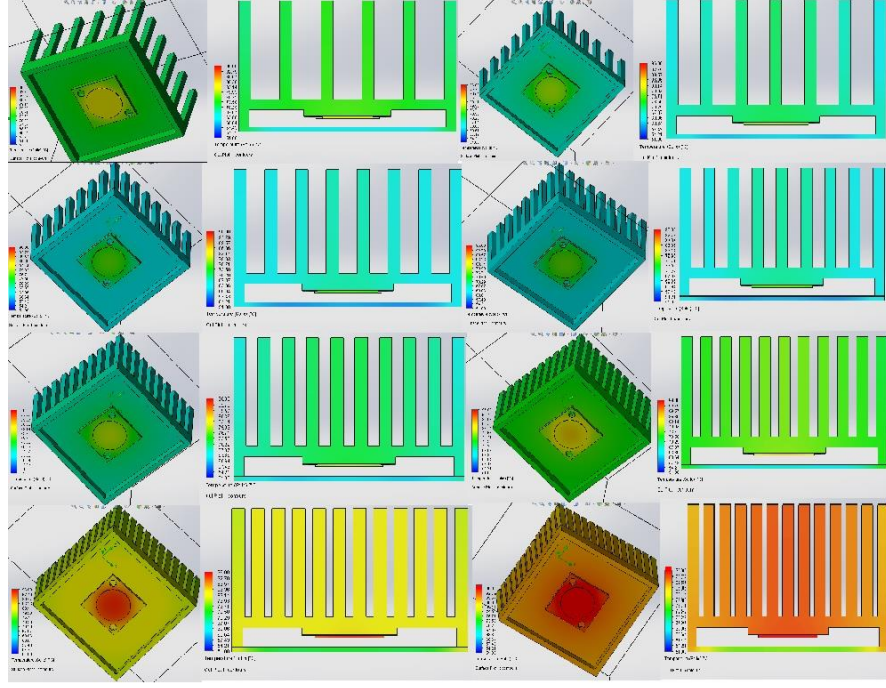
Şekil 5.33 : 2.5mm x 2.5mm taban ayırıtı ve 35 mm yükseklikte iğne kanatçıklar.

2.5 mm x 2.5 mm taban ayrıtı ve 35 mm yükseklikte iğne kanatçıklarla yapılan 8 adet simülasyonun grafik sonuçları Şekil 5.33'te verilmiştir. Sırayla 6x6'dan 13x13'e kadar kanatçık adedi ile simülasyonlar yapılmıştır. Grafiklerden de anlaşılacağı üzere, en düşük sıcaklık seviyesi 9x9'luk kanat diziliminde elde edilmiştir.



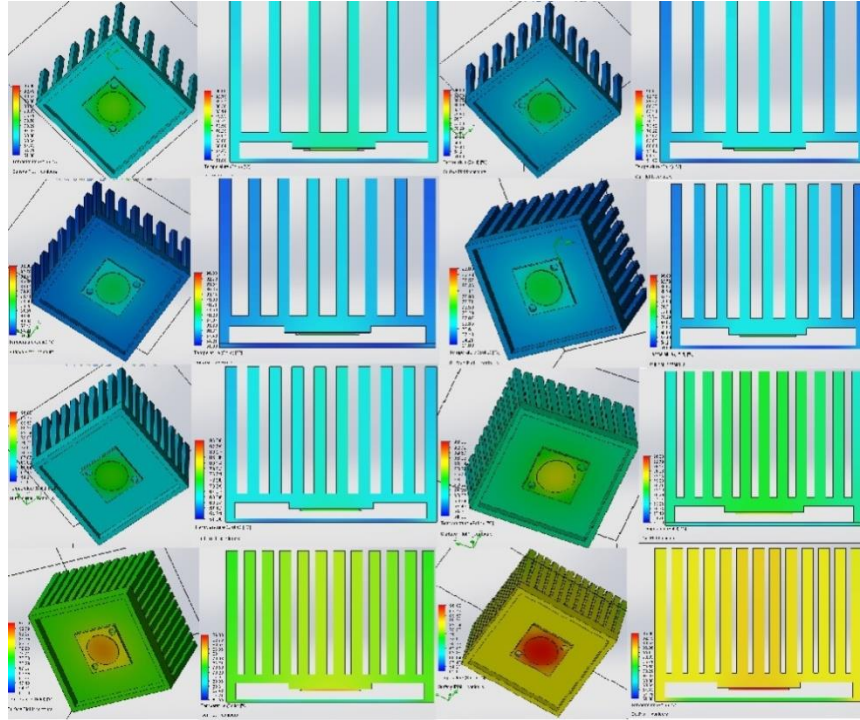
Şekil 5.34 : 2.5mm x 2.5mm taban ayrıtı ve 45 mm yükseklikte iğne kanatçıklar.

2.5 mm x 2.5 mm taban ayrıtı ve 45 mm yükseklikte iğne kanatçıklarla yapılan 8 adet simülasyonun grafik sonuçları Şekil 5.34'te verilmiştir. Sırayla 6x6'dan 13x13'e kadar kanatçık adedi ile simülasyonlar yapılmıştır. Grafiklerden de anlaşılacağı üzere, en düşük sıcaklık seviyesi 9x9'luk kanat diziliminde elde edilmiştir.



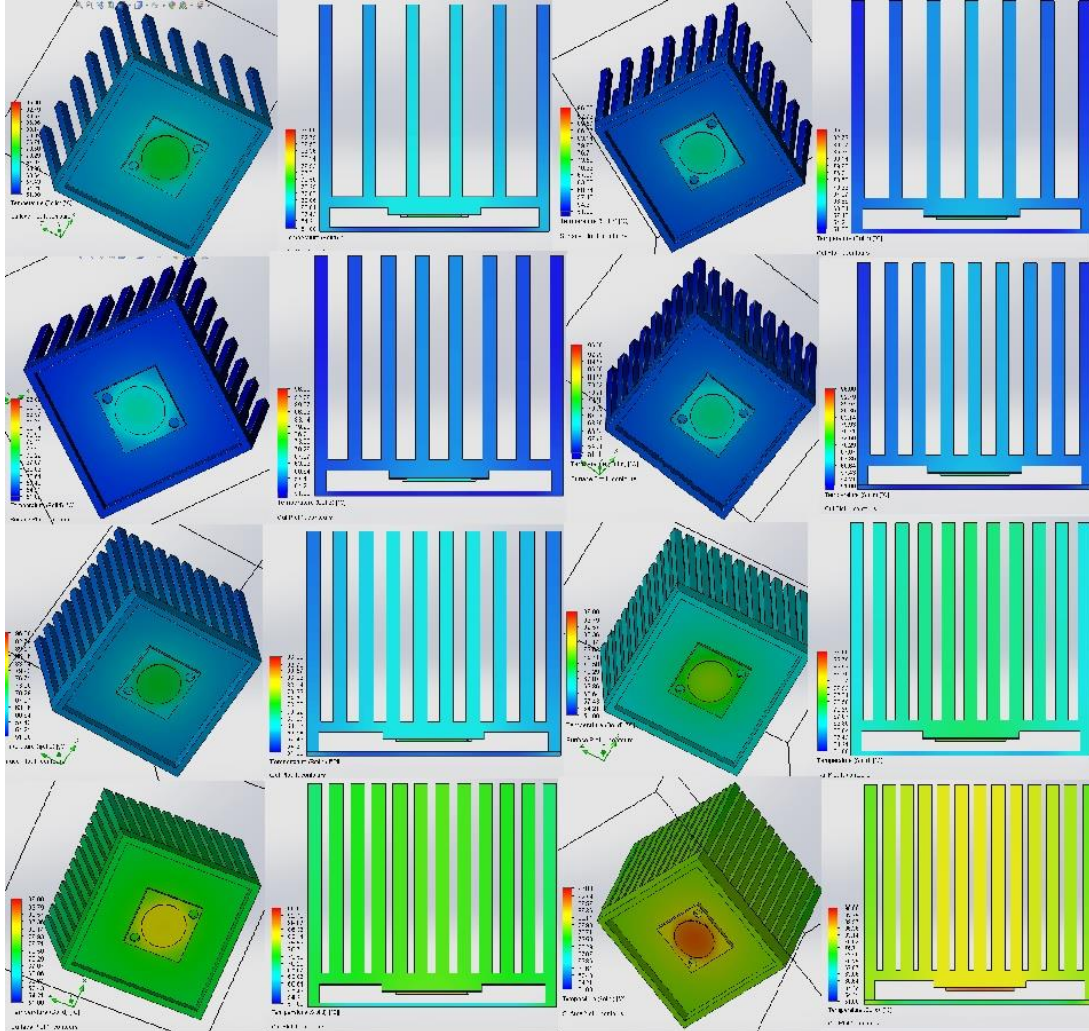
Şekil 5.35 : 3mm x 3mm taban ayrıtı ve 25 mm yükseklikte iğne kanatçıklar.

3 mm x 3 mm taban ayrıtı ve 25 mm yükseklikte iğne kanatçıklarla yapılan 8 adet simülasyonun grafik sonuçları Şekil 5.35'te verilmiştir. Sırayla 6x6'dan 13x13'e kadar kanatçık adedi ile simülasyonlar yapılmıştır. Grafiklerden de anlaşılaacağı üzere, en düşük sıcaklık seviyesi 8x8'lik kanat diziliminde elde edilmiştir.



Şekil 5.36 : 3mm x 3mm taban ayrıtı ve 35 mm yükseklikte iğne kanatçıklar.

3 mm x 3 mm taban ayrıtı ve 35 mm yükseklikte iğne kanatçıklarla yapılan 8 adet simülasyonun grafik sonuçları Şekil 5.36’da verilmiştir. Sırayla 6x6’dan 13x13’e kadar kanatçık adedi ile simülasyonlar yapılmıştır. Grafiklerden de anlaşılacağı üzere, en düşük sıcaklık seviyesi 8x8’lik kanat diziliminde elde edilmiştir.



Şekil 5.37 : 3mm x 3mm taban ayrıtı ve 45 mm yükseklikte iğne kanatçıklar.

3 mm x 3 mm taban ayrıtı ve 45 mm yükseklikte iğne kanatçıklarla yapılan 8 adet simülasyonun grafik sonuçları Şekil 5.37’de verilmiştir. Sırayla 6x6’dan 13x13’e kadar kanatçık adedi ile simülasyonlar yapılmıştır. Grafiklerden de anlaşılacağı üzere, en düşük sıcaklık seviyesi 8x8’lik kanat diziliminde elde edilmiştir.

5.3 Sonuçlar Matrisi

Elde edilen sonuçlar bir araya getirilerek, sonuçlar matrisi oluşturulmuştur. Burada 3 değişken; kanatçık adedi, kanatçık yüksekliği ve kanatçık taban ayrıtıdır. Bunların

her birisini bir eksen olarak düşünecek olursak, elimizde üç boyutlu bir matris oluşur. Simülasyonlar sonucu elde edilen en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri ve her bir durum için hesaplanan efektif soğutucu alanı matrisin verileri olarak girilmiştir.

Efektif soğutucu alanı hesaplanırken, soğutucunun hava ile temas ettiği değişken alan Formül 5.1'deki gibi göze alınmıştır.

$$A_s = L_s^2 - (n_k * L_k^2) + (n_k * L_k^2) + 4*(L_k * h_k) \quad (5.1)$$

Burada A_s efektif soğutucu alanı, n_k kanatçık adedi, L_k kanatçık taban ayırıtı ve h_k ise kanatçık yüksekliğidir. Sadeleştirme yapıldıktan sonra;

$$A_s = L_s^2 + 4*(L_k * h_k) \quad (5.2)$$

Formülü bulunur. 3 boyutlu bir matrisi kağıt üzerinde göstermenin zorluğundan dolayı, sonuçlar matrisi bu çalışmada parça parça verilecektir. Anlatım ve anlaşılma kolaylığı açısından matrisin 9 eş parçaya bölünüp anlatılması tercih edilmiştir (Çizelge 5.3 ten 5.11 e kadar).

Bu matriste X eksenini kanatçık adedini gösterirken, Y eksenini kanatçık yüksekliğini ve Z eksenini de kanatçık taban ayırıtını temsil etmektedir.

Çizelge 5.3 : Y=25 mm ve Z=2 mm sabitken, X'e göre T_{max} , T_{min} ve A_s değerleri.

Kanatçık Adedi	6*6	7*7	8*8	9*9	10*10	11*11	12*12	13*13
$T_{max}(^{\circ}C)$	89,9102	82,8815	78,8838	76,5819	75,0734	75,6501	77,2246	80,9262
$T_{min}(^{\circ}C)$	67,2803	61,4052	59,0326	57,2179	56,2803	56,2501	57,5505	60,525
$A_s(mm^2)$	10225	12825	15825	19225	23025	27225	31825	36825

Çizelge 5.4 : Y=35 mm ve Z=2 mm sabitken, X'e göre T_{max} , T_{min} ve A_s değerleri.

kanatçık adedi	6 * 6	7 * 7	8 * 8	9 * 9	10 * 10	11 * 11	12 * 12	13 * 13
$T_{max}(^{\circ}C)$	81,5025	75,7646	72,3819	70,0641	69,3128	70,183	72,0322	75,6884
$T_{min}(^{\circ}C)$	60,4684	56,112	53,8152	52,174	51,3834	51,9185	53,5074	56,2611
$A_s(mm^2)$	13105	16745	20945	25705	31025	36905	43345	50345

Çizelge 5.5 : Y=45 mm ve Z=2 mm sabitken, X'e göre T_{max} , T_{min} ve A_s değerleri.

kanatçık adedi	6 * 6	7 * 7	8 * 8	9 * 9	10 * 10	11 * 11	12 * 12	13 * 13
$T_{max}(^{\circ}C)$	77,9508	71,7101	68,6171	66,633	66,2141	67,4069	69,7661	73,0091
$T_{min}(^{\circ}C)$	56,3004	51,1633	48,939	47,4547	47,4122	48,8982	50,8979	54,3845
$A_s(mm^2)$	15985	20665	26065	32185	39025	46585	54865	63865

Çizelge 5.6 : Y=25 mm ve Z=2,5 mm sabitken, X'e göre T_{max} , T_{min} ve A_s değerleri.

kanatçık adedi	6 * 6	7 * 7	8 * 8	9 * 9	10 * 10	11 * 11	12 * 12	13 * 13
$T_{max}(^{\circ}C)$	87,4697	80,8809	77,9535	75,3123	76,4132	79,7591	84,7206	90,264
$T_{min}(^{\circ}C)$	65,6889	60,5665	58,4757	56,0804	56,9933	59,8521	63,8148	67,5226
$A_s(mm^2)$	12025	15275	19025	23275	28025	33275	39025	45275

Çizelge 5.7 : Y=35 mm ve Z=2,5 mm sabitken, X'e göre T_{max} , T_{min} ve A_s değerleri.

kanatçık adedi	6 * 6	7 * 7	8 * 8	9 * 9	10 * 10	11 * 11	12 * 12	13 * 13
$T_{max}(^{\circ}C)$	79,2049	73,4522	71,1065	69,7003	71,0628	74,7989	79,6136	85,4267
$T_{min}(^{\circ}C)$	59,5832	54,9256	53,1273	52,106	52,8319	56,0078	59,7752	64,469
$A_s(mm^2)$	15625	20175	25425	31375	38025	45375	53425	62175

Çizelge 5.8 : Y=45 mm ve Z=2,5 mm sabitken, X'e göre T_{max} , T_{min} ve A_s değerleri.

kanatçık adedi	6 * 6	7 * 7	8 * 8	9 * 9	10 * 10	11 * 11	12 * 12	13 * 13
$T_{max}(^{\circ}C)$	74,6005	69,6045	67,332	66,413	66,4252	71,8972	76,734	82,0954
$T_{min}(^{\circ}C)$	55,4761	51,4135	49,6609	48,7825	47,4832	53,4681	57,2461	61,5558
$A_s(mm^2)$	19225	25075	31825	39475	48025	57475	67825	79075

Çizelge 5.9 : Y=25 mm ve Z=3 mm sabitken, X'e göre T_{max} , T_{min} ve A_s değerleri.

kanatçık adedi	6 * 6	7 * 7	8 * 8	9 * 9	10 * 10	11 * 11	12 * 12	13 * 13
$T_{max}(^{\circ}C)$	84,6343	79,4506	76,662	77,1005	80,5381	86,428	94,1964	101,484
$T_{min}(^{\circ}C)$	63,5443	59,3964	57,2184	57,4082	60,1493	64,5026	71,1234	76,8156
$A_s(mm^2)$	13825	17725	22225	27325	33025	39325	46225	53725

Çizelge 5.10 : Y=35 mm ve Z=3 mm sabitken, X'e göre T_{max} , T_{min} ve A_s değerleri.

kanatçık adedi	6 * 6	7 * 7	8 * 8	9 * 9	10 * 10	11 * 11	12 * 12	13 * 13
$T_{max}(^{\circ}C)$	76,9252	72,4126	70,3481	71,7118	75,5455	81,4973	88,7908	95,4609
$T_{min}(^{\circ}C)$	57,7452	53,9914	52,389	53,406	56,536	61,1731	67,028	72,1958
$A_s(mm^2)$	18145	23605	29905	37045	45025	53845	63505	74005

Çizelge 5.11 : Y=45 mm ve Z=3 mm sabitken, X'e göre T_{max} , T_{min} ve A_s değerleri.

kanatçık adedi	6 * 6	7 * 7	8 * 8	9 * 9	10 * 10	11 * 11	12 * 12	13 * 13
$T_{max}(^{\circ}C)$	72,2856	68,273	66,8927	68,467	72,1903	78,8426	85,0203	91,3902
$T_{min}(^{\circ}C)$	54,0101	50,7694	49,6418	50,6064	53,7778	58,8805	64,0209	69,0341
$A_s(mm^2)$	22465	29485	37585	46765	57025	68365	80785	94285

Sonuçlar matrisi incelendiğinde, bir kaç sonuç dikkati çekmektedir. Bunlardan ilki, kanatçık yükseklikleri sabit iken, optimum değerlere ait T_{max} değerlerinin birbirine çok yakın olmasıdır.

Çizelge 5.12 : Kanatçık yükseklikleri sabitken, optimum değerlere ait T_{max} değerleri.

	Y=25 mm	Y=35 mm	Y=45 mm
Z=2 mm	2x2x25	2x2x35	2x2x45
$T_{max}(^{\circ}C)$	75,0734	69,3128	66,2141
Z=2,5mm	2,5x2,5x25	2,5x2,5x35	2,5x2,5x35
$T_{max}(^{\circ}C)$	75,3123	69,7003	66,413
Z=3 mm	3x3x25	3x3x35	3x3x45
$T_{max}(^{\circ}C)$	76,662	70,3481	66,8927

Çizelge 5.12’de görüldüğü gibi, aynı kanatçık yüksekliklerinde tespit edilen optimum değerlerde, taban ayırıt genişliği değişse de, en yüksek arayüz sıcaklığı yakın değerlerdedir.

İkinci sonuç, kanatçık yükseklikleri sabit iken, optimum değerlere ait A_s yüzey alan değerlerinin birbirlerine çok yakın olmasıdır.

Çizelge 5.13 : Kanatçık yükseklikleri sabitken, optimum değerlere ait A_s değerleri.

	Y=25 mm	Y=35 mm	Y=45 mm
Z=2 mm	2x2x25	2x2x35	2x2x45
$A_s (mm^2)$	23025	31025	39025
Z=2,5mm	2,5x2,5x25	2,5x2,5x35	2,5x2,5x35
$A_s (mm^2)$	23275	31375	39475
Z=3 mm	3x3x25	3x3x35	3x3x45
$A_s (mm^2)$	22225	29905	37585

Çizelge 5.13'te görüldüğü gibi, aynı kanatçık yüksekliklerinde tespit edilen optimum değerlerde, taban ayırıt genişliği değişse de, kanatçık efektif yüzey alanı yakın değerlerdedir.

Son olarak, taban ayırıt genişliği sabit iken, aynı kanatçık adetlerinde optimum değerlere ulaşılmıştır.

Çizelge 5.14 : Kanatçık taban ayırıt genişliği sabitken, optimum değerlere ait kanatçık adetleri.

	Y=25 mm	Y=35 mm	Y=45 mm
Z=2 mm	2x2x25	2x2x35	2x2x45
N	10x10	10x10	10x10
Z=2,5mm	2,5x2,5x25	2,5x2,5x35	2,5x2,5x35
N	9x9	9x9	9x9
Z=3 mm	3x3x25	3x3x35	3x3x45
N	8x8	8x8	8x8

6. SONUÇLAR

6.1 Genel

Bu çalışmada LED'lerin soğutma sorunlarına farklı tip soğutucu kanatçıkları ile çözümler aranmıştır. SOLIDWORKS programı kullanılarak yapılan analizlerde öncelikle plaka ve iğne kanatçıklar karşılaştırılmıştır.

Sonuçlar karşılaştırıldığında, iğne tip kanatçıklı soğutucu ile, plaka tip kanatçıklı soğutucudan daha düşük arayüz sıcaklıklarına ulaşabildiği görülmüştür. Aynı zamanda, eşit yüzey alanında, iğne tip kanatçıklı soğutucularda daha düşük arayüz sıcaklıkları ölçülmüştür. Bu iki nedenden dolayı, iğne tip kanatçıklı soğutucuların daha verimli olduğu anlaşılmış, ve optimizasyona iğne kanatçıklı soğutucularla devam edilmiştir.

Çalışmanın ikinci yarısında, iğne tip kanatçıkların taban ayrıtlarını ve yüksekliklerini değiştirerek karşılaştırmalı analiz yapılmıştır. İğne kanatçıkların taban ayrıtları 2 mmx2 mm, 2,5 mmx2,5 mm ve 3 mmx3 mm olarak yükseklikler ise 25 mm, 35 mm ve 45 mm olarak alınmıştır. Bir önceki çalışmada hangi aralıkta optimum değerlerin elde edileceği bilinmediği için, daha geniş bir aralıkta simülasyonlar yapıp karşılaştırılmıştır. Bu simülasyonların sonucunda bu kadar geniş bir örnekleme ihtiyacı bulunmadığı ve optimum değerlerin belirli bir aralıkta değiştiği gözlemlendiği için, simülasyon örnek havuzu 12'den 8'e düşürülmüştür.

Üç farklı taban ayrıtı ve üç farklı kanatçık yüksekliği için toplam 9 simülasyon kümesi oluşturulmuştur. Her birinde optimum değerlerin rahatça gözlemlenebileceği 8 adet simülasyon gerçekleştirilmiştir. Her bir simülasyon SOLIDWORKS akış simülatörü ile çözülmüş ve elde edilen en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri hesaplanmıştır.

Bu karşılaştırmalarla 3 farklı sonuca ulaşılmıştır: İlki, kanatçık yükseklikleri sabit iken, optimum değerlere ait T_{max} değerlerinin birbirine çok yakın olmasıdır. Diğer deyişle, aynı kanatçık yüksekliklerinde tespit edilen optimum değerlerde, taban ayırıt genişliği değişse de, en yüksek arayüz sıcaklığı yakın değerlerde olmaktadır.

İkinci sonuç, kanatçık yükseklikleri sabit iken, optimum değerlere ait A_s yüzey alanı değerlerinin birbirlerine çok yakın olmasıdır. Diğer deyişle, aynı kanatçık yüksekliklerinde tespit edilen optimum değerlerde, taban ayırıt genişliği değişse de, kanatçık efektif yüzey alanı yakın değerlerdedir.

Son olarak, taban ayırıt genişliği sabit iken, aynı kanatçık adetlerinde optimum değerlere ulaşılmıştır.

6.2 Yorumlar Ve Fikirler

Bu çalışmada ilk başta plaka ve iğne kanatçık türleri karşılaştırılmıştır. İğne kanatçıkların plakaya oranla daha iyi bir soğutma sağladığı görülünce, çalışmaya iğne kanatçıklar üzerinden devam edilmiş ve farklı kanatçık yüksekliklerinde, taban ayırıtlarında ve kanatçık adedinde simülasyonlar yapılmıştır.

Kanatçık yükseklikleri sabit iken, en yüksek arayüz sıcaklıklarının ve efektif yüzey alanlarının birbirine yakın çıkması, her bir yükseklik değeri için, taban ayırıtından bağımsız olarak, optimum bir sıcaklık ve yüzey alanı değeri olduğunu göstermektedir.

Ayrıca, yapılan simülasyonlar neticesinde, belirli bir kanatçık taban ayırıtı genişliği için, kanatçık yüksekliği her ne olursa olsun, en verimli armatür tasarımı oluşturmak için kullanılacak olan kanatçık adedinin sabit olduğu tespit edilmiştir.

Kanatçık yüksekliğinin artması, yüzey alanını artırdığı için daha düşük sıcaklık değerlerine ulaşılmasını sağlasa da, daha yüksek soğutucu gerekliliği, üretim maliyetini yükselteceğinden ve montajı da zorlaştıracığından bir çözüm olarak görülmemektedir.

Daha ince kanatçıkların kullanılması hava akışını kolaylaştırdığından arayüz sıcaklığında daha düşük değerler elde edilmesini sağlamaktadır.

Kanatçık sayısını artırmak belirli bir süre sonra hava akışını engellediği için tasarım öncesinde kullanılan armatür için optimum değerleri veren sayının belirlenmesi önemlidir.

Hava akışını kolaylaştıracak başka etkenlerde arayüz sıcaklığını düşüreceğinden, konu üzerinde yapılacak bundan sonraki çalışmaların bu konuya önem vermesi yararlı olacaktır. Örneğin, yarı küresel bir armatür kullanılarak geometrik olarak verimi artırmak, ya da, eğimli iğne kanatçıklarının etkilerinin araştırılması olabilir.

KAYNAKLAR

- Charles, R. ve Wang, C. C.** (2014).A novel heat dissipation fin design applicable for natural convection augmentation, *International Communications in Heat and Mass Transfer*,23 Ekim.
- Çengel, Y. A.** (2002).Heat Transfer: A Practical Approach,(2nd edition) (Sf. 786-826).Ekim.
- Jang, D., Yu, S. H. veLee, K. S.**(2011).Multidisciplinary optimization of a pin-fin radial heatsink for LED lighting applications,*International Journal of Heat and Mass Transfer*,15 Eylül.
- Kim, D. K.**(2010).Thermal optimization of plate-fin heat sinks with fins of variable thickness under natural convection, *International Journal of Heat and Mass Transfer*,19 Ekim.
- Shen, Q., Sun, D., Xu, Y., Jin, T. ve Zhao, X.** (2013).Orientation effects on natural convection heat dissipation of rectangular fin heatsinks mounted on LEDs, *International Journal of Heat and Mass Transfer*,22 Nisan.
- Yi-bing, L.**(2012). On thermal structure optimization of a power led lighting, *International Workshop on Information and Electronics Engineering*, 15 Şubat.
- Yu, S. H.,Lee, K. S. veYook, S.J.**(2011).Optimal design of a radial heatsink under natural convection, *International Journal of Heat and Mass Transfer*,2499-2505.
- Light-EmittingDiodes.** (t.y.). *Wikipedia*. Alındığı tarih: 11.04.2015, adres: http://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting_diode
- ColorTemperature.** (t.y.). *Wikipedia*. Alındığı tarih: 25.04.2015, adres: http://en.wikipedia.org/wiki/Color_temperature
- Factor Fiction – LEDs don't produce heat.** (t.y.). *LEDs magazine*. Alındığı tarih: 16.05.2015,adres:<http://www.ledsmagazine.com/articles/2005/05/factor-fiction-leds-don-t-produce-heat.html>

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad :Oytun KÖKKAYA
Doğum Yeri ve Tarihi : İstanbul – 25.01.1981
E-Posta :oytun1981kokkaya@yahoo.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** :İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği (1999-2006)

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 02/2013 ‘den itibaren: RoyalCert Belgelendirme ve Gözetim Hizmetleri A.Ş., Asansör Denetim Mühendisi, Ataşehir
- 03/2012 – 10/2012: ENKOM Mühendislik, Proje Sorumlusu, Kozyatağı
- 11/2011 – 03/2012: Zülal Elektrik, Proje Sorumlusu, Dudullu
- 02/2007 – 09/2007: GESAN, SAYGI Denizcilik, Gemi Kontrol Sistemleri Üretimi, Tuzla