



**BİLGİSAYAR DESTEKLİ ANALİZ VE SİNİRSEL AĞ İLE TAŞIT
ÖN CAM TASARIMI VE TASARIM DOĞRULAMA**

Servet PİRİM



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİLGİSAYAR DESTEKLİ ANALİZ VE SİNİRSEL AĞ İLE TAŞIT ÖN CAM
TASARIMI VE TASARIM DOĞRULAMA**

Servet PİRİM

Prof. Dr. Ferruh ÖZTÜRK
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2022
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİLGİSAYAR DESTEKLİ ANALİZ VE SİNİRSEL AĞ İLE TAŞIT ÖN CAM TASARIMI VE TASARIM DOĞRULAMA

Servet PİRİM

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ferruh ÖZTÜRK

Taşıt ön camlarının tasarımı, aerodinamik ve estetik olarak taşıt tasarımının en önemli etmenlerinden birisidir. Günümüzde, önemi gittikçe artan güvenlik kriterleri de göz önüne alındığında ön cam tasarımı yolcu ve yaya için oldukça kritik bir parçadır.

Bu çalışmanın kapsamı; taşıt ön cam tasarımı ve doğrulama süreçlerinin bilgisayar destekli analizlerle yapılması ve termal analiz çıktılarının yapay zeka uygulamasına entegrasyonudur. Çalışma kapsamında ele alınan ön cam, buz ve buğu çözme fonksiyonunu cam içerisine entegre ısıtıcı kaplama ile yapmaktadır. Isıtıcı kaplama entegre bir ön cam 3d datasının tasarlanması akabinde kafa çarpma ve termal analizler yapılmıştır. Sonlu elemanlar modelleri ile tasarımın kafa çarpma analizleri tamamlanmış ve sonuçları detaylandırılmıştır. Termal analizler, ısıtma fonksiyonu ve menfez geometrilerinden çıkan havanın debi ve sıcaklık değerleri göz önüne alınarak hesaplamalı akışkanlar dinamiği tekniği kullanılarak yapılmıştır. Termal analiz sonuçları yapay zeka ile entegre edilmiştir. Yapay sinirsel ağ modelleri tekniği kullanılmıştır. Analiz sonuçlarıyla eğitilen yapay zeka modeli üzerinden, analiz çıktıları hakkında tahminler yapılmış ve termal analiz sonuçlarıyla çıktılar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ön Cam, Tasarım, Analiz, Yapay Sinir Ağ Modeli
2022, xvi + 58 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

VEHICLE WINDSHIELD DESIGN AND DESIGN VERIFICATION USING COMPUTER AIDED ANALYSIS AND NEURAL NETWORKS

Servet PİRİM

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

Supervisor: Prof. Dr. Ferruh ÖZTÜRK

The design of vehicle windshields is one of the most important factors of vehicle design in terms of aerodynamics and aesthetics. Nowadays, windshield design is a very critical part for passengers and pedestrians because of the increasingly important safety criteria.

The scope of this study is that vehicle windshield design and verification processes with computer aided analysis and integration of thermal analysis outputs into artificial intelligence application. The windshield which is considered within the scope of the study has the defrosting and defogging function with an integrated heater coating inside the glass. After designing the 3d data of a windshield with integrated heating coating, head impact and thermal analysis had been performed. Head impact analysis of the design with finite element models were completed and the results were detailed. Thermal analysis were performed using the computational fluid dynamics technique considering the heating function and the flow rate and temperature values of the air coming out of the grill geometries. Thermal analysis results are integrated with artificial intelligence. Artificial neural network models technique was used. Based on the artificial intelligence model trained with the analysis results, predictions were made about the analysis outputs and the thermal analysis results were compared with the outputs.

Anahtar Kelimeler: Windshield, Design, Anaysis, Neural Networks
2022, xvi + 58 pages.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	vi
ABSTRACT	vii
ÖNSÖZ ve/veya TEŞEKKÜR	viii
SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
2.1 Literatür Taraması.....	5
2.2 Cam ile İlgili Detaylar.....	6
2.3 Temperli Camlar	7
2.4 Lamine Camlar.....	8
2.5 PVB Katman	9
2.5.1 Emniyet	9
2.5.2 Güvenlik.....	9
2.5.3 Ses Yalıtımı.....	10
2.5.4 Güneş Enerjisi ve UV Kontrolü	10
2.6 Lamine Cam Tipleri ve PVB Fonksiyonları	11
2.6.1 Klasik Lamine Camlar	11
2.6.2 Isıtmalı Lamine Camlar.....	11
2.6.2.1 Kaplamalı ve Isıtmalı Ön Camlar	11
2.6.2.2 Telli Isıtmalı Lamine Camlar	14
2.6.3 Akustik Lamine Camlar	15
2.7 Yapay Zeka ve Uygulama.....	18
2.7.1 Öğrenme	19
2.7.2 Akıl Yürütme	19
2.7.3 Problem Çözme	20
2.7.4 Algılama.....	20
2.7.5 Dil Kullanma.....	21
2.8 Yapay Zeka Türleri	21
2.9 Yapay Sinir Ağları	22
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	25
3.2 Kafa Çarpma Analizi.....	28
3.2.1 Kafa Yaralanması Kriteri	31
3.2.2 Şiddet İndeksi.....	32
3.3 Termal Analiz Detayları.....	33
3.4 Yapay Sinir Ağ Modelinin Oluşturulması	35
3.4.1 Buz Kalınlığı ve Çözünme Süresi Modeli	36
3.4.2 Korelasyon Matrisi.....	38
3.4.2.1 Pozitif Korelasyon.....	38
3.4.2.2 Negatif Korelasyon	39
3.4.2.3 Sıfır Korelasyon	40
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	41
4.1 Kafa Çarpma Sonuçlarının Değerlendirilmesi	41
4.2 Kafa Çarpma Etkisini Azaltıcı Kullanılabilecek Sistemler.....	42
4.3 Termal Analiz Sonuçlarının Yorumlanması	44

4.3.1 Termal Analiz Sonrasında Oluşan Risk	45
4.4 Yapay Sinir Ağ Modellerinin Sonuçları	46
4.4.1 Buz Kalınlığı ile Eğitilen Model	46
4.4.2 Menfezden Çıkan Hava ile Girdilerin Değişmesi	48
5. SONUÇ.....	52
6. KAYNAKLAR	54
7. ÖZGEÇMİŞ.	58



SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
h	Isı Transferi Katsayısı
F	Fahrenheit
°C	Celsius
ε	Kırılma Şekil Değişirmesi
E	Young Modülü
σ	Akma Mukavemeti
E	Elastisite Modülü
ρ	Özgül Ağırlık
λ	Poisson Oranı
WAD	Sarma Mesafesi
HIC	Kafa Yaralanması Kriteri
SI	Şiddet İndeksi

Kısaltmalar Açıklama

PVB	Polivinil Bütiral
SUV	Spor Arazi Aracı
mm	Milimetre
Hz	Hertz
UV	Ultraviole
HUD	Başüstü Göstergesi (Head Up Display)
ADAS	Gelişmiş Sürücü Destek Sistemleri
PBT	Polibütilen Tereftalat
PA	Poliamid
FoV	Görüş Açısı (Field of View)
IR	Infrared



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Otomobil Ön Cam Kasası Örneği.....	7
Şekil 2.2. Lamine Cam Katmanları.....	11
Şekil 2.3. HUD Sisteminin Havacılıkta Kullanımı (Anonim, 2015).....	12
Şekil 2.4. HUD Sisteminin Otomotive Entegrasyonu (Anonim, 2021).....	13
Şekil 2.5. Buz Tutmuş Ön Cam Örneği (Anonim, 2017).....	13
Şekil 2.6. Standart Rezistans Telleri Örneği (Anonim, 2022).....	14
Şekil 2.7. Yalıtım Etkisi Görseli.....	16
Şekil 2.8. Akustik PVB Fark Grafiği (Ulizio ve diğerleri, 2017).....	16
Şekil 2.9. Renkli ve Renksiz PVB Kullanımı Karşılaştırması.....	17
Şekil 2.10. Yeni Nesil Lamine Cam Ara Katmanları (Brookman vd, 2017).....	17
Şekil 2.11 Sinir Hücresi Örneği (Şahin, Öztürk, 2018).....	23
Şekil 2.12 Yapay Sinir Ağ Modeli Örneği.....	23
Şekil 2.13 Sinapslar Arası Geçiş Gösterimi (Maltarollo ve diğerleri, 2013).....	24
Şekil 2.14 Yapay Sinir Ağ Modeli Fonksiyon Akışı Örneği(Şahin, Öztürk, 2018).....	24
Şekil 3.1. Cam Kenar Bombesi Kontrolü.....	26
Şekil 3.2. Yaya Kafa Çarpması Alt Bileşenleri (Li ve diğerleri).....	28
Şekil 3.3. Analiz İçin Diğer Alt Bileşenler (Li ve diğerleri).....	28
Şekil 3.4. Ön Cam Yüzeyi Mesh Yapısı(Li ve diğerleri).....	29
Şekil 3.5. WAD Araç Üzeri Görünümü (Yaya Kafa Çarpma Test Prosedürü).....	30
Şekil 3.6. Kafa Çarpma Açısı (Marzbanrad, Daebea, 2019).....	30
Şekil 3.7. Grid Yapısı Tanımlanması (Pedestrian Head Protection Procedure, 2019).....	31
Şekil 3.8. Termal Analiz İçin Bir Kabin Örneği (He ve diğerleri, 2021).....	33
Şekil 3.9. Cam Üzerindeki Regülatif Alanların Tanımlanması.....	34
Şekil 3.10. Termal Analiz İçin Mesh Örneği (Jain & Mandoloi, 2021).....	35
Şekil 3.11. Kullanılan Yapay Sinirsel Ağ Modeli.....	37
Şekil 3.12. Pozitif Korelasyon Grafiği Örneği.....	39
Şekil 3.13. Negatif Korelasyon Grafiği Örneği.....	39
Şekil 3.14. Sıfır Korelasyon Grafiği Örneği.....	40
Şekil 4.1. Kafa Çarpma Analizi Raporu.....	41
Şekil 4.2. Hava Yastığı Çözümü Görseli (Kuehn ve diğerleri, 2005).....	42
Şekil 4.3. Isı Transferi Katsayıları Dağılımı Görseli.....	44
Şekil 4.4. Zamana Bağlı Termal Analiz Sonuçlarının Değişimi.....	44
Şekil 4.5. Kamera Bölgesinde Buz Çözülmemesi Durumu.....	45
Şekil 4.6. Regresyon Grafiği Örneği.....	47
Şekil 4.7. Regresyon Grafiği Örneği.....	47
Şekil 4.8. Eğitilen Modele Ait Grafik.....	48
Şekil 4.9. Analiz Sonuçlarına Göre Korelasyon Matrisi.....	49
Şekil 4.10. Eğitilen Modele Göre Korelasyon Matrisi	50
Şekil 4.11. Zamana Göre Sapma Değerlerinin Gösterilmesi.....	50

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Biyolojik ve Yapay Sinir Sistemleri Karşılıkları	24
Çizelge 3.2. Cama Ait Katsayılar.....	27
Çizelge 3.3. Performans Kriterlerinin Gösterimi	32
Çizelge 3.4. Termal Analiz İçin Katsayılar.....	33
Çizelge 4.1 Analiz Sonuçları.....	48
Çizelge 4.2 Eğitilen Modelden Alınan Ölçüm Sonuçları.....	50



1. GİRİŞ

Taşıt tasarımında göz önüne alınması gereken en önemli etmenlerden bazıları aerodinamik gerekler, güvenlik isterleri ve estetik taleplerdir. Bu etmenlerin hepsinden beslenen komponentlerin başında taşıt ön camları gelmektedir. Taşıt ön camlarının tasarım süreçleri, artan gereksinimler, talepler ve yasal zorunluklarla beraber araç tasarımı sürecinde kritik bir hal almıştır.

Mühendislik faaliyetlerine bilgisayar destekli programların dahil olmasıyla beraber birçok analiz ve test süreçleri fiziki komponent üretimi öncesinde yapılabilmekte ve analiz sonuçlarına göre tasarımda ciddi değişiklikler yapılabilmektedir. Bu çalışma kapsamında da üretilebilir bir ön cam tasarımı, tasarım doğrulama süreçleri, kafa çarpma kontrolleri ve termal analizlerle beraber termal analizlerin sonuçlarının yapay zekaya entegrasyonu yer almaktadır.

Taşıt ön camları üç kademededen oluşmaktadır. Dış cam , iç cam ve aralarında yer alan PVB katmanı, taşıt ön camlarının üç katmanını tanımlamaktadır. Özellikle PVB (Polivinil Bütiral) tabakaların kullanımının teknik ve regülatif gerekçelerle otomotiv camlarına entegrasyonu ile beraber üretilebilir bir ön cam tasarımı ciddi bir tasarım ve analiz süreçlerinin gelişimini de beraberinde getirmektedir. PVB katmanı kısaca kırılma halinde camı bir arada tutarak camın patlamasını engellemekte ve güvenlik bileşeni olarak kullanılmaktadır.

Gelişen teknolojiyle beraber PVB sistemine entegre ön cam ısıtma sistemleri de otomotiv üreticileri tarafından tercih edilmektedir. PVB katmanına entegre cam ısıtma sistemlerinin, genellikle kullanılan rezistanslı ısıtıcı sistemlerine göre termal verimliliği oldukça yüksektir.

Tasarım sürecinde yaşanan en büyük problem camın üretilebilir olmayan bir dış stile sahip olmasıdır. Buna ek olarak ön camın silecek sisteminin çalışabilmesi için uygun bombelikle olmayışı diğer önemli bir problemdir. Tasarımın belli bir aşamaya gelmesi sonrasında olası negatif geri bildirimde cam stilinin değişmesi adeta aracın dış kabuğunun

değişmesine neden olmaktadır. Cam tasarımında oluşabilecek problemler aracın tüm yapısal testlerinin tekrarlanması anlamına gelmektedir. Bu durum da ciddi bir süre ve maliyet kaybına sebep olmaktadır.

Bu çalışma kapsamında otomobil ön cam stilinden tasarım süreçlerine, olası negatif durumlarda ne gibi değişiklikler yapılarak uygun bir ön cam tasarımının sağlanması süreciyle ilgili detaylar ve analizler paylaşılmıştır. Catia programı yardımıyla kısmi kesit çalışmaları ve tasarlanan cad data üzerinden detaylı radyus kontrolleri sağlanmıştır. Catia V5 for Windows yazılımı lisanslı olarak kullanılmıştır. Yaya kafa çarpma analizleri LS Dyna programı kullanılarak doğrulanmıştır. Çalışma kapsamında PVB kaplamaya entegre ısıtıcı sisteminin termal analizi Ansys Fluent programı kullanılarak yapılmıştır. Termal analizden çıkan sonuçlar yapay sinirsel ağ modeli oluşturulmuştur. Modelin termal analiz sonuçları ve farklı iterasyon sonuçlarının girdi ve çıktı parametreleriyle eğitilmesi sonucunda, farklı tasarım girdi değerlerine göre analiz sonuçları hakkında tahminler yapılmıştır. Yapay sinirsel ağ modellemesinin tasarım sürecinde Python programlama dili kullanılmıştır. Python programlama dilinden açık kaynak olarak yararlanılmıştır. Yapay sinirsel ağ modellerinin kullanımıyla beraber analiz tekrarı gerektirecek ya da girdi parametrelerinin değişmesi durumunda sonuçlar hakkında yakınsayacak bir tahmin yapılabilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca analiz sınır değerleri içerisinde, eğitilen model ve analiz sonuçları arasında bir kıyaslamaya da çalışma kapsamında yer verilmiştir. Kaynakçalar bölümünde kullanılan tüm programlar ile ilgili detaylara yer verilmiştir.

Literatür araştırması sonucunda termal analizlerin yapay sinirsel ağ modeli ile sonuçların değerlendirilmesi gibi bir alternatif çalışmaya rastlanmamıştır. Yapay sinir ağları modellenmesinin kullanımıyla çıktı parametreleri hakkında tahmin ve değerlendirme fırsatı yaratılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

Günümüzde ön cam, araç yapısının ayrılmaz bir parçasıdır. Tasarımı ve konumu nedeniyle, ön cam çok çeşitli yüklere maruz kalır. Bu etkilere örnekler; rüzgar etkisi, araç gövdesinin burulmasından kaynaklı elastik deformasyon yükü ve yol şartlarından kaynaklanan aracın hareketi esnasında titreşim etkisini arttıracak etmenlerdir. Sonuç olarak, temperli bir ön camın kullanılması durumunda görüş ve güvenliği olumsuz etkileyen ön cam deformasyonları ve çatlakları meydana gelebilmektedir.

Lamine cam iki parça cam arasında polivinil butiral (PVB) tabakaya sahip sertleştirilmiş camdır. PVB bir yapıştırıcı gibi cam parçalarını tutan özelliğe sahiptir. Üretim genellikle infrared ısıtma sistemiyle ısıtılan cam tabakalarının lamine edilmesiyle başlar. Sonrasında PVB katman iki cam arasına yerleştirilir. Daha sonra IR ısıtmayla tekrar lamine edilir, yapıştırma tabakasından geçirilir. Akabinde ise yüzeysel çatlakların oluşmaması için cam yüzeyi kontrollü bir şekilde soğutulur. İlerleyen bölümlerde lamine camlar, temperli camlar ve PVB ile ilgili daha detaylı bilgilere yer verilecektir.

Araç stilinin ön camdan talep ettiği estetik değerlerle beraber camın üretilebilir ve üzerine entegre olacak komponent ve fonksiyonlara karşı uygulanabilir olması gerekmektedir. Araçların emniyet değerlendirmelerinde ise ön cam en önemli komponentlerden birisidir.

Termal analizler, otomotiv ön cam tasarımının en önemli etmenlerinden biridir. Çalışma kapsamında yapılan PVB sistemine entegre buz ve buğu çözme teknolojisi ile beraber HVAC sisteminin de çalışmasının modellenmesi ve analiz sonuçlarının değerlendirilmesi cam tasarımını oluşturan ve analiz sürecinin uzamasına neden olan bir prosestir. Ön camın stil yüzeyine uygun olarak buz çözme sistemi ve HVAC sisteminin entegrasyonu ile beraber ön camda buzun çözülmesi için homologatif ve regülatif isterlerin sağlanması zorunluluğunun kontrolü gerekmektedir.

HVAC sistemindeki menfez geometri tipi, hava sıcaklığı ve debisi, termal analizin girdilerindendir. Regülatif gereksinimlerin değerlendirilmesi sonucunda olası negatiflik durumunun değerlendirilmesi ve sonuçların kabul kriterlerine yaklaşması açısından

tasarımda yapılabilecek değişikliklere karar verilmesi gerekmektedir. Analizlerin tekrarlanması ve çoklanması sürecinin süre ve maliyet gereksiniminin çözülebilmesi adına bu çalışma kapsamında yapay zeka prosesinden destek alınmıştır. Yapay sinirsel ağ modeli kullanımı ile beraber termal analizlerin girdi parametlerine göre model eğitilmiş ve çıktı parametreleri hakkında değerlendirmeler yapılmıştır. Ön cam buz kalınlığının değişimi, ortam sıcaklığının farklılık göstermesi ve menfezden gelen havanın sıcaklığının değişmesi senaryolarının termal analizlerle realize edilmesi sonrasında yapay sinirsel ağ modeli içerisine sonuçlar entegre edilmiştir.

Modelin doğru çalışması ve sonuçların çıktı parametrelerinin değerlendirilmesi açısından çok önemlidir. Böylece sınır şartları içerisinde istenilen girdi parametrelerine göre analiz çıktıları hakkında tahmin ve değerlendirme yapılmasına imkan sağlanmıştır. Analizlerin tekrarlanmasına gerek olmaksızın regresyon analizi yardımıyla sonuçlar ortaya koyulmuştur. Eğitilen ve çalıştırılan modelin çıktı değerlerinin termal analiz sonuçlarına göre sapma değerleri ortaya koyulmuştur. Farklı girdi parametrelerinin de kullanılmasıyla korelasyon analizi yapılmıştır. Yapay sinir ağ modeli ile ilgili yapılan çalışmalar ve tüm detaylara alt bölümlerde yer verilmiştir.

2.1 Literatür Taraması

Farag ve Huang'ın yapmış olduğu çalışmada buz çözme süreci, modeli, rüzgar tüneli testleri ve hesaplamalı akışkanlar dinamiği sonuçları karşılaştırılmıştır. (Farag ve Huang, 2003)

Hozejowska ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada camın termal analizleriyle ilgili deneysel detaylara yer verilmiştir. Trefftz metodu yardımıyla termal dağılım konusunda analiz sonuçları paylaşılmıştır. Araç üzerinde kullanılan camın ısıtıcılı ya da ısıtıcısız olmasıyla ilgili herhangi bir detay verilmemiştir. (Hozejowska, 2019)

Santillana ve arkadaşları, ön cam kafa çarpma testleriyle ilgili deneysel ve metotsal değerlendirmelerde bulunmuşlar ve her iki hesap yönteminin birbirleriyle kıyaslamasını yapmışlardır. Deneysel yöntem ile ölçüm sonuçlarının sapması ortaya koyulmuştur ve Seat Leon aracının kafa çarpma kontrolleriyle ilgili detaylar vardır. (Santillana, 2016).

Li ve arkadaşları, farklı tipteki lamine cam numuneleri üzerinden yaya çarpma karakteristiklerini ortaya koymuşlar ve dinamik davranış sonuçlarını incelemişlerdir. Tıpkı Santillana ve arkadaşlarının yaptığı çalışma gibi, istatiksel sonuçları bilgisayar programı yardımıyla hesaplamışlar ve analiz sonuçlarını ortaya koymuşlardır. Lamine cam tiplerine göre kafa çarpma kontrol sonuçları hakkında yorumlarda bulunmuşlardır. (Li, 2019)

He ve arkadaşları, üç boyutlu matematik modelleme yardımıyla cam üzerindeki akış karakteristiklerini ve detaylarını belirleyerek ön cam üzerindeki buz ve buğu çözülme sürecini test etmişlerdir. Modelleme sonucunda buz çözme işleminin verimini arttıracak etmenlerle ilgili önerilerde bulunmuşlardır (He ve diğerleri, 2020).

Öztemel, yapay zeka ve yapay sinir ağlarıyla ilgili temel bilgiler, farklı yapay zeka örnekleri ve proseslerle ilgili kullanım koşulları ve türler hakkında detaylı bilgilendirmede bulunmuştur. (Öztemel, 2006).

Şahin ve Öztürk, yapay zeka uygulamaları, tarihsel gelişim süreci farklı teknolojiler, yapay sinir ağlarının özellikleri ve farklı algılayıcı türleri hakkında detaylı çalışmalar yapmışlar ve bunları bir derleme mantığında literatüre sunmuşlardır. (Şahin ve Öztürk, 2018).

Maltarollo ve arkadaşları, biyolojik sinir hücresi ile ilgili detayları ve yapay sinir hücresi ve biyolojik sinir hücreleri arasındaki kuramsal benzerlikleri detaylı tanımlamalar eşliğinde belirtmiştir. Çalışmalarının kapsamı kimyasal problemler olmasına rağmen temel olarak hücre yapılarının detayları hakkında bilgi paylaşımında bulunmuşlardır. (Maltarollo ve diğerleri, 2013).

2.2 Cam ile İlgili Detaylar

Camın ana hammadde silisyumdur. Toprak alkali ve alkali metal oksitleriyle beraber bazı metal oksitlerin çözünmesinden meydana gelmektedir ve malzemenin plazma durumuna benzer yapıdadır. Camın katılaşma süreci amorf içyapısını koruyarak devam eder. Amorf yapı, üretim prosesi sürecinde ani sıcaklık düşümü ile beraber kristal yapıdan transfer vasıtasıyla meydana gelir. Bu yapı camın saydamlığının ve saydamlığının temelini oluşturmaktadır (Cam Sektörü Raporu, 2020).

Genel olarak cam üretimi şu aşamaları takip etmektedir (DPT, 2001):

- Hammadde üretimi: Silis esaslı alt malzemeler eritmeye uygun duruma getirilir. Silis esaslı malzemelere örnekler kalker, dolomit, soda, sodyum, kum, sodyum, sülfat gibi malzemelerdir.
- Harman: Üretimi istenen ve planlanan cama ve kullanım koşuluna göre malzemeler adeta plastik bir hammadde üretimi gibi belirli ölçülerde karıştırılır.
- Eritme: Yaklaşık 1600°C'ye kadar ısıtma işlemi gerekmektedir. Elektrik, fuel oil ya da doğalgaz kullanan fırınlar bu işlem için kullanılmaktadır. Ülkemizde Şişecam firması hammadde üreten en önemli firmalardan biridir.
- Şekillendirme: Talep edilen son ürün özellikleri için eriyik durumdaki cam, şekillendirme bölümlerine alınır. Haddeme, savurma, akıtma, üfleme, pres gibi şekillendirme yöntemlerinden biri kullanılarak istenilen şekile sokulur.

- Soğutma: Cam, kimyasal yapısı nedeniyle oldukça kırılğan bir malzemedir. Kontrollü bir şekilde ısıtma ve soğutma işlemi ile iç ve dış yüzey gerilimlerinden arındırılır. Bu da camın daha da dayanıklı hale gelmesini sağlamaktadır. Temperleme ile ilgili detaylı bilgiler alt bölümlerde daha detaylı ele alınacaktır.
- Depolama: Kullanım koşulları ve market talepleri gibi özellikleri göz önünde tutarak; camlar özel ambalaj ve stoklama metodlarıyla beraber depolanır.
- Sevkiyat: Cam, oldukça kırılğan yapısı ve özellikle otomotiv sektörü için gerekli optik isterleri nedeniyle oldukça hassas bir komponenttir. Bu nedenle camın sevkiyatı için özel taşıma sistemleri ve transport süreçleri gerekmekte ve bu süreçteki görevli kişiler oldukça hassas olmalıdır. Şekil 2.1’de otomobil ön camın üretimi sonrasında seri hatta taşınması sürecinde kullanılan bir kasa örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Otomobil Ön Cam Kasa Örneği

2.3 Temperli Camlar

Temperli cam, tavllanmış camdan yaklaşık dört kat daha güçlüdür. Kırıldığında çok küçük parçalara ayrılabilen tavllanmış camların aksine, temperli camlar nispeten zararsız parçalara bölünür. Sonuç olarak, insan güvenliğinin önemli olduğu ortamlarda temperli cam kullanılmaktadır. Uygulamalar, araçlardaki yan ve arka camları, giriş kapılarını, duş ve küvet muhafazalarını, mikrodalga fırınları ve çatı pencerelerini içerir.

2.4 Lamine Camlar

Lamine cam, iki veya daha fazla cam levha parçası arasına PVB (polivinil butiral) reçine tutkal filmi yapıştırılarak, ardından düz veya kavisli bileşik cam ürün oluşturmak için ısıtılarak, preslenerek ve yapıştırılarak üretilmektedir. Laminasyon işleminin tamamlanması için cam levha sıradan cam, düz cam, temperli cam, renkli cam, ısı emici cam veya ısı yansıtıcı cam vb. olabilir. Katman miktarı 2, 3, 5, 7, 9 mm'a kadar olabilir. Otomotivde kullanılan örnekleri ise yaklaşık 1.1 mm ile 2.5 mm arasında değişmektedir. Otomotiv sektörü haricinde lamine camlarda kullanılan katmanların levhanın genel kalınlığı (mm) 2 + 3, 3 + 3 ve 3 + 5 mm mertebesinde dir.

PVB filmin yapışması nedeniyle, cam kırılrsa bile, parçaları ince film üzerinde yapışmaya devam eder. Parçalanmış camın yüzeyi temiz ve pürüzsüz kalır, bu da parçaların içeri girmesini veya düşmesini etkili bir şekilde önler, böylece insan güvenliğini sağlar. Farklı sac camlardan yapılan lamine camlar, dayanıklılık, ısı direnci ve nem direnci vb. gibi farklı özelliklere sahiptir. Avrupa ve Amerika'da lamine cam, güçlü anti-şok ve hırsızlık önleme özelliği nedeniyle tehlikeli kazaları önlemek için çoğu binaya uygulanır. Orta katmandaki yapışkan film, çekiç ve odun kesici gibi öldürücü silahların art arda çarpmasına ve mermilerin delinmesine belirli bir süre dayanabilmesi nedeniyle yüksek güvenlik seviyesindedir.

Ses yalıtım etkisi, yükselen kalite standartlarıyla beraber otomotiv endüstrisinde ve inşaat sektöründe önemli faktörlerden biridir.

Lamine cam üretimi sürecinde aşağıdaki adımların takibi, laminasyon işleminin kalitesi açısından oldukça önemlidir;

- Aşama 1: Cam, müşterinin özelliklerine göre gerekli şekil, tasarım ve boyutlarda kesilir.
- Aşama 2: Besleme cihazları ve bir döner tabla kullanılarak camlar, yıkama sistemlerine taşınır. Bu aşamada camlar arasındaki boşluklar otomatik olarak en aza indirilir.

- Aşama 3: Camlar otomatik makineler kullanılarak iyice temizlenir ve kurutulur.
- Aşama 4: Temiz, kuru cam paneller daha sonra şartlandırılmış sıcaklık ve nem ile temiz bir odaya aktarılır. Oda ayrıca tozsuzdur ve PVB film ruloları burada saklanır.
- Aşama 5: PVB filmleri ile birlikte cam paneller, geometrilerine göre doğru bir şekilde hizalanır. Sandviç daha sonra, katmanlar arasındaki havayı çıkarmak için aynı anda ısıtıldığı ve sıkıştırıldığı "kıştırma silindiri" adı verilen prosese yerleştirilir.
- Aşama 6: Kıştırılmış laminat cam, otoklav arabasına aktarılır. Bu son aşamada, lamine camı şeffaf hale getirmek için kontrollü ısı ve basınç döngüleri uygulanır.

2.5 PVB Katman

Polyvinil butyral (PVB), cam laminasyonunda iki levha cam arasında kullanılan, bu iki cam parçasının entegre bir şekilde bir arada tutulmasını sağlayarak cama güvenlik özelliği kazandıran bir laminasyon ara polimeridir. Lamine cam dendiği zaman ara katman malzemesi olarak kullanıldığı bilinen tek malzeme PVB'dir. PVB haricinde laminasyon işlemleri için başka polimerler de vardır. Ancak piyasada en çok kullanılan malzemenin PVB olmasının nedeni, laminasyon işlemi sırasında cama en uygun malzeme olmasının yapılan testler ve araştırmalar sonucunda ortaya koyulmasıdır.

2.5.1 Emniyet

Cam kırıldığında büyük ve keskin parçalara ayrılabilmesi için çok ciddi bazen de öldürücü yaralanmalara sebep olabilir. Lamine camların en büyük özelliği çarpma anındaki performansdır. PVB tabakası çarpmadan meydana gelen enerjiyi soğurarak çarpan cismin içeri girişini engeller.

2.5.2 Güvenlik

Cam, kaza ile kırılmış olsa bile şeffaf bağlayıcı PVB tabakası sayesinde dağılmaz. Kırılma durumunda cam parçaları etrafa saçılmaz ve bu özelliği nedeniyle kaza anındaki riskleri azaltmaktadır.

2.5.3 Ses Yalıtımı

Gürültünün, araç içerisine kolaylıkla girebildiği bölgeler camlardır. Özellikle yüksek hızlarda araç içerisinde oluşan ısıklık sesi benzeri bir gürültü uzun süreli yolculuklarda, araç içerisinde bulunan yolculara ciddi şekilde rahatsız etmekte ve sürüş konforunu azaltmaktadır.

Lamine camın 125 Hz ve 4000 Hz frekanslar arasında, aynı kalınlıktaki temperli camlara göre daha yüksek bir ses yalıtım indeksi vardır. Sesin azalması, arasındaki katman esnek yapışkanlığa sahip olmasından ileri gelmektedir. Temperli camlarda bazı frekanslarda görülen tesadüfi etki ve sonuçlar, lamine cam ile belirli ölçüde azaltılabilir ve ısıcam ünitelerinde camlardan biri lamine yapılarak ünitelerin ses yalıtım özelliği daha da iyileştirilebilir.

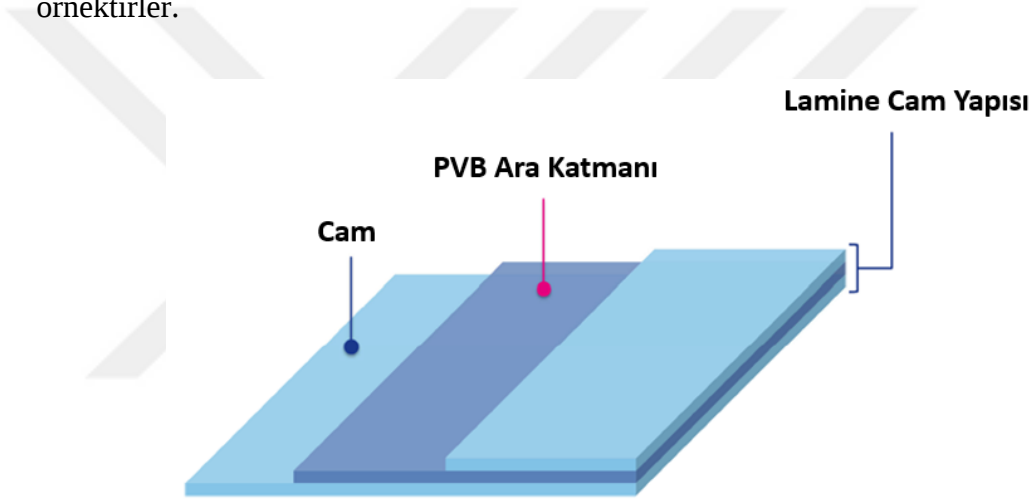
2.5.4 Güneş Enerjisi ve UV Kontrolü

Doğal ışık, araç tasarımında önemli rol oynar. Ancak yüksek miktarda güneş ışığı, özellikle araç içerisinde yüksek ısı alınımına sebep olur. Araç içerisinde yüksek ısı birikimini engellemek için lamine camlar ve hatta farklı renkte PVB kullanımı tercih edilebilmektedir. Ön camda farklı renkte PVB kullanımı yasal olarak uygun olmamakla beraber, arka kapı camı ve kelebek camlarda farklı renklerde PVB içeren camların kullanım örnekleri otomotiv üreticileri tarafından tercih edilebilmektedir. Hafif renkli iç tabası olan lamine camla, sert camdan geçecek olan enerjiyi PVB iç tabakası emer. Emilen enerji, iletilerek ve tekrar saçılarak dağıtılır. Diğer termal kontrol teknikleriyle beraber kullanıldığında lamine cam, enerji maliyetini belirgin ölçüde düşürmekte ve ciddi ölçüde yakıt tüketimini de düşürme eğilimi göstermektedir. Diğer bir tarafta UV etkisiyle araç iç trim kaplamasının görsel ve fonksiyonel deformasyonu da PVB kullanımıyla beraber engellenebilmektedir.

2.6 Lamine Cam Tipleri ve PVB Fonksiyonları

2.6.1 Klasik Lamine Camlar

İki cam arasına PVB eklenmesi ile elde edilen lamine cam çeşididir. Ön cama, üzerine takılan alt parçalar ile çeşitli fonksiyonel özellikler kazandırılmaktadır. PVB içeriğinde herhangi bir teknik veya fonksiyonel extra özellik yoktur. Maliyet açısından en avantajlı olan camlardır. Şekil 2.2’te lamine cam katmanlarıyla ilgili görsel paylaşılmıştır. Ülkemizde özellikle inşaat ve otomotiv sektöründe kullanılmakta olan PVB üretimi çok sınırlıdır. PVB üretimi yoğunluklu olarak Avrupa ülkelerinden tedarik edilmektedir. Saflex, DuPont ve Eastman firmaları, PVB üretiminde en önde gelen tedarikçilere örnekler.



Şekil 2.2. Lamine Cam Katmanları

2.6.2 Isıtmalı Lamine Camlar

Lamine camlar içerisine ısıtma fonksiyonu iki farklı teknik ile entegre olmuştur. Bunlardan en yaygın olanları kaplamalı ve telli ısıtmalı ön camlardır.

2.6.2.1 Kaplamalı ve Isıtmalı Ön Camlar

Kaplamalı ön camlar, cam üzerinde görünmez bir gümüş kaplamaya sahiptir. Bu kaplama, görünür ışık için şeffaf durumdadır, ancak kızılötesi güneş ışığını yansıtacak şekilde özel olarak tasarlanmaktadır. Isıtma özelliği haricinde yüksek düzeyde yalıtkan özelliği de mevcuttur. Özellikle güneşli ve sıcak havalarda araç içi sıcaklığı 15°C'ye kadar

düşürerek sürücü konforunu artırma özelliğine sahiptir. Klima çalışma süresini önemli düzeyde etkilediğinden dolayı yakıt tüketimi ve araç emisyon değerlerine de önemli ölçüde pozitif etkisi vardır.

Kaplamanın içeriğinde bulunun gümüş tabakanın elektriksel iletkenliğinden yararlanır. 12V'luk bir voltaj uygulayarak (gelecekteki otomobillerde 48V), bir düğmeye dokunarak gerektiğinde buğuyu gidermek ve buzunu çözmek için görünmez bir ısıtma elemanı görevi görür. Hatta ön cam sileceği park konumunda buz çözmeyi hızlandırarak sileceklerin cama katı bir şekilde donmasını önleyebilir. Gelecekte bu özellik homologatif bir zorunluluk olma potansiyeline sahiptir. Şu anda çoğu araç üreticisi bu özelliği müşterilerine opsiyonel olarak sunmakla beraber, özellikle üst düzey araç üreticileri bu özelliği standart olarak müşterilerine sunabilmektedir.

Ön cam kaplama teknolojisi yalnızca gelişmiş HUD (Heads-Up Display) sistemleriyle entegre olma kapasitesine sahip değildir, aynı zamanda radyo dalgası şeffaflığı sayesinde otomatik yol geçiş sistemleri ve yayın antenleri için idealdir.

HUD teknolojisi, araç hareket halindeyken sürücünün sıklıkla görmesi gereken uyarı ve bilgilerin araç ön camına yansıtılmasını içermektedir. Şekil 2.3'daki görselde de belirtildiği gibi özellikle askeri havacılık ve savunma sanayi için üretilmiş bir sistem olmakla beraber son yıllarda otomotiv teknolojilerine entegre edilmiştir. Özellikle son dönemle BMW, Mercedes ve Lexus gibi üst segment otomobil üreticileri bu sistemleri opsiyonel olarak müşterilerine sunmaktadır. (bkz. Şekil 2.4)



Şekil 2.3. HUD Sisteminin Havacılıkta Kullanımı (Anonim, 2015)

Bu sistem sayesinde, sürücü dikkatini yoldan ayırmamaktadır. Bu sayede sürüş güvenliğinin artması hedeflenmiştir. Yakıt tüketim bilgisi, navigasyon bilgisi, sürat ve takip mesafesi gibi önemli bilgiler HUD teknolojisi ile beraber ön cam üzerinde görülür kılınmaktadır.



Şekil 2.4. HUD Sisteminin Otomotive Entegrasyonu (Anonim, 2021)

Bu çalışma kapsamında da termal analizleri yapılan cam içerisinde ısıtıcılı kaplama mevcuttur. PVB kaplamaya entegre olarak özel bir kaplama yardımıyla ön cam buz ve buğu sistemleri kullanılmaktadır.

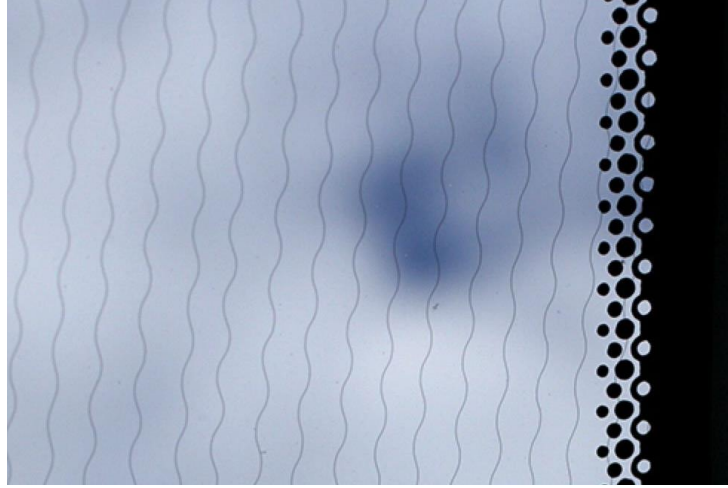
2.6.2.2 Telli Isıtmalı Lamine Camlar

Isıtmalı ön cam teknolojisi, yaklaşık 5 dakika içinde buzla kaplı bir camın tamamen harekete uygun seviyeye gelebilmesini amaçlamaktadır. Tamamen buz tutmuş bir ön cam örneği Şekil 2.5’de gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Buz Tutmuş Ön Cam Örneği (Anonim, 2017)

Elektrik ile ısıtılan ön cam kısaca yüksek sıcaklıklara kadar ısınabilen ince tellerden oluşan bir ağ ile entegre edilmiş bir yapıdır. Şekil 2.6’da da belirtildiği gibi teller ekranın içine gömülüdür ve iki cam tabakası arasına gömülü gümüş/çinko oksit kaplama ile çevrilidir. Isıtma telleri PVB üzerine 4 ila 5 mm aralıklarla döşenmiş 30 micron kalınlığındaki teller vasıtasıyla yapılmaktadır. Isıtmalı ön camı fonksiyonu aktif edildiğinde, kabloları dakikalar içinde camdaki buzı eritecek kadar yüksek bir sıcaklığa ısıtmaya başlar.



Şekil 2.6. Standart Rezistans Telleri Örneği (Anonim, 2022)

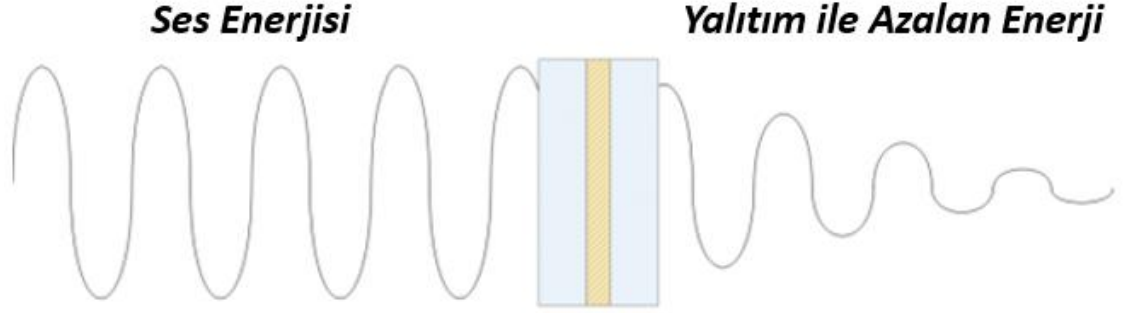
Cam ısıtma sistemi ön ve camlara ya da dış dikiz aynalara entegre edilebilmektedir. Aküden önemli miktarda güç çektiği için sistemin aktif olması aracın çalışıyor durumda olmasına bağlıdır.

Ford Motor Şirketi bu teknolojiyi piyasaya süren ilk şirkettir ve ardından bunun üzerine 'Quickclear' adlı bir patent almışlardır. Patent alınmasının anlamı diğer şirketlerin ısıtmalı ön cam teknolojisini kullanamayacağı anlamına geliyordu. Daha sonrasında Ford, teknolojiyi diğer otomobil şirketlerine kiraladı ve Volkswagen, Vauxhall ve Range/Land Rovers gibi firmalar bu sistemi kendi modellerine entegre etmiştir. Bazı otomobil üreticileri, farklı bir metodoloji kullanarak ısıtmalı ön cam teknolojisinin kendi versiyonlarını oluşturmuşlardır.

2.6.3 Akustik Lamine Camlar

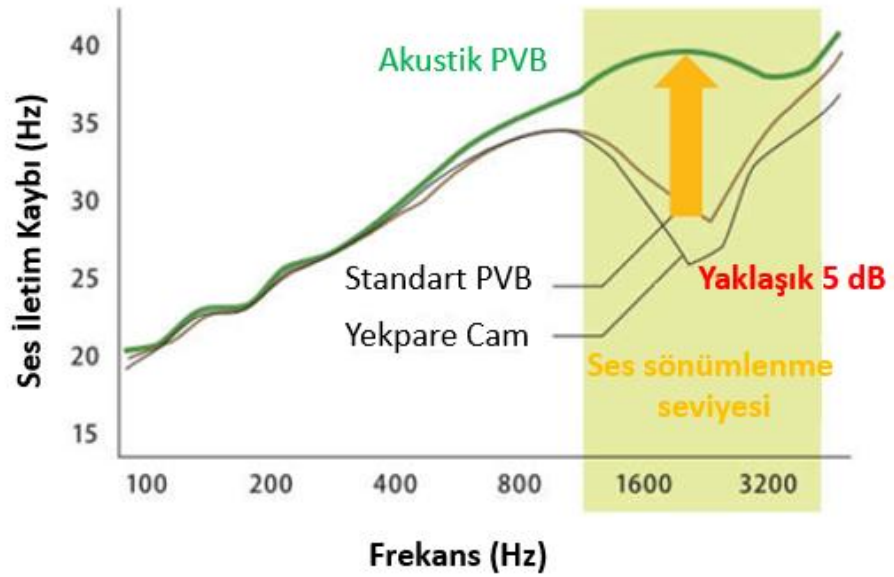
Gürültü, istenmeyen ya da diğer bir deyişle rahatsız edici ses hayatımızda giderek daha fazla yer almakta, hayat konforumuzu ve hatta sağlığımızı etkilemektedir. Mevcut otomotiv camlarından özellikle temperli olan camlar, gürültüyü engellemede yetersizdir. Lamine camlar içerisinde kullanılan PVB'lerden akustik özellikle olanlarının kullanımı, sürüş konforu açısından önemli bir etmendir.

Akustik PVB'ler sadece otomotiv endüstrisinde değil bir binanın cephesinde (standart pencerelerde, vitrinlerde ve giydirme cephelerde) de kullanılmaktadır. Şekil 2.7'da yalıtım etkisinin görseli belirtilmiştir.



Şekil 2.7. Yalıtım Etkisi Görseli

Özellikle araçlar yüksek hızlara çıktığında rüzgar ve ısıklık sesi kontrolleri NVH ekipleri tarafından üzerinde önemle durulan kontrollerden biridir. Her bir otomotiv üreticisinin test kriteri birbirinden farklı olmasıyla beraber genellikle 120 km/h lik hız değeri NVH kontrolleri için kabul kriterlerinden biridir. Aşağıdaki tabloda da belirtildiği gibi akustik PVB'lerin normal PVB'lere göre yaklaşık 5 dB'lik avantajı vardır. Şekil 2.8'de akustik ve normal PVB'ler arasındaki desibel farkının grafiğe aktarılmış hali mevcuttur.



Şekil 2.8. Akustik PVB Fark Grafiği (Ulizio ve diğerleri, 2017)

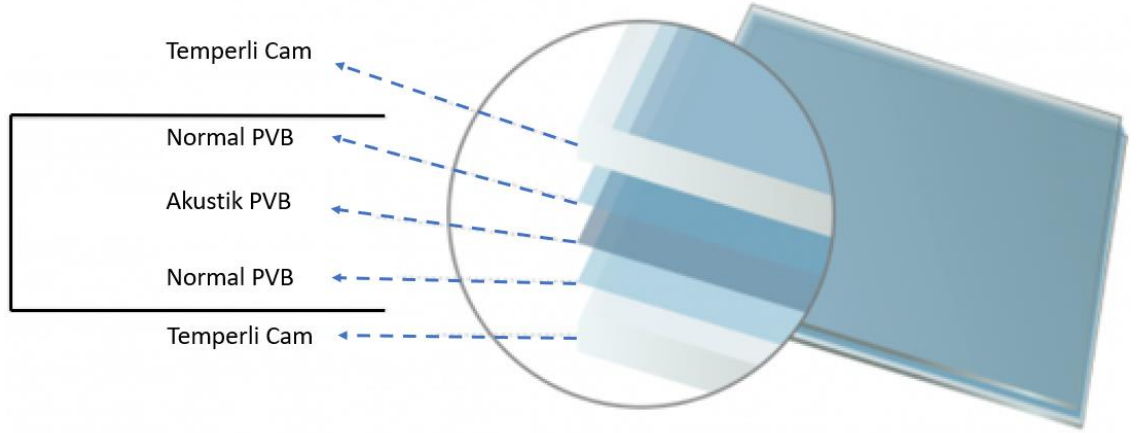
Bununla beraber farklı PVB üreticilerinde değişken olmak ile beraber mali açıdan akustik PVB'nin kullanımı araç başına ciddi maliyet artışı da getirmektedir. SUV bir aracı düşündüğümüzde ön cam alanının yaklaşık 1 m² olduğunu düşünürsek, araç başı maliyet artışı yaklaşık 10 € bandındadır. Özellikle yüksek profildeki araç üreticilerin ön cam PVB'leri haricinde kapı camları ve arka camları da akustik PVB olarak kullanmaktadır. Akustik PVB kullanımının araç birim maliyet üzerine toplam etkisi, cam alanı ile paralel olarak hesaplanabilmektedir.

Akustik PVB'nin ses izolasyonu haricinde diğer bir etkisi de estetik olabilmektedir. Füme ya da gri renkli PVB'lerin kullanımı ile beraber araç dış görünüşünün değişimi ve araç içi aydınlatma seviyesinin ayarlanabilmesi mümkündür. Şekil 2.9'de renkli ve renksiz PVB'lerin karşılaştırması mevcuttur. Akustik PVB'nin birim maliyetine ek olarak farklı renkte üretim durumunun da araç birim maliyetine etkisi vardır. Farklı renkte üretildiği durumda, cam üreticileri için ekstra yatırım gereksinimi oluşmamaktadır. Çünkü cama uygulama şekli olarak bir farkı yoktur.



Şekil 2.9. Renksiz ve Renkli PVB Kullanımı Karşılaştırılması

PVB'nin cam paneller arasındaki elastik davranışı sayesinde birçok lamine cam türü ses emici cam görevi görebilir. Bununla birlikte, akustik olarak tasarlanmış üç katmanlı PVB ara katmanından oluşan akustik lamine cam, sesin daha fazla azaltılmasını sağlar. Yeni nesil lamine camın iç yapısı ile ilgili görsel Şekil 2.10'te belirtilmiştir.



Şekil 2.10. Yeni Nesil Lamine Cam Ara Katmanları **(Brokmann ve diğerleri, 2019)**

2.7 Yapay Zeka ve Uygulama

Yapay zeka dijital bir sistemin, bilgisayarın veya bilgisayar kontrollü bir robotun, genellikle akıllı varlıklarla ilişkili görevleri yerine getirme yeteneği olarak tanımlanabilmektedir. Sistemlerin hazırlanması ve kullanıma sunumu; ağırlıklı olarak akıl yürütme, anlam keşfetme, genelleme yapma veya geçmiş deneyimlerden öğrenme gibi insanlara özgü yapıların geliştirilmesi ve hazırlanması vasıtasıyla gerçekleşmektedir. 1940'lı yıllardan itibaren bilgisayarın geliştirilmesinden bu yana, matematik teoremlerinin kanıtlarını keşfetmek veya satranç oynamak gibi çok karmaşık görevleri büyük bir ustalıkla yerine getirmek üzere yapay zeka sisteminin programlanabileceği ve kullanılabileceği gösterilmiştir. (Bozüyük ve diğerleri, 2005). Bilgisayar işleme hızında ve bellek kapasitesinde devam eden ilerlemelere ve gelişmelere rağmen, daha geniş alanlarda veya çok fazla günlük bilgi gerektiren görevlerde insan esnekliğini eşleştirebilecek hiçbir program henüz kullanıma sunulmamıştır. Bazı programlar, belirli görevleri yerine getirmede uzmanların ve profesyonellerin performans seviyelerine ulaşmıştır. Böylece sınırlı anlamda yapay zeka; tıbbi teşhis, bilgisayar arama motorları ve ses veya el yazısı tanıma gibi çeşitli uygulamalarda bulunur.

İnsan zekasından ilham alan yapay zeka sistemleri; insan zekasının tek özelliğine değil birçok farklı yeteneğinin birleşimini karakterize etmektedir. Yapay zeka araştırmaları temel olarak zekanın aşağıdaki bileşenlerine odaklanmıştır (Nielsen, 2019);

- Öğrenme
- Akıl Yürütme
- Problem Çözme
- Algılama
- Dil Kullanma

2.7.1 Öğrenme

Yapay zekaya uygulanan ya da uygulanabilecek birden çok farklı öğrenme yöntemi vardır. En basit olan deneme yanılma yoluyla öğrenmektir. Örneğin, satranç problemlerini çözmek amacıyla yazılan basit bir bilgisayar programı, mat bulunana kadar rastgele hamleler deneyebilir. Program daha sonrasında çözümü konumla ya da hamle sayısı ile birlikte saklayabilir. Böylece bilgisayar aynı konumla bir sonraki karşılaştığında çözümü geri çağırır. Tek tek öğelerin ve prosedürlerin bu basit ezberlenmesi uygulanabilirlik açısından daha kolaydır. Literatürde ezberci öğrenme olarak da bilinmektedir (Nielsen, 2019). Daha zor olanı, genelleme denilen prosesi uygulayabilmektir. Genelleme, geçmiş deneyimlerin benzer yeni durumlara uygulanmasını içerir. Örneğin, girdi parametrelerinin değişimiyle beraber çıktı sonuçları hakkında yorum yapabilen bir yapay zeka uygulaması genelleme için örnek verebilir. Programın girdi parametreleri yönünden zengin bir input ağıyla beslenmesi farklı çıktı parametrelerinin değerlendirilebilmesi açısından önemlidir.

2.7.2 Akıl Yürütme

Akıl yürütmek kısaca duruma uygun çıkarımlar yapmaktır. Çıkarımlar, tümdengelim veya tümevarım olarak da sınıflandırılabilir. Tümdengelim örneği olarak, “Fred ya müzede ya da kafede olmalı. O kafede değil; bu nedenle o müzede” ve tümevarım örneği, “Bu tür önceki kazaların nedeni alet arızasıydı; bu nedenle bu kazaya alet arızası neden oldu.”, cümleleri olabilmektedir. İki akıl yürütme biçimi arasındaki en önemli fark,

tümdengelim durumunda öncüllerin doğruluğu sonucun doğruluğunu garanti ederken, tümevarım durumunda öncüllerin doğruluğu mutlak güvence vermeden sonuca destek verebilmesidir. Tümevarımsal akıl yürütme, verilerin toplandığı ve gelecekteki davranışları tanımlamak ve tahmin etmek için geçici modellerin geliştirildiği bilimde yaygındır. Tümdengelimli akıl yürütme, reddedilemez teoremlerin ayrıntılı yapılarının küçük bir dizi temel aksiyom ve kuraldan oluşturulduğu matematik ve mantıkta yaygındır. Çıkarımlar, özellikle de tümdengelimli çıkarımlar için bilgisayarların programlanmasında önemli bir başarı sağlanmıştır. Ancak, gerçek akıl yürütme, yalnızca çıkarımlar yapmaktan fazlasını içerir; belirli bir görevin veya durumun çözümüyle ilgili çıkarımlar yapmayı içerir. Bu, yapay zeka sistemlerinin karşılaştığı en önemli sorunlardan biridir (Wan ve Song, 2018).

2.7.3 Problem Çözme

Yapay zekada problem çözme, önceden tanımlanmış bir hedefe veya çözüme ulaşmak için bir dizi olası eylemde sistematik bir araştırma olarak tanımlanabilmektedir. Problem çözme yöntemleri özel amaçlı ve genel amaçlı olarak ikiye ayrılır. Özel amaçlı bir yöntem, belirli bir sorun için özel olarak hazırlanır ve genellikle sorunun gömülü olduğu durumun çok spesifik özelliklerinden yararlanır. Buna karşılık, genel amaçlı bir yöntem çok çeşitli problemlere uygulanabilir. Yapay zekada kullanılan genel amaçlı tekniklerden biri, mevcut durum ile nihai hedef arasındaki farkın adım adım veya kademeli olarak azaltılması olan araç-son analizidir. Yapay zeka programları ile birçok farklı problem çözülmüştür. Bazı örnekler, bir masa oyununda kazanan hamleyi (veya hamle dizisini) bulmak, matematiksel kanıtlar tasarlamak ve bilgisayar tarafından oluşturulan bir dünyada sanal nesneleri manipüle etmek olabilir.

2.7.4 Algılama

Algılama sürecinde çevre, gerçek veya yapay çeşitli duyu organları aracılığıyla taranır ve sahne, çeşitli ayrı nesnelere göre sınıflandırılır. Analiz edebilmek ise, bir nesnenin görüntülediği açıya, sahnedeki aydınlatmanın yönüne, yoğunluğuna ve nesnenin çevresindeki alanla ne kadar zıt olduğuna bağlı olarak farklı görünebilmesi nedeniyle karmaşıktır. Şu anda yapay algı, optik sensörlerin bireyleri tanımlamasını, otonom

araçların açık yolda orta hızda sürmesini ve robotların boş soda kutularını toplayarak binalarda dolaşmasını sağlamak için yeterince gelişmiş durumda. Algı ve eylemi bütünleştiren en eski sistemlerden biri, 1966-73 döneminde İskoçya'nın Edinburgh Üniversitesi'nde Donald Michie başkanlığında inşa edilen, hareketli bir televizyon gözü ve kısıkaç eli olan sabit bir robot olan FREDDY idi. FREDDY, çeşitli nesneleri tanıyabildi ve oyuncak araba gibi basit eserleri rastgele bir bileşen yığınının bir araya getirmesi istendi (Esen, 2019).

2.7.5 Dil Kullanma

Dil, uzlaşım yoluyla anlamı olan bir işaretler sistemidir. Bu anlamda, dilin konuşulan sözle sınırlı olması gerekmez. Örneğin trafik işaretleri mini bir dil oluşturur. Ülkemizde dikkat işareti olarak bilinen ünlem işaretinin bazı ülkelerde “önümüzdeki tehlike” anlamına gelmesi bir gelenek meselesidir. Dil birimlerinin uzlaşım yoluyla anlam taşınması dillere özgüdür ve dilsel anlamın doğal anlamdan çok farklı olması, "Bu bulutlar yağmur demektir" ve "Basınçtaki düşüş valfin arızalı olduğu anlamına gelir" gibi ifadelerde örneklenir. Üretken bir dil, sınırsız çeşitlilikte cümleler formüle edebilir. Son derece kısıtlı bağlamlarda, sorulara ve ifadelere insan dilinde akıcı bir şekilde yanıt verebilen bilgisayar programları yazmak nispeten kolaydır. Bu programların hiçbiri dili gerçekten anlamasa da, prensipte, bir dile hakimiyetlerinin normal bir insanınkinden ayırt edilemez olduğu bir noktaya ulaşabilirler (Öztemel, 2006).

2.8 Yapay Zeka Türleri

Yapay zeka teknolojisi gün geçtikçe daha fazla gelişmekte ve insanoğlunun yapmış olduğu çalışmalar içerisinde alternatif bir çözüm sunabilme potansiyeli ile beraber yerini almaktadır. Günlük hayatımızın birçok noktasında farklı uygulamalarıyla karşılaşmaktayız. Otomasyon sistemlerinin içeriğinde de yapay zeka çözümlerinden destek almakta ve bilgisayarların prosesler hakkındaki detaylı analizlerinden faydalanmaktadır. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan dört farklı yapay zeka türleri aşağıdaki gibidir (Öztemel, 2006) ;

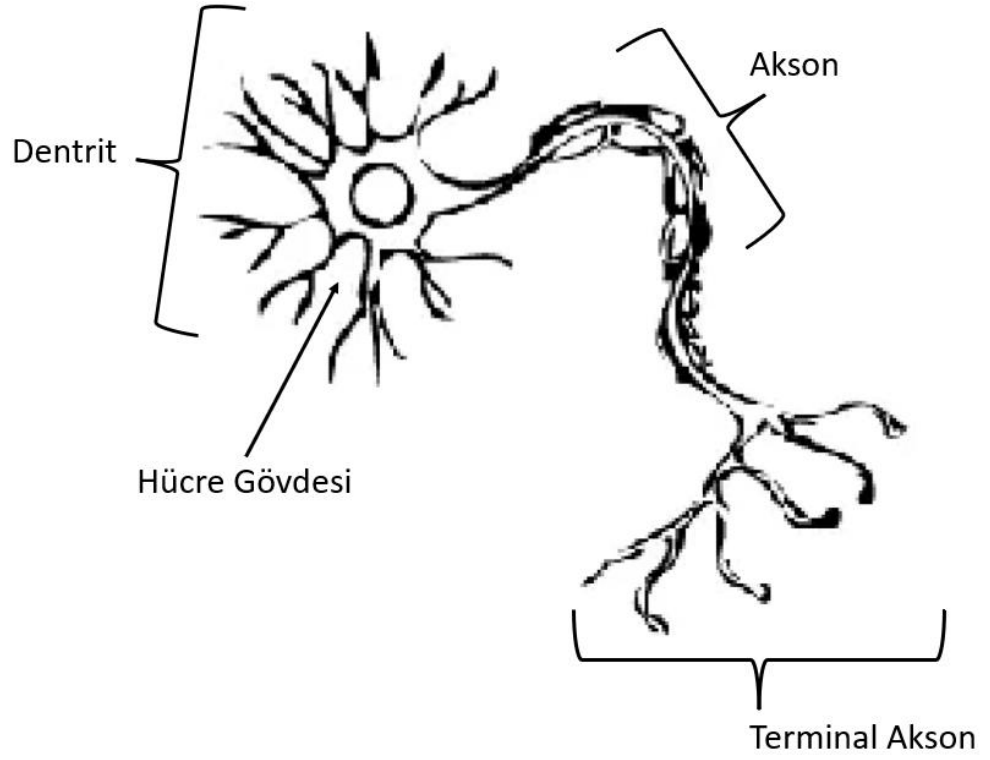
- Zeki Etmenler: Farklı yapay zeka tiplerini kullanabilen ve herhangi bir sisteme bağımlı olmaksızın çalışabilen sistemlerdir. Programlanabilme açısından esneklik sağlamaktadır.
- Genetik Algoritmalar: Geleneksel optimizasyon teknolojisi ile çözülmemiş problemlerin sonuçlandırılabilmesi adına geliştirilmiş sistemlerdir. Problem çözümlerinin çoklanabilmesi ve birleştirilmesi ile beraber alternatif daha iyi çözüm sunabilme mantığına dayanmaktadır.
- Uzman Sistemler: Problemlerin çözümlenmesi sistemi, örnek çözülmüş alternatif problemlerin sistematikleri temel alınarak hazırlanan sistemlerdir. Modelin eğitilmesinden daha çok ezberleme mantığına yakındır.
- Yapay Sinir Ağları: Sistemin eğitilmesi daha önceki örnekler ya da input parametrelerine dayanmaktadır. Girdi ve çıktı değerlerinin sisteme girilmesiyle beraber girdi parametrelerinin aralığında yapılacak olası değişikliklerde çıktı parametresi hakkında sonuç verme kabiliyetine sahip sistemlerdir. Modelin öğretilmesi ve eğitilmesi ne kadar çok örnek girişi sağlanırsa o kadar yakınsayan değerlerin çıktı olarak verilmesine bağlıdır.
- Bulanık Önermeler Mantığı: Literatürde fuzzy logic olarak da detaylı olarak bilinen ve yaygın bir sistemdir. Belirsiz girdi parametrelerinin işlenebilmesi ve kesin rakamlar ile tanımlanamayan problemler ve durumların sonuçlandırılması ve karar verilmesini kararlaştıran sistemlerdir.

Tez çalışması kapsamında termal analiz sonuçlarının girdi ve çıktı parametrelerine göre sistemin yapay zeka ile entegrasyonu yapay sinir ağları ile oluşturulmuştur.

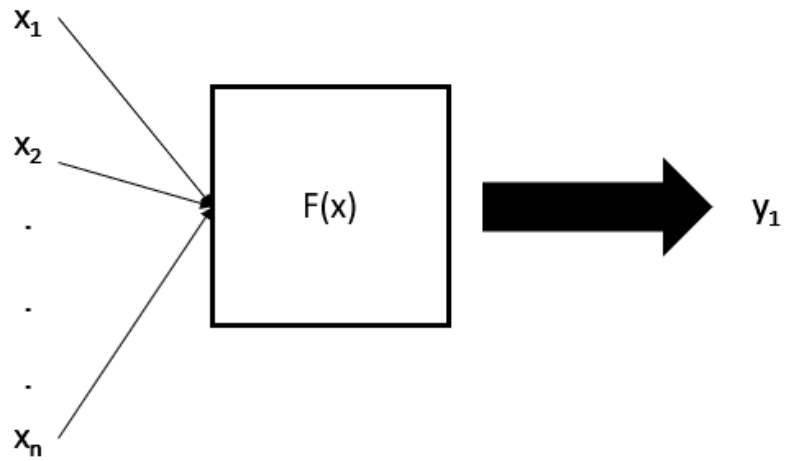
2.9 Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları, beynin öğrenme şeklini referans alır. Genelleme, hatırlama ve öğrenme gibi yollarla toparlanan bilgilerden yeni bilgi üretme gibi temel fonksiyonların gerçekleştirildiği yazılım türüdür. Yazılımın esinlenme kaynağı insan beynidir. Öğrenme prosesi matematiksel olarak modellenmiştir (Kabalcı, 2014).

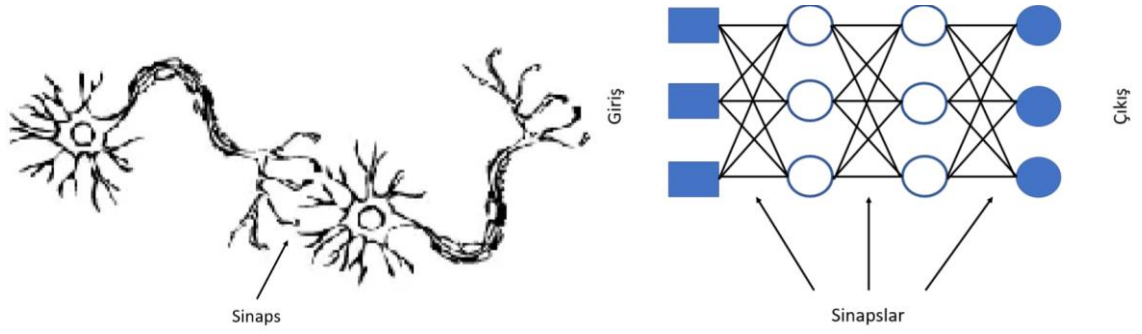
Yapay sinir ağı modeli ilk olarak 1943 yılında Warren McCulloch ve Walter Pitts tarafından ortaya atılmıştır. Yapay sinir ağları, biyolojik sinir ağlarını taklit eder.



Şekil 2.11. Sinir Hücresi Örneği (Şahin & Öztürk, 2018)



Şekil 2.12. Yapay Sinir Ağ Hücresi Örneği



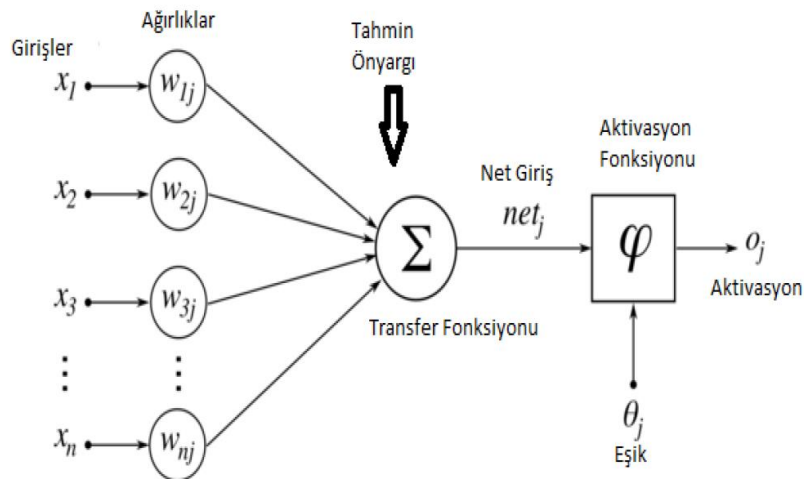
Şekil 2.13. Sinapslar Arası Geçiş Gösterimi (Matarollo ve diğerleri, 2013)

Biyolojik sinir hücresi, hücreler arası yapı ve yapay sinir ağı sistemlerinin benzetilmesi durumlarının görselleri Şekil 2.11, Şekil 2.12 ve Şekil 2.13'te detaylı gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Biyolojik ve Yapay Sinir Sistemleri Karşılıkları

Biyolojik Sinir Sistemi	Yapay Sinir Sistemi
Nöron	İşlemci Eleman
Dentrit	Toplama Fonksiyonu
Hücre Gövdesi	Transfer Fonksiyonu
Aksonlar	Yapay Nöron Çıkışı
Sinapslar	Ağırlıklar

Çizelge 2.1 kapsamında yapay sinir ağı modeli oluşturulurken biyolojik sinir sistemi elemanlarından hangilerinden esinlenildiği ile ilgili karşılaştırmalı gösterim bulunmaktadır.



Şekil 2.14. Yapay Sinir Ağı Modeli Fonksiyon Akışı Örneği (Şahin & Öztürk, 2018)

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu bölümde parça tasarımı, malzeme seçimi ve doğrulama ile ilgili yapılan tüm kontrol ve analizlerin detayları belirtilmiştir. Ön cam tasarımı sürecinde yaşanan problem stilden talep edilen cam yüzeyinin üretilebilirlik ve silecek sistemine uygunluğunun detaylı analizi yapılmadan onay verilmesidir. Çevre komponentlerin de uygun olmayan stile göre tasarlanması akabinde olası bir olumsuz geri bildirimde araç tasarımı ciddi bir şekilde değişmekte, yapılan analiz ve kontrollerin tekrarlanması gerekmektedir. Uygun stilin tasarlanması akabinde cam üzeri komponentlerin tasarım süreçleri takip edilmiş, kafa çarpma ve termal analizleri tamamlanmıştır.

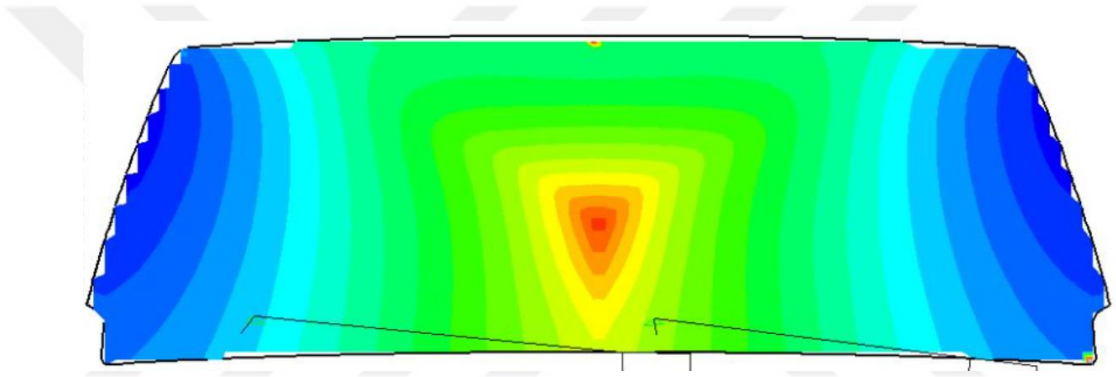
Bu problemin önüne geçmek için çalışma kapsamında takip edilen adımlar aşağıdaki gibidir;

- Adım 1: Cam üretilebilirlik kontrolleri
- Adım 2: Üretilebilirlik kontrollerine ek silecek sisteminin çalışabilmesi için gerekli cam bombeliği analizi yapılmıştır.
- Adım 3: Uygun stilin tasarlanması
- Adım 4: Tasarlanan 3 boyutlu cad model üzerinden kafa çarpma kontrolü
- Adım 5: HVAC sisteminin de entegrasyonu ile beraber ön cam buz çözme sisteminin termal analizi
- Adım 6: Termal analiz sonuçları yapay sinir ağ modellerinin kullanımıyla eğitilmiş ve böylece girdi parametrelerinin değişmesi durumunda potansiyel sonuçlar hakkında tahminler ve değerlendirmeler yapılmıştır.

3.1 Tasarım ve Malzeme Çalışmaları

Ön cam tasarımı Catia programı kullanılarak yapılmıştır. Araç stil yüzeyleri tasarımın temel girdisidir. Stil yüzeyleri için, üretilebilir ve ısıtma sistemi uygulanabilir bir PVB yapısına uygun olması tasarım sürecindeki en önemli etmenlerden biridir.

Şekil 3.1’de cam kenar bombesi kontrolü açısından olumsuz bir tarama sonucu gösterilmiştir. Bu cam, üretilebilirlik konusuna ek olarak silecek sisteminin çalışabilmesi açısından da olumsuzdur. Kenar hattı radius değerleri silecek sisteminin çalışması için çok düşüktür.



Şekil 3.1. Cam Kenar Bölgesi Kontrolü

Ön camlar için genellikle tercih edilen yöntem yüzdürme adı verilen, camın kendi ağırlığı ile beraber şekil alması yöntemidir. Bu tasarım için de düşünülen yöntem yüzdürme cam üretimidir. Bunun nedeni ıskarta maliyetlerinin nispeten düşük oluşu ve yüksek bombelik değerlerine uygun cam üretiminin bu yöntemle sağlanabilmesidir.

Cam stili tasarım süreçlerinde camdan bağımsız olarak diğer göz önünde bulundurulması gereken etmen, silecek sistemi tasarımıdır. Cam yıkama sistemlerinin en önemli komponenti olan sileceklerin tasarlanabilmesi için bombelik değeri cam tarafından gelen dış stil yüzeyine bağlıdır. Sadece ön cam değil, arka cam sileceklerinde de tasarım girdisi olarak bu not çok önemlidir. Camın stilinin düz olması cam üretilebilirliği açısından büyük bir avantaj iken, camın silinebilmesi için dezavantajlı bir durumdur. Cam bombesinin yüksek olmasının hem cam üretilebilirliğine hem de silme performansına

negatif etkisi vardır. Bu sebeple cam bombeliliğini ayarlarken silecek sisteminin çalışma performansı ve üretilebilirlik etmenleri senkron olarak düşünülmelidir.

Cam hammadde içeriği olarak ise otomotiv sektöründe klasik açık cam içeriği seçilmiştir. Hammadde içeriği olarak yüksek oranda kum ve dolomit içeriğine ek olarak soda, kalker, dolomit ve felspat bileşenleri girdi olarak temsil edilmektedir.

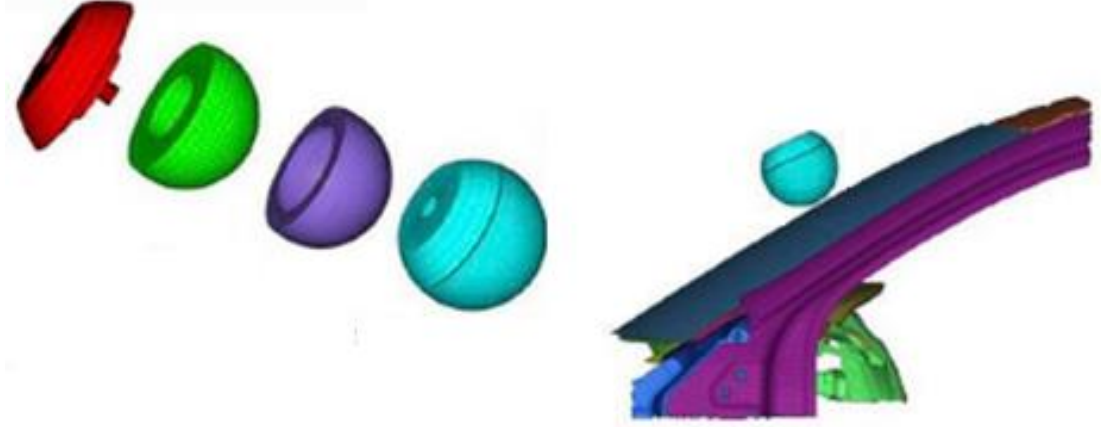
Cam malzemesi için analiz içeriğinde kullanılacak olan değerler aşağıdaki tablodaki gibidir. Bu analiz için yukarıdaki tabloda yer alan yüzdelerde bileşenlerin kullanıldığı öngörülmüştür. Ancak, farklı otomobil üreticilerinde ya da farklı cam üreticilerinin talepleri doğrultusunda bu oranlar değişiklik gösterebilir. Otomotiv sektörü dışında, camların kullanıldığı koşullara göre de istenilen seviyede alt bileşen katkısıyla beraber cam üretimi gerçekleştirilebilir.

Çizelge 3.2. Cama Ait Katsayılar (Li ve diğerleri, 2019)

Özgül ağırlık ρ (kg/m ³)	Young modülü E (GPa)	Akma mukavemeti σ (MPa)	Tanjant modülü E (GPa)	Poisson oranı λ	Kırılma Şekil Değiştirmesi ϵ
2500	75.3	400	50	0.24	0.00068

Lamine camın hammadde içeriğine göre yapılacak olan analiz kapsamında kullanılacak katsayılar Çizelge 3.2 içerisinde belirtilmiştir. Li ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada da aynı katsayılar üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca camlara ek olarak PVB tabakası ve PVB tabakasına entegre olarak ısıtıcı kaplama camın diğer alt bileşenleridir. PVB katmanı, tasarım sürecine etki etmese de aracın akustik ve güvenlik beklentileri nedeniyle akustik özellikte seçilmiştir.

3.2 Kafa Çarpma Analizi



Şekil 3.2. Yaya Kafa Çarpması Alt Bileşenleri (Li ve diğerleri, 2019)

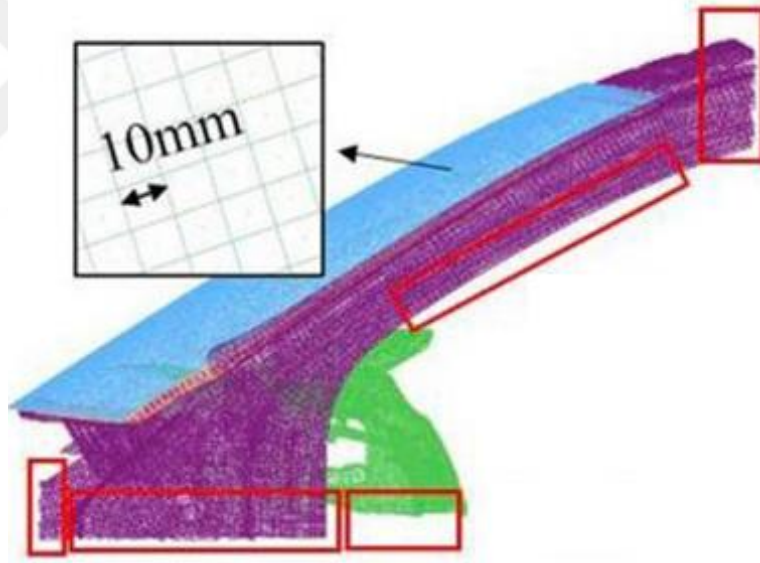
Çarpışmaya dayanıklılık sayısal simülasyonunda kullanılan kafa şekli modeli, EEVC standardına göre oluşturulmuştur ve taban plakası, küre, dış yüzey ve dış yüzey boş kabuğundan oluşur. (bkz Şekil 3.2) Kafa çarpmayı simüle etmesi adına 4,5 Kg'lık bir kütle seçilmiştir.



Şekil 3.3. Analiz İçin Diğer Alt Bileşenler (Li ve diğerleri, 2019)

Ön cam, araç gövdesi ile monte durumda tasarlanmalıdır. Şekil 3.3’de de görüldüğü gibi araç gövdesi ve iç konsol cad datasına analiz için gereksinim vardır. Tasarım sırasında ön camın araç gövdesi üzerindeki referanslanma mantığı kafa çarpma testleri için göz ardı edilebilir. Cam ile gövde arasındaki montaj işlemi sırasında macun, cam ve araç gövdesi arasındaki bağlantıyı sağlamaktadır.

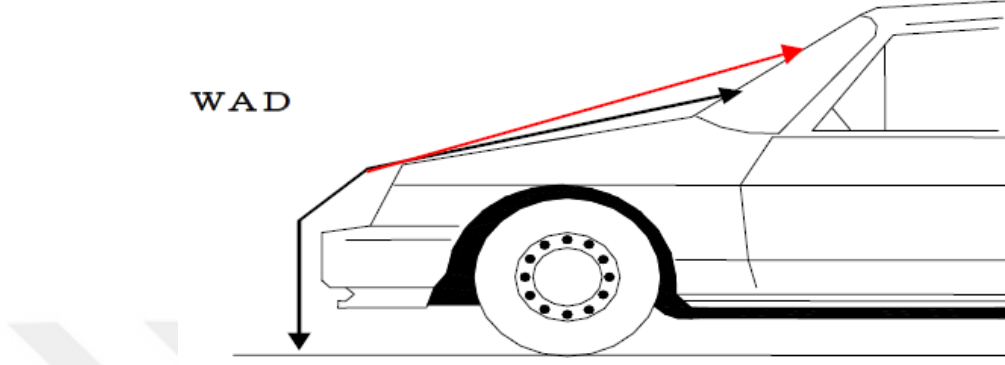
Bazı otomotiv üreticileri cam ile gövde arasında referanslama işlemini cam üzerindeki perno ile sağlamaktadır. Özellikle manuel montaj işlemi için perno kullanımı en yaygın çözümdür. Otomasyon yardımıyla montaj edilen ön camlar için de perno kullanılabilir. Ancak referans olarak araç gövdesi keskin kenar hatlarını kullanan robotlar için perno kullanımı zorunluluk değildir. Sonuç olarak montaj şeklinden bağımsız, camın araç gövdesi üzerindeki lokasyonu analiz için en önemli girdilerden biridir.



Şekil 3.4. Ön Cam Yüzeyinde Mesh Yapısı (Li ve diğerleri, 2019)

Araç gövde modelinde, ön cam modeli (üç katmanlı temperli camlardan ve PVB’den oluşan lamine ön cam) 10×10 mm ağ boyutuna sahip dörtgen (quad) elemanlardan oluşturulmuştur. Şekil 3.4’te ön cam yüzey mesh yapısı ile ilgili bir örnek belirtilmiştir. Ön cam mesh modeli LS-Dyna kullanılarak yetişkin kafa formuna göre simülasyon yapılma amacıyla kurulmuştur.

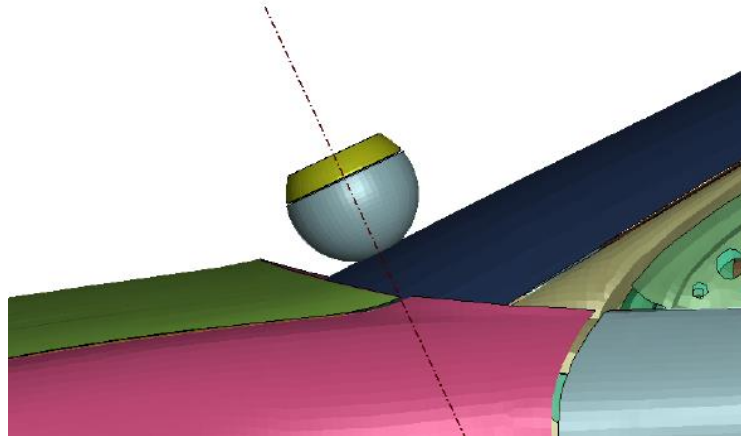
Modelde; 1700 mm'den 2100 mm'ye kadar olan WAD (Wrap Around Distance – Sarma Mesafesi) mesafesi belirlenmiştir. Şekil 3.5'de WAD mesafesinin araç üzerine durumu gösterilmiştir.



Şekil 3.5. WAD araç üzeri durum (Yaya Kafa Çarpma Test Prosedürü, 2019)

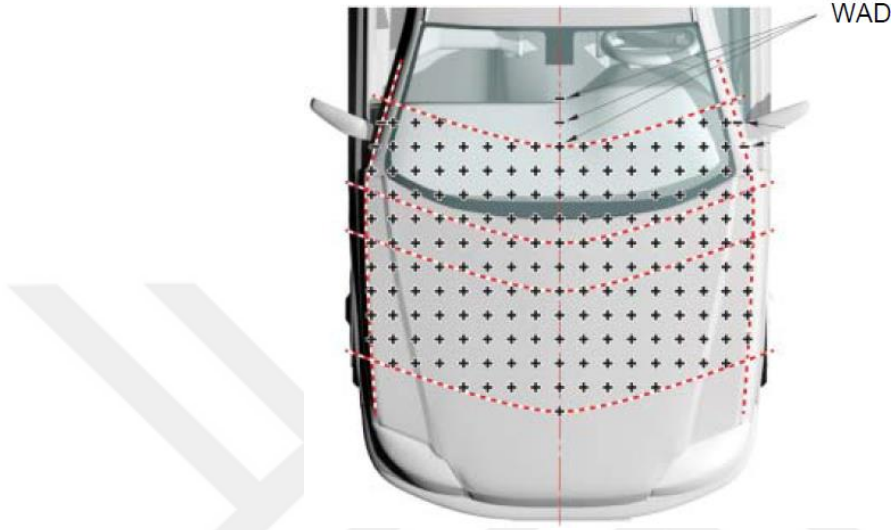
Sarma mesafesi (WAD) kısaca tamponun ön yüzünün altından dikey olarak indiğinizde yer referans düzlemi ile temas noktasından başlayan ve araç ön yapısındaki herhangi bir noktaya geometrik olarak izlenen mesafedir. WAD1000, WAD1700 ve WAD2100 gibi mesafeler bazı standartlarca benimsenmiş olup 1000, 1700 ve 2100 mm gibi uzunluklardaki sarma mesafesi anlamına gelmektedir.

Euro NCAP yaya test protokolüne göre Headform, Şekil 3.6'daki gösterildiği gibi araca 65°'lik bir açıyla çarpmalıdır.



Şekil 3.6. Kafa Çarpma Açısı (Marzbanrad, Daebea, 2019)

Kafa çarpma testleri için çarpma hızı 40 Km/h'dir. Yerçekimi etkisi de dikkate alınarak ve standart olarak bu değer literatürde geçmektedir. Yapılan analizlerde bu bilgi baz alınarak kontroller tamamlanmıştır. Kafa modeliyle cam arasındaki sürtünme katsayısı olarak 0.3 alınmıştır.



Şekil 3.7. Grid Yapısı Tanımı (Pedestrian Head Protection Test Procedure, 2019)

Araç modeli üzerine Euro NCAP yönetmelikleri referans alınarak kafa çarpma noktaları işaretlenmiştir. Standart grid noktalarının belirlenmesiyle ilgili örnek Şekil 3.7'deki gibi belirtilmiştir. Literatürde Grid noktaları olarak geçen bu tanım kısaca aracın merkez hattı üzerinde yanal ya da ön arka yönde bulunan, WAD1000'den 100 mm'de bir aralıklarla belirlenen çizgilerin kesişim noktalarıdır.

3.2.1 Kafa Yaralanması Kriteri

Kafa yaralanması kriterleri (HIC) kafa yaralanmalarının ciddiyetini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Versace tarafından 1971 yılında önerilmiş ve 1972 yılında Ulusal Karayolu Trafik Güvenliği İdaresi tarafından tanımlanmıştır. HIC aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Marzbanrad ve Daebea, 2019):

$$HIC = \max \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a dt \right]^{2.5} (t_2 - t_1)$$

a, yükün ivmesidir ve t1 ve t2, sırasıyla çarpmanın başlangıç zamanını ve bitiş zamanını gösteren, çarpma işlemi sırasında iki andır. Milisaniye cinsinden ifade edilmektedir.

3.2.2 Şiddet İndeksi

Şiddet indeksi (SI)'de tıpkı kafa yaralanmalarının ciddiyetini ve seviyesini belirlemek adına HIC gibi bir formülizasyona sahiptir. Literatürde HIC gibi SI üzerinden de dağılım yapmak ve önem sırası belirlemek mümkündür (Marzbanrad ve Daebea, 2019):

$$SI = \int_0^T a^{2.5} dt = c$$

HIC formülizasyonunda da olduğu gibi a, yükün ivmesidir ve t1 ve t2, sırasıyla çarpmanın başlangıç zamanını ve bitiş zamanını gösteren anlardır.

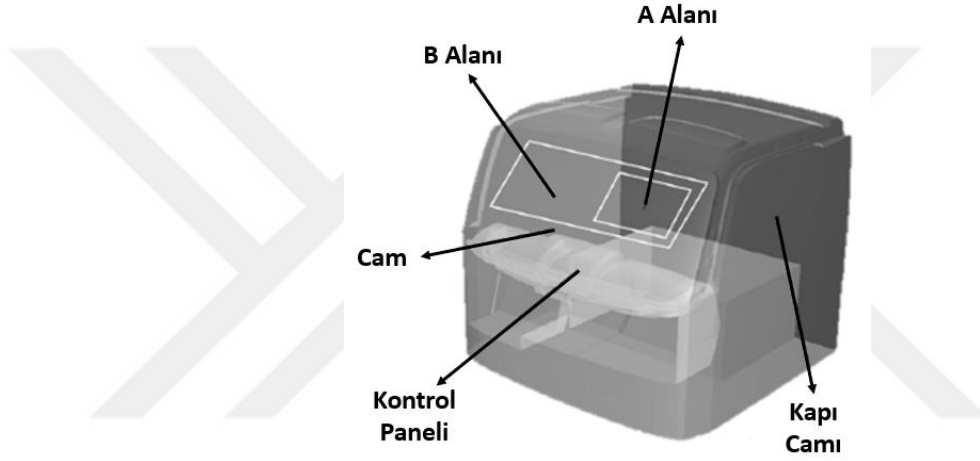
Kafa çarpma analizlerinde ön cama belirli hızlarda darbe kontrolleri yapılmıştır ve HIC değerleri karşılaştırılmıştır. Çizelge 3.3'te belirtildiği gibi performans kriteri sonuçlarının renk dağılımı gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Performans Kriterinin Gösterimi (Marzbanrad, Daebea, 2019)

HIC Alt Limit	HIC Üst Limit	Performans Kriteri
-	650	Yeşil
650	1000	Sarı
1000	1350	Turuncu
1350	1700	Kahverengi
1700	-	Kırmızı

3.3 Termal Analiz Detayları

Ön cam tasarımı, ısıtma sistemi entegrasyonu sağlanmış PVB ara katmanından oluşmaktadır. PVB'nin elektrik bağlantıları topraklama şeridi (grounding strip) ve konnektör (heating connectors wire&power&earth) bileşenleriyle sağlanmaktadır. Analiz içeriği öncesinde buz etkisindeki A ve B alanları aşağıdaki görseldeki gibi tanımlanmıştır. A alanı sürücü alanındaki buz, B alanı ön camdaki toplam buzı temsil etmektedir. A ve B alanlarının kolay anlaşılabilir olması ve diğer alt bileşenler için Şekil 3.8'de termal analiz için kabin örneği görseli belirtilmiştir.



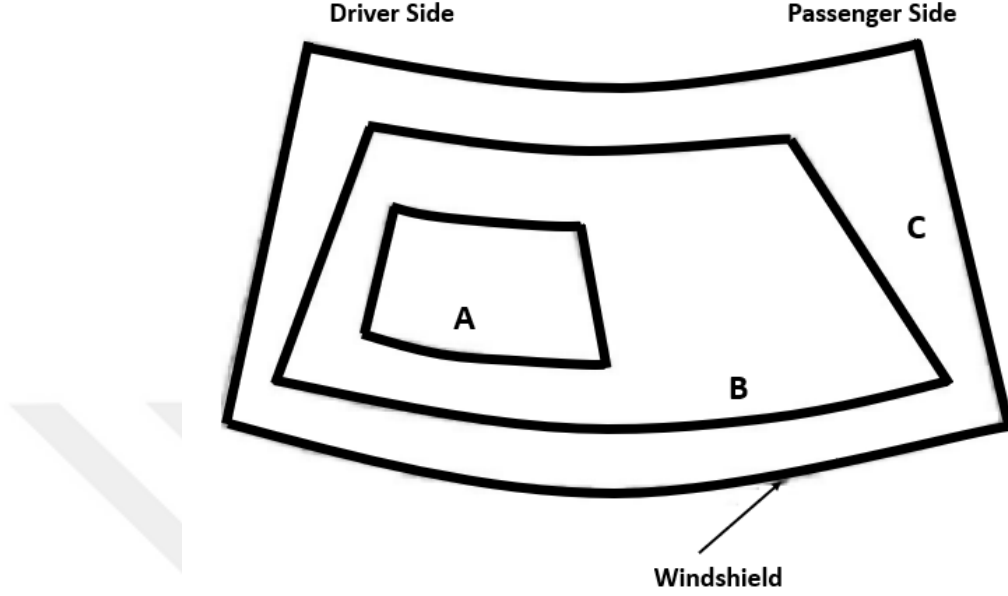
Şekil 3.8. Termal Analiz için Bir Kabin Örneği (He ve diğerleri, 2021)

Analizde kullanılan kabin içi hava, buz ve cam için malzeme özellikleri Çizelge 3.4'deki gibidir.

Çizelge 3.4. Termal Analiz İçin Katsayılar (Ono ve diğerleri, 2019)

	HAVA	BUZ	CAM
Yoğunluk (kg/m ³)	1,225	920	2400
Cp (j/kg-k)	1006,43	2040	750
Isıl iletkenlik (w/m-k)	0,0242	1,88	0,93
Viskozite (kg/m-s)	1.79E-01	0,00553	-
Saf çözücü erime ısısı (j/kg)	0	334960	-
Katılma sıcaklığı (K)	0	271	-
Erime sıcaklığı (K)	0	273	-

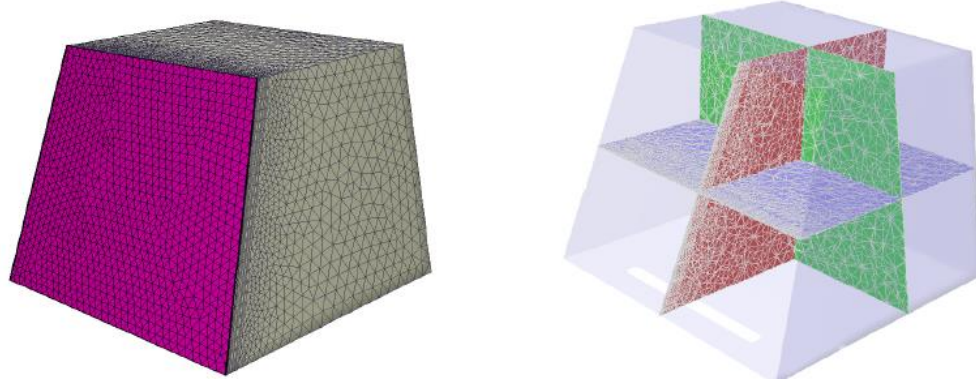
Simülasyon detayları 78/317/EEC numaralı regülasyona göre yapılmıştır. Regülasyonda yer alan A, B ve C alanları Şekil 3.9'daki gibidir.



Şekil 3.9. Cam Üzeri Regülatif Alanların Tanımlanması (SAE Standart J902)

78/317/EEC numaralı regülasyona göre sürücü tarafındaki bölge A, sürücü bölgesinde haricinde kalan tüm bölge B (ya da C) bölgesi olarak adlandırılır. C bölgesi tanımlaması Amerikan standartı tanımlamasında devreye girmektedir. Çalışma kapsamındaki aracın satış yapılacağı pazarlar göz önünde bulundurulduğunda tabi olduğu regülasyon 78/317/EEC'dir. Defroster sistemi devreye girdikten 20 dakika sonrasında A bölgesi içerisindeki buzun %80'i çözünmüş olmalıdır. 25. dakikada A bölgesi haricindeki kalan bölgelerin %80'i çözünmüş olmalıdır. 40 dakika sonundaysa B bölgesinin buzdan arındırılma oranı %95 olmalıdır (SAE standard J902).

HVAC etkisi ile entegre termal analiz Ansys Fluent programında yapılmıştır. Camın donma durumunda buz tabakası ve ön cam prizma hücreleri iç içe geçmiştir. Şekil 3.10'da termal analiz için mesh örneği gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Termal Analiz İçin Mesh Örneği (Jain & Mandoloi, 2021)

Hava, HVAC sistemi çıkışından cama temas ederken ön cama entegre şekilde modellenmiştir. Mesh yapısı ön cam bölgesinde daha kompleks bir yapıda oluşturulmuştur. Bunun sebebi ön camdaki hava akışı ve buz çözme sonuçlarını daha detaylı inceleyebilmektir. Kalan bölge tek tip boyutlu tetrahedral hücrelerin kullanımıyla mesh yapısı uygulanmıştır.

Analiz süresince cam üzerindeki buz kalınlığı 0.4 mm ve ortam sıcaklığı -20 kabul edilmiştir. Termal analiz ekibinden alınan bilgilere göre cam yüzeyine etkilecek hava sıcaklığı 20 derecedir. Hacimsel akış debisi değeri merkez defroster ile sağ sol defroster arasında farklıdır. Buğu çözücü sistem ihmal edilmiştir.

3.4 Yapay Sinir Ağ Modelinin Oluşturulması

Model oluşturması süreci ilk olarak buz kalınlığı ve buzun çözünme süresindeki bağlantıyı ortaya koymak amacıyla başlamıştır. Her bir değerin değişikliği durumunda tekrar analiz yapmak süre ve mali olarak ciddi gereksinimlere sahiptir. Bu nedenle yapılması planlanan ya da gereken diğer analizler için tekrarlama yapmamak yerine yapay sinir ağları kullanılmıştır. Yapay sinir ağları Python programlama dili kullanılarak hazırlanmıştır. Kurulan bu model, buz kalınlığı ve buzun çözünme süresi arasındaki ilişkiyi öğrenip bu sonuçları istenilen sınırlar arasında geliştirmiştir.

3.4.1 Buz Kalınlığı ve Çözünme Süresi Modeli

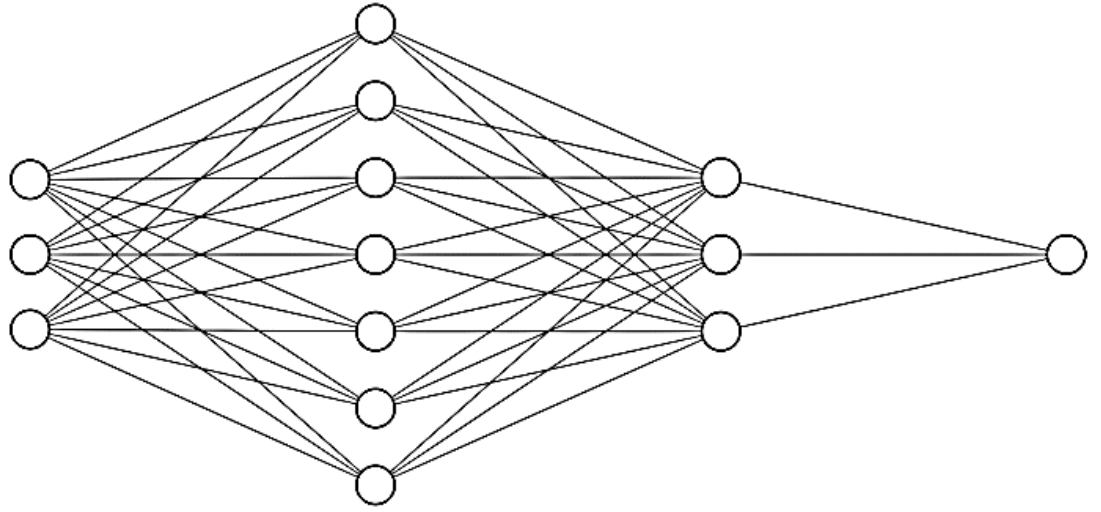
Sadece buz kalınlığı ve buzun çözünme süresi arasındaki ilişki ile model sınırlandırılmamıştır. Menfezden gelen havanın debisi ve sıcaklığının değişikliği durumunda buz çözünme sürecindeki değişikliği gözlemlenecektir. Korelasyon analizi yapılacaktır. Regresyon ve korelasyon analizlerinin yapılması sonucunda detaylı değerlendirmeler bulgular ve tartışma bölümüne eklenmiştir.

Bu hedef doğrultusunda tam bağlantılı ağ tipi kullanılmıştır. İlk aşamada buz kalınlığı ve buzun çözünme süreci girdisi incelenmiştir. Tek bir girdi olmasına rağmen, yapay sinir ağı modeli girdi katmanı olarak 3 adet girdi kabul etmiştir. Bunun nedeni, girdi şartları arasında doğrusal bir ilişkinin olmamasıdır.

Eğer buz kalınlığı değişkenini x olarak adlandıırırsak, girdilerimiz sırasıyla x, x^2, x^3 dür. İkinci katmanda 7 nöron, üçüncü katