

Cadde Tipi Led Armatürün Isı Yayıcısında SEY ve YSA Modeli Kullanılarak Sıcaklık Tahmini Yapılması

Mehmet ŞAHBAZ, Serkan ÖĞÜT*, Aykut KENTLİ

Marmara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kadıköy, İstanbul

ÖZ

Bu çalışmada cadde tipi led armatürde meydana gelen maksimum sıcaklığı bulmak amacı ile ısı analiz gerçekleştirilmiştir. Bu analizi gerçekleştirmek için sonlu elemanlar yöntemine (SEY) dayalı bir yazılım olan ANSYS'in Transient Thermal modülü kullanılmıştır. Sonlu eleman modelinde kullanılan CAD modeli oluşturulurken fin boyu ve fin eni parametrik olarak modellenmiştir. Dolayısıyla iki adet girdi değişkeni bulunmaktadır. Sonlu elemanlar modeli oluşturulduktan sonra yapılan analiz 6000 saniye sürmüştür. Led armatürde meydana gelen maksimum sıcaklığı daha kısa sürede bulmak amacı ile sonlu eleman modelinin verdiği sonucu verebilecek bir yapay sinir ağı modeli oluşturulmuştur. Bunun için öncelikle sonlu eleman modeli kullanılarak farklı girdi değişkenleri için 27 adet ısı analiz yapılmış ve bu analizlere ait sonuçlar ile girdi değişkenleri kullanılarak yapay sinir ağı modeli oluşturulmuştur. Yapay sinir ağı modeli ile sonlu elemanlar modelinin verdiği sonuçlar birbirine çok yakın çıkmıştır. Yapılan doğrulama ile de yapay sinir ağı modelinin performansının gayet başarılı olduğu görülmüştür. Çalışmalar tamamlandıktan sonra, sonlu elemanlar modeli ile gerçekleştirilen ısı analiz 6000 saniye sürer iken, yapay sinir ağı modeli ile maksimum sıcaklığın bulunmasının yaklaşık bir saniye sürdüğü görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Isıl analiz, sonlu elemanlar yöntemi, yapay sinir ağları, led armatür

Prediction of Temperature on Street Type Led Armature Heat Sink Using FEM and ANN

ABSTRACT

In this study, a thermal analysis was performed in order to find the maximum temperature in the street type led armature. To perform this analysis, Transient Thermal module of ANSYS which is software based on finite element method (FEM) was used. When the CAD model used for finite element model was created, the fin length and the fin width were modelled parametrically. Accordingly there are two input parameters. After the finite element model was created, the analysis took 6000 seconds. An artificial neural network model which can take place of the finite element model was created in order to find the maximum temperature in the street type led armature in shorter time. Therefore, 27 thermal analyses were performed, the input parameters and the results belonged to these 27 thermal analyses were used in order to create the artificial neural network model. The results of the artificial neural network model and the finite element model are so close each other. After the studies were completed, it was observed that it takes approximately one second to find the maximum temperature in the armature by using the artificial neural network model while it takes 6000 seconds with the finite element model.

Keywords: Induction liquid heater, induction coil design, magnetic analysis, Comsol.

I. GİRİŞ

Katı hal aydınlatmalarındaki teknolojik ilerlemeler ile birlikte konvansiyonel aydınlatma sistemleri, yüksek verimli ve düşük maliyetli LED ışık kaynaklı sistemlere dönüştürülmektedir. Elektrik enerjisi üretiminde büyük ölçüde ithal ve fosil kaynakların kullanıldığı ülkemizde, tüm dünyada olduğu

gibi, özellikle elektrik enerjisinin verimli kullanılması konusundaki çalışmalar son yıllarda önem kazanmıştır. Enerji verimliliği konusundaki uygulama alanlarından biri de yol aydınlatmalarıdır. Avrupa Birliği dâhilinde yol aydınlatmaları için tüketilen enerji miktarı, tüm enerji tüketiminin %2,7'sine karşılık gelmektedir. Ülkemizde ise otoyol ve yol

aydınlatmasında kullanılan elektrik enerjisi toplam enerji tüketimimiz içinde yaklaşık %3,5'luk orana sahiptir. 2012 Haziran ayında Enerji Bakanlığı'ndan yapılan açıklamaya göre ülkemizde 17 milyon civarı sokak lambası mevcuttur ve bu sokak lambalarının yıllık faturası 650 milyon TL'dir. Türkiye Cumhuriyeti Enerji Bakanlığı'nın teşvikiyle yapılacak LED dönüşüm projesiyle %75'e kadar tasarruf sağlanırken bu fatura 170 milyona düşebilecektir. Ayrıca aydınlatma teknolojilerindeki gelişmeler doğrultusunda bulunduğumuz coğrafyadaki pazar potansiyeli göz önüne alındığında LED ışık kaynaklı aydınlatma armatürlerinin ve sistemlerinin tasarım, üretim ve uygulamaları konusu önem kazanmaktadır.

Yapılan literatür araştırmasında, ısı yayıcılarının kullanım alanları hakkında ve verimlerini artırmaya yönelik birçok çalışma incelenmiştir. Fakat LED ışık kaynaklı cadde tipi armatürlerde kullanılan ısı yayıcısı üzerine fazla çalışma olmadığı görülmüştür. Bu da yapılacak çalışmanın bu alandaki önemli bir eksikliği gidereceğini göstermektedir. Yakın geçmişte yapılan ve bu çalışma ile alakalı sayılabilecek bazı yayın ve çalışmalar şöyledir:

Xiaogai ve arkadaşları (2011), yüksek güçteki LED lambaların ısıl tasarımı üzerine analizler yapmış ve 2 farklı durumu karşılaştırmıştır. Birinci durumda LED lamba altında genelde kullanılan alt levha ile sıcaklık dağılım profilini çıkarmış ve bunu ikinci durumda alt levhasız elde ettiği sıcaklık dağılım profili ile karşılaştırmıştır. Sonuç olarak sıcaklık farkının 1 °C gibi küçük bir değer olduğunu görmüş ve bu alt levhanın kaldırılmasının hem LED armatür ağırlığının hem de üretim maliyetinin düşürülmesi için faydalı olacağını savunmuştur^[1]. Dong (2010), Rensselaer Politeknik Enstitüsünde yaptığı doktora çalışmasında, LED armatürlerinde ısı transferi analizi adlı bir tez hazırlamıştır. Bu çalışmada, ışıma ve konveksiyon ile ısı iletimi ayrı ayrı göz önünde bulundurulmuş, dikdörtgen şeklindeki bir ısı yayıcısının geometrik parametreleri değiştirilerek matematiksel modellemeleri yapılmış ve en etkili soğutma modeline ulaşmak amaçlanmıştır. Dong, bu iki farklı durum için ısı yayıcı üzerindeki fin sayısı, dizilimi ve boyutları ile değişiklikler yapmıştır ve ışıma ağırlıklı ısı iletimi modelini daha etkili bulmuştur^[2]. Jang ve arkadaşları (2011), ANSYS-FLUENT kullanarak yaptıkları bir çalışmada diğerlerinin aksine radyal ısı yayıcısı kullanmışlar ve bunun üzerinde çoklu optimizasyon yapmışlardır. Bu çalışmada ısı iletiminin etkili bir şekilde yapılması istenirken ısı yayıcısının ağırlığının da asgariye indirilmesi planlanmıştır. Uzun-orta yaprak kanatlı, sıralı fin kanatlı ve aşamalı fin kanatlı olmak üzere üç farklı ısı yayıcısı modellemiştir. Yapılan bu üç farklı modelin deneysel ve matematiksel

sonuçları karşılaştırılmıştır ve sıralı fin kanatlı model düşük ağırlığı ve soğutma performansından dolayı optimum model olarak seçilmiştir^[3]. Buna benzer bir çalışmayı Fengze ve arkadaşları (2011) yapmışlardır. Kare geometrik yapıya sahip bir ısı yayıcısı için yaprak kanatlı, sıralı fin kanatlı ve aşamalı fin kanatlı olmak üzere üç farklı modelleme yapmışlar ve ANSYS-FLUENT kullanarak ısı dağılım analizleri sonuçlarını elde etmişlerdir. Bu çalışmada bir öncekinin^[3] aksine aşamalı fin kanatlı modelin ısı transferi açısından daha verimli olduğu savunulmuştur^[4]. Huaiyu ve arkadaşları (2011) LED lamba ısı yayıcısının ısı transferine değişik bir yönden yaklaşmışlar, maliyetinin daha düşük olması sebebiyle yalnız pasif sıcaklık yönetimi uygulayarak çözüm bulmaya çalışmışlardır. Kullanılacak alternatif malzemeler ile toplam ısı direncinin düşürülmesi planlanmıştır. Örneğin LED alt levhası için seramik ağırlıklı modüller kullanılması ile ısı iletiminin daha hızlı olacağını önermişlerdir. Isı yayıcısında ise fin boyutları ve parametrelerinde optimum değerlerin kullanılmasının yanı sıra, fabrikasyon karbon köpüğünden üretilmiş ısı yayıcısının düşük maliyetine karşılık mükemmel ısı özelliklerine sahip olduğu savunulmuştur. Ayrıca boron nitrit, karbon fiber gibi ısıl ara yüz malzemeler kullanılarak ısıl direncin %60 azaltılacağını öne sürmüşlerdir. Hatta ısı yayıcısından ısı uzaklaştırmanın en etkili yöntemlerden birinin de ısı borusu olacağını, getireceği ek maliyetle birlikte belirtmişlerdir^[5]. Cheng ve arkadaşları (2009) ısı yayıcısında homojen ısı dağılımını elde etmek için çoklu LED paketleme yoluna gitmişlerdir. 80W'lık bir yol aydınlatma armatürü için, kenarlarda 10 adet 5W'lık LED, ortadaki 4 sırada 10 adet 3W'lık LED olmak üzere toplamda 20 adet LED'den oluşan yeni bir tasarım ortaya koymuşlardır. Tasarımdan aldıkları simetrik çeyrek için MATLAB kullanarak analitik çözüm yapmışlar ve ısı dağılım grafiklerini elde etmişlerdir. Sonuç olarak çoklu LED paketleme yöntemi ile optimum dizilime sahip bir armatürün ısıl dağılım farkının, tek tip LED armatürlere göre çok daha düşük olacağını ortaya koymuşlardır^[6]. Nuttall ve arkadaşları (2008) yaptıkları çalışmada tüm yönleriyle bir LED yol aydınlatma sistemi tasarlamışlardır. İlk aşamada bir yol aydınlatmasında olması gereken özellikler, çevre şartları göz önünde bulundurularak optik ve elektriksel yönden ortaya konulmuştur. Devamında, bir yüksek güçteki LED'in karakteristik özelliklerinden ve ısıl yönetiminden bahsedilmiştir. Son olarak ise güç kaynak birimi ve elektrik devre analizi anlatılmıştır^[7]. LED ısı yayıcılarının etkili soğutulmasına yönelik farklı bir fikir ise Wang ve Li (2010) tarafından ortaya atılmıştır. Wang ve Li diğerlerinden farklı olarak LED ısı yayıcısının

soğutulması için fan kullanmışlardır ve yaptıkları deneysel çalışma sonucunda doğal taşınım ile 63°C'yi bulan bir ısı yayıcısının, fan kullanılarak 32°C'ye kadar soğutulduğunu saptamışlardır^[8]. Ongun (2007) Gazi Üniversitesi'nde yaptığı çalışmada, "Yol Aydınlatma Tesisatlarının Tasarımlarında Optimum Çözüm Kriterlerinin Analizi" adlı bir tez hazırlamıştır. Ongun bu çalışmada, on beş farklı aydınlatma armatürü kullanmış ve TEDAŞ tarafından hazırlanan bir yazılımla bunlar üzerinde optimizasyon yapmıştır. Her bir seçenek için on yıllık maliyet analizi yaparak en verimli yol aydınlatma armatürünü elde etmeyi amaçlamıştır^[9]. Literatürde yapılan bu çalışmalar, CFD ve mekanik analizler yardımıyla tasarlanan bir ürünün, sonrasında optimizasyon metodlarını kullanarak en iyi tasarımının gerçekleştirildiğini göstermiştir. Literatürde bu çalışmalar sadece LED'li aydınlatma cihazları üzerine değil başka alanlarda da kullanılmıştır. Örneğin, Jarrett (2011) Queen's Üniversitesi'nde yaptığı tez çalışmada CFD'nin FLUENT çözücüsünü kullanarak elektrikli araç pili üzerindeki soğutma kanatlarının ısı analizini yapmıştır. Devamında ise soğutma kanatları için MATLAB üzerindeki SQP fonksiyonunu kullanarak tekli ve çoklu optimizasyonlar yapmıştır^[10]. Kentli ve Şahbaz yayınladıkları bir bildiri led armatür için ısı analizini Fluent yazılımını kullanarak yapmışlardır. Sonlu hacim metodu ile çalışan yazılımda bir analiz için çözüm süresinin 8 saat sürmesi bu yöntemin bir dezavantajı olarak gösterilmiştir^[11]. Şahbaz yaptığı tez çalışmada yüksek güçlü led armatürde çok kriterli optimizasyon yaparak, armatürün maksimum çalışma sıcaklığını azaltırken armatür ağırlığını da azaltmayı amaçlamıştır. Yaptığı analizleri deneysel sonuçlarda destekleyerek modelin doğrulamasını da yapmıştır^[12]. Bütün bu çalışmalardan farklı olarak çalışmamızda yapay sinir ağları kullanılarak kısa zamanda daha iyi bir çözüme ulaşmak amaçlanmıştır. Yapay sinir ağlarından ve bu yöntemin kullanıldığı çalışmalardan aşağıda kısaca bahsedilmiştir.

Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninden ilham alınarak geliştirilmiş, ağırlıklı bağlantılar yoluyla birbirine bağlanan ve her biri kendine ait belleğe sahip işlem elemanlarından oluşan paralel ve dağıtılmış bilgi işleme yapılarıdır. Yapay sinir ağları, bir başka deyişle, biyolojik sinir ağlarını taklit eden bilgisayar programlarıdır^[13]. Yapay sinir ağlarının ana uygulama alanları tahmin, modelleme ve sınıflandırma olarak ele alınabilir. Yapay sinir ağları üzerine yakın tarihte yapılmış çok sayıda çalışma vardır.

Bheemreddy ve arkadaşları elyaf kırılma olayını benzetimlemek ve kuvvet-uzama davranışını tahmin etmek amacı ile simetrik eksensel bir sonlu elemanlar modeli

oluşturmuşlardır. Aynı amaçlarla geri yayılım algoritmasına dayanan bir yapay sinir ağı oluşturmuşlardır. Sonlu elemanlar modeli ile yapay sinir ağı modelinin verdiği sonuçları analitik sonuçlarla kıyaslayarak bu iki modeli geçerli kılmışlardır^[14]. Malik ve Arif düşük hızda darbeye maruz kalan kompozit plakalarda sönmelenen enerjinin tahmin edilmesinde yapay sinir ağlarını kullanmışlardır. Bu amaçla, öncelikle deney tasarımı yardımı ile belirlenmiş deney setlerinin sonlu elemanlar analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçları yapay sinir ağlarında kullanarak kompozit plakalarda sönmelenen enerjiyi tahmin etmek amacı ile bir fonksiyon oluşturmuşlardır^[15]. Öğüt tez çalışmada farklı tipteki çubuk yapıların optimizasyonu amacı ile yapay sinir ağları ve genetik algoritmadan oluşan karma bir yöntem ile yine yapay sinir ağları ve tavlama benzetiminden oluşan karma bir yöntemi kullanmıştır^[16]. Öğüt ve Kentli çalışmalarında Öğüt'ün tez çalışmasının^[16] ilk problemi olan 25 çubuklu uzay kafes yapının sonlu elemanlar analizlerinin yapılması ve yapay sinir ağı modellerinin oluşturulması üzerine bilgilendirme yapmışlardır^[17]. Kılıç ve arkadaşları yaptıkları çalışmada sonlu elemanlar yöntemi ve yapay sinir ağlarından oluşan bir yöntem ile zırh çelikleri için balistik sınır kalınlığını elde etmeyi amaçlamışlardır^[18]. Kadri ve arkadaşları yaptıkları çalışmada yapay sinir ağları ve sonlu elemanlar modelinin; cam levhanın hücum kenarı ile kuyruk kenarındaki ısıl gerilmeleri tahmin etmesindeki performanslarını karşılaştırmışlardır^[19].

Bu çalışmada cadde tipi led armatürün ısı analizini için sonlu elemanlar modeli oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar ve girdi değerlerinin kullanılması ile ısı analiz sonuçlarını veren yapay sinir ağı modeli geliştirilmiştir. Bu iki modelin verdiği sonuçlar birbiri ile karşılaştırılmıştır.

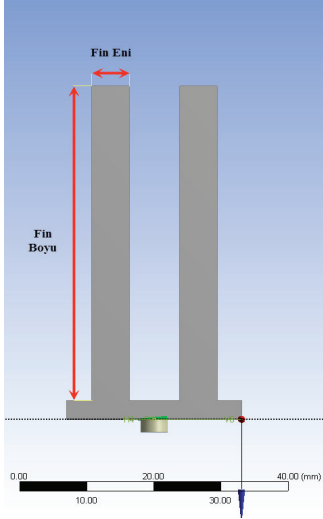
II. YÖNTEM

Çalışmada kullanılan yöntem iki aşamadan oluşmaktadır, bu sebepten çalışma yöntemini iki başlık altında anlatmak verilecektir. Çalışmanın ilk aşamasında sonlu elemanlar modeli oluşturulmuş ve yeterli sayıda ısı analiz yapılmıştır. İkinci aşamasında ise yapay sinir ağı modeli oluşturulmuş ve ısı analizlerden elde edilen veriler burada kullanılmıştır. Yöntemle ilgili detaylar sonlu elemanlar modelinin oluşturulması ve yapay sinir ağı modelinin oluşturulması olmak üzere iki ana başlık altında açıklanacaktır.

2.1. Sonlu Elemanlar Modelinin Oluşturulması

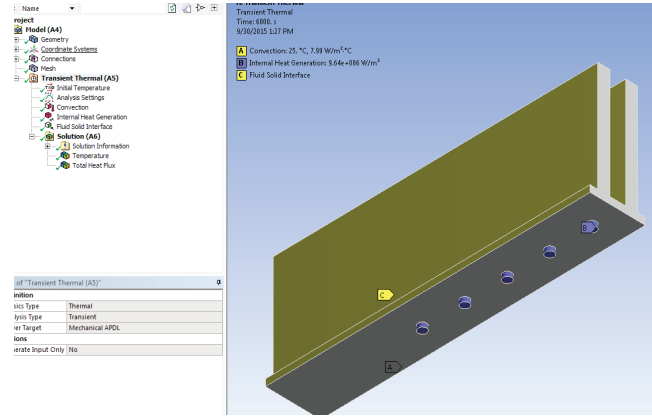
Sonlu elemanlar modeli oluşturulurken 110 watt gücünde ve 90 led içeren cadde tipi led aydınlatma armatürü

gerçek model olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada sonlu elemanlar modelinin oluşturulmasında ANSYS yazılımının Design Modeler arayüzü, ısıl analizlerin yapılmasında ise Transient Thermal modülü kullanılmıştır. CAD modelde boyutlandırma yapılırken gerçek model üzerindeki boyutlar dikkate alınmıştır. Fin boyu ve fin eni parametrik olarak modellenmiştir. Şekil 1’ de CAD modeli görülmektedir.



Şekil 1. CAD modeli

Fakat analizlerin daha kısa sürede yapılabilmesi için yaygın olarak kullanılan geometrinin simetrisinden faydalanma yöntemi ile CAD model sadeleştirilmiştir. Bu sadeleştirme ile model boyuna simetri merkezinden ikiye ayrılmış ve soldaki parçanın dokuzda biri kullanılmıştır. Ayrıca modelden baskılı devre kartı (PCB-printed circuit board) çıkartılmış ve PCB'nin ısıl dağılıma etkisi ihmal edilmiştir. Sadeleştirilen sonlu eleman modeli iki fin, beş adet led, 52000 adet düğüm ve 10000 adet elemandan oluşmaktadır. Sonlu eleman modeli Şekil 2’ de görülmektedir. CAD model çok sayıda eleman içerdiğinden ve ısıl analizler zamana bağlı ve yinelemeli olduğundan tam model üzerinde analiz yapmak mevcut imkânlarla haftalar alabilmektedir. Bu açıdan modelin sadeleştirilmesi, sonlu eleman analizlerinin kısa zamanda tamamlanması açısından son derece faydalı olmuştur. Fakat bu sadeleştirme, tüm armatür üzerindeki sıcaklık dağılımını görmemize mani olmuş hatta finler üzerinde oluşan maksimum sıcaklıkta da deneysel ölçümlere [11-12] göre birkaç derece farklılık olmasına sebep olmuştur. Bu durum tüm analizleri aynı oranda etkilediği için bu çalışma açısından büyük bir öneme sahip değildir. Bununla birlikte ısıl analizlerdeki ısı dağılımı deneysel sonuçlara benzerlik gösterdiği için sonlu eleman analizi geçerli sayılmıştır.

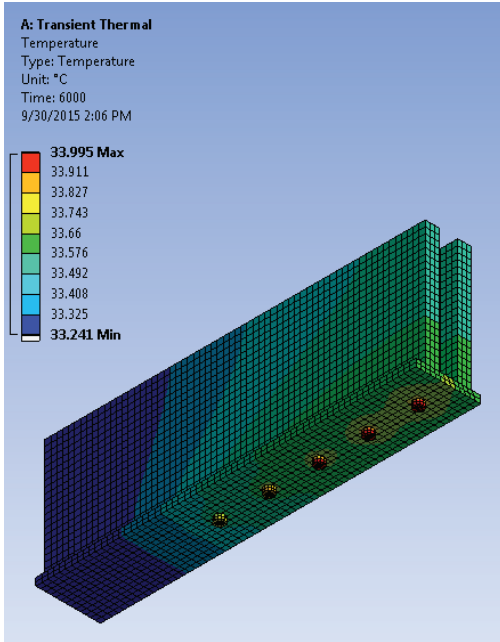


Şekil 2. Sonlu eleman modeli

Yüksek güçlü ledler gelen enerjinin % 90 dan fazlasını ısıya kalan kısmını ışığa dönüştürdüğü için modelde ısı kaynağı olarak tanımlandı. Yaprak kanatlı finler ise gerçek modelde alüminyum 6000 serisinden üretildiği için modellemeye de bu malzeme kullanılmıştır. Gerçeğe uygunluğu açısından, modelde çevre sıcaklığı 25 derece alındı ve sadece doğal taşınım ile soğuma olduğu kabul edildi, soğuma için başka bir sistem ya da mekanizma kullanılmadı. Finlerden ısı taşınımı sıcaklığa bağlı olarak parametrik tanımlandı, böylece finler ısındıkça finlerden taşınan ısı miktarı değişti ve gerçeğe uygun bir model oluşturuldu. Oluşturulan modelde fin boyu ve eni girdi parametreleri olarak, modelin ulaştığı maksimum sıcaklık ise çıktı parametresi olarak alındı. Transient Thermal modülü ile girdi parametreleri değiştirilerek 27 adet ısıl analiz yaptırıldı ve her bir çözüm için çıktı parametreleri kaydedildi. Yapılan 27 analiz için girdi değişkenlerinin belirlenmesi için ANSYS'in Design Experiment modülü altındaki Custom Sampling yönteminden faydalanılmıştır. Bu analizlerden bir tanesine ait çözüm Şekil 3'te görülmektedir.

2.2. Yapay Sinir Ağı Modelinin Oluşturulması

Bu çalışmada oluşturulan yapay sinir ağı modeli ile girilen fin boyu ve enine karşılık olarak cadde tipi led armatürde meydana gelen maksimum sıcaklık bulunabilmektedir. Yapay sinir ağı modelini oluşturabilmek için ANSYS Transient Thermal Analysis kısmında yapılmış olan 27 adet analizden girdi ve çıktıları kullanılmıştır. Yapay sinir ağı modelinin geliştirilmesi süreci üç adımdan oluşmaktadır. Bunlar; girdi dosyasının oluşturulması, hedef dosyasının oluşturulması ve yapay sinir ağı modelinin oluşturulması olarak adlandırılabilir. Bu adımların detayları alt başlıklar altında görülebilir.



Şekil 3. Sonlu elemanlar analizi çözümü

2.2.1. Girdi Dosyasının Oluşturulması

Girdi dosyası ANSYS Transient Thermal Analysis kısmında yapılmış olan 27 adet analizde kullanılan girdi değişkenlerinden oluşmaktadır.

2.2.2. Hedef Dosyasının Oluşturulması

Hedef dosyası ise yine ısı analizlerinden elde edilen verilerden oluşmaktadır. 27 adet analizden elde edilen çıktı değerleri –maksimum sıcaklık değerleri- kullanılarak hedef dosyası oluşturulmuştur. Bu durumda hedef dosyası da 27x1 boyutlu bir matris haline gelmiştir.

2.2.3. Yapay Sinir Ağı Modelinin Oluşturulması

Girdi ve hedef dosyalarının oluşturulmasının ardından, yapay sinir ağı modeli oluşturulması aşamasına gelinmiştir. YSA modeli, girdi ve hedef dosyaları kullanılarak MATLAB yazılımının nftool komutu ile oluşturulmuştur. Model oluşturulurken iki katmanlı ileri beslemeli sinir ağı kullanılmıştır. YSA modeli Levenberg-Marquardt geri yayılım algoritması kullanılarak eğitilmiştir. Levenberg-Marquardt geri yayılım algoritmasında eğitimin sonlanması için altı adet kriter bulunmaktadır. Bu kriterler MATLAB yazılımının dökümanlarında bulunabilir. Bu çalışmada eğitimin sonlanması minimum gradyan değerinin altına ulaşılması ile sağlanmıştır. Minimum gradyan değeri varsayılan değer olan $1e-10$ olarak alınmıştır. Kullanılan gizli nöron sayısı ise 20'dir. Yapay sinir ağı modeli oluşturulurken kullanılan 27 adet verinin %70'i eğitim için, % 15'i test için ve kalan % 15'i ise geçerli kılma için kullanılmıştır.

III. SONUÇLAR VE DOĞRULAMA

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar sonlu elemanlar analizi sonuçları ve yapay sinir ağı modeli sonuçları olmak üzere iki başlık altında verilmiştir.

3.1. Sonlu Elemanlar Analizi Sonuçları

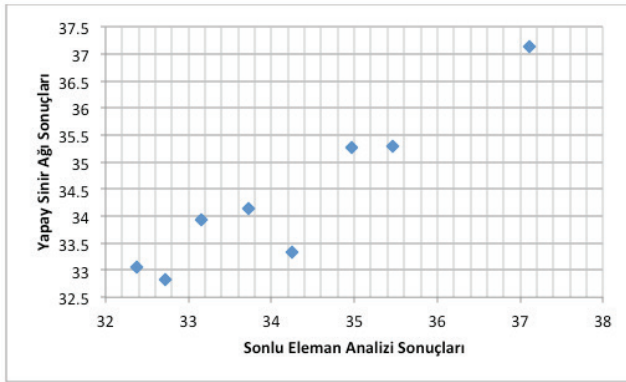
Sonlu elemanlar modeli ve ısı analizlerinin sonuçları incelendiğinde fin boyutları olan girdi parametreleri küçüldükçe led armatürde oluşan ve çıktı parametresi olan maksimum sıcaklığın beklendiği üzere arttığı görülmüştür. Fin boyutları artırıldığında ise maksimum sıcaklık düşüyor fakat bu durum ısı yayıcı üretiminde kullanılan malzeme ve armatürün ağırlığının artmasına yol açıyor. Yapılan analizlerde sistemin kararlı hale gelmesi ya da ısı dengeye ulaşması sonuçların doğruluğu açısından çok önemlidir. Çözüm sonuçları irdelendiğinde sistemin 6000 saniyeden biraz önce dengeye ulaştığı görülmüş ve her bir analiz süresi 6000 saniye alınmıştır. Tablo 1'de ısı analizlerinin sonuçları, girdilerin ve çıktıların değerleri gösterilmiştir.

Tablo1. Sonlu elemanlar analizinde kullanılan parametre değerleri ve analiz sonuçları

Analiz No.	Fin Eni (mm)	Fin Boyu(mm)	Maksimum Sıcaklık (°C)
1	5,481	48,518	34,246
2	6,074	67,777	31,921
3	4,059	38,148	36,592
4	5,718	54,444	33,366
5	4,296	58,888	33,156
6	7,022	41,111	35,129
7	5,600	60,370	32,715
8	6,903	39,629	35,467
9	4,888	35,185	37,118
10	4,651	66,296	32,343
11	5,126	64,814	32,380
12	4,533	45,555	34,965
13	5,362	69,259	31,944
14	6,192	44,074	34,801
15	5,007	42,592	35,392
16	6,666	50,000	33,727
17	6,548	33,703	37,021
18	5,955	57,407	32,957
19	4,414	51,481	34,061
20	4,177	61,851	32,865
21	5,244	47,037	34,540
22	6,785	36,666	36,174
23	7,140	30,740	37,715
24	4,770	32,222	38,008
25	6,311	55,926	33,046
26	5,837	63,333	32,368
27	6,429	52,963	33,384

3.2. Yapay Sinir Ağı Modeli Sonuçları

Yapay sinir ağı modeli elde edildikten sonra elde edilen sonuçlar ile analiz sonuçları kıyaslanarak modelin ne derece doğru sonuç verdiği incelenmiştir. Bahsedilen kıyaslama yapılırken geçerli kılma ve test adımlarında kullanılan ve bütün verilerin % 30'unu teşkil eden toplam sekiz adet sonlu eleman analizi sonucu ile bunlara karşılık gelen YSA sonucu kullanılmıştır. Yapılan kıyaslamada maksimum hatanın % 2.659 ve ortalama hatanın ise % 1.266 olduğu görülmüştür. Bahsedilen hata oranlarına bakılarak YSA modelinin ısı analizini temsil etme kabiliyetinin çok yüksek olduğu görülmektedir. Şekil 4'te YSA modeli sonuçları ile ısı analiz sonuçlarının kıyaslaması görsel bir şekilde verilmektedir.



Şekil 4. YSA sonuçları ile SEY analiz sonuçlarının karşılaştırılması

3.3. Doğrulama

Çalışma kapsamında ısı analizler yapıp elde edilen sonuçlar kullanılarak yapay sinir ağı modeli elde edilmiştir. Her ne kadar ısı analiz sonuçları ile YSA modelinin verdiği sonuçlar birbirine çok yakın olsa da bir doğrulama yaparak YSA modelinin sonlu eleman modelini temsil kabiliyetinin görülmesi faydalı olacaktır. Bu sebeple ısı analizlerde kullanılan girdi parametre değerlerinin alt ve üst sınırları arasında kalan bir değişken noktası (fin boyu:39 mm ve fin eni:5 mm) alınarak öncelikle sonlu elemanlar yöntemi ile ısı analizi yapılmış ve maksimum sıcaklık değeri elde edilmiştir. Daha sonra aynı değişken noktası için YSA modeli kullanılarak maksimum sıcaklık elde edilmiştir. Bulunan sıcaklık değerleri karşılaştırıldığında, hata oranının % 3,014 çıktığı görülmüştür. Bu sonuç ile oluşturulmuş olan YSA modelinin gayet başarılı olduğu kanısına varılmıştır. Doğrulama için kullanılan değişken değerleri ve bulunan sonuçlar Tablo 2'de görülmektedir.

Tablo 2. YSA modelinin doğrulamasında kullanılan değişken değerleri ve elde edilen sonuçlar

Fin Boyu (mm)	Fin Eni (mm)	Maksimum Sıcaklık () (Sonlu elemanlar yöntemi)	Maksimum Sıcaklık () (YSA yöntemi)	Hata (%)
39	5	36,147	35,058	3,014

IV. DEĞERLENDİRME

Bu çalışma kapsamında cadde tipi led armatürün ısı analizini gerçekleştirmek amacı ile öncelikle sonlu elemanlar modeli oluşturulmuştur. Analizin çalıştırılması sonucu armatürde meydana gelen maksimum sıcaklık elde edilmiştir. Armatürün ısı dengeye ulaşması için doğru sürenin belirlenmesi çok önemlidir. Yapılan analizlerde bunun için gerekli sürenin 6000 saniye olduğu görülmüştür. Bu sürenin kısaltılması amacı ile sonlu elemanlar modelinin yerini alabilecek bir yapay sinir ağı modeli oluşturulması planlanmıştır. Bu amaçla, hazırlanmış olan sonlu elemanlar modeli kullanılarak 27 adet ısı analiz gerçekleştirilmiştir. Bu analizlere ait girdi değişkenleri ve analiz sonuçları kullanılarak yapay sinir ağı modeli geliştirilmiştir. Yapay sinir ağı modeli ile sonlu elemanlar modelinin verdiği sonuçlar karşılaştırıldığında ortalama hata oranı % 1.266 iken maksimum hata oranı ise sadece % 1,261'dir. Yapılan doğrulamada ise sonlu eleman modeli ile yapay sinir ağı modeli sonuçları arasında % 3,014'lük bir fark bulunmaktadır. Bu sonuçlar ışığında, oluşturulan yapay sinir ağı modelinin oldukça başarılı olduğu söylenebilir. Diğer taraftan yapay sinir ağı modeli herhangi bir fin boyu ve eni için led armatürde oluşan maksimum sıcaklık değerinin bulunması yaklaşık bir saniye sürmektedir. Çok sayıda analiz gerektiren bir çalışma olması durumunda – led armatürün optimizasyonu gibi- bütün analizlerin bitmesi çok uzun zaman alacağından yapay sinir ağı modelinin kullanılması büyük avantaj sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] T. Xiaogai, C. Wei, Z. Jiyong, 2011, Thermal design for the high-power LED lamp, Journal of Semiconductors, Vol. 32, No. 1
- [2] T. Dong, 2010, An Analysis of Heat Transfer in LED Luminaires, A thesis of PhD, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, New York
- [3] D. Jang, S.H. Yu, K.S. Lee, 2011, Multidisciplinary optimization of a pin-fin radial heat sink for LED lighting applications, International Journal of Heat and Mass Transfer, Elsevier 55, 515–521,

- [4] H. Fengze, Y. Daoguo, Z. Guoqi, 2011, Thermal analysis of LED lighting system with different fin heat sinks, *Journal of Semiconductors*, Vol. 32, No. 1
- [5] Y. Huaiyu, S. Kohi, H. Zeijli, A. W. J. Gielen, Z. Guoqi, 2011, A review of passive thermal management of LED module, *Journal of Semiconductors+*, Vol. 32, No. 1
- [6] T. Cheng, X. Luo, S. Huang, S. Liu, 2010, Thermal analysis and optimization of multiple LED packaging based on a general analytical solution, *International Journal of Thermal Sciences*, Elsevier 49, 196–201
- [7] Nuttall, D. R., R. Shuttleworth, and G. Routledge, 2008, *Design of a LED Street Lighting System*, IET Conference Publications, 436–440
- [8] R. Wang, J. Li, 2010, A Cooling System with a Fan for Thermal Management of High-Power LEDs, *International Journal of Modern Physics, J. Mod. Phys.*, 1, 196-199
- [9] A. Ongun, 2007, *Yol Aydınlatma Tesisatlarının Tasarımlarında Optimum Çözüm Kriterlerinin Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye*
- [10] A. Jarrett, 2011, *Multi-Objective Design Optimization of Electric Vehicle Battery Cooling Plates Considering Thermal and Pressure Objective Functions*, A thesis of Master Degree of Applied Science, Department of Mechanical and Materials Engineering Queens University, Kingston, Ontario, Canada
- [11] Şahbaz M, 2014, *Mechanical and Thermal Design and Optimization of Street Type LED Armatures*, MSc, Marmara University, Istanbul, Turkey.
- [12] M Sahbaz, A. Kentli, M. Yilmaz, H. Köten, Y. Yükselentürk, 2013, Modeling and Thermal Analysis of High Power Led Armature, In *International Symposium on Computing in Science & Engineering. Proceedings*, Gediz University, Engineering and Architecture Faculty, 164
- [13] Ç. Elmas, 2007, *Yapay Zeka Uygulamaları*, Seçkin Yayıncılık, Ankara
- [14] V. Bheemreddy, K. Chandrashekhara, L.R. Dharani, G.E. Hilmas, 2013, *Comput. Mater. Sci.*, 79, 663–673
- [15] M. H. Malik, A. F.M. Arif, 2013, ANN prediction model for composite plates against low velocity impact loads using finite element analysis *Compos Struct*, 101, 290–300
- [16] S. Öğüt, 2014, *Optimization of Space Bar Structures Using Hybrid Model of Artificial Neural Network and Simulated Annealing*, MSc, Marmara University, Istanbul, Turkey
- [17] S. Öğüt, A. Kentli, 2013, Using Novel Methodology in Finding Optimum Truss Structure, *Proceedings of the International Conference “ Numerical Computations: Theory and Algorithms”*, Falerna, ITALY, 105,
- [18] N. Kilic, B. Ekici, S. Hartomacioglu, 2015, Determination of penetration depth at high velocity impact using finite element method and artificial neural network tools. *Defence Technology*, 1-13
- [19] M. B. Kadri, S. Nisar, S. Z. Khan, W. A. Khan, 2014, Comparison of ANN and finite element model for the prediction of thermal stresses in diode laser cutting of float glass, *Optik*, 126, 1959-1964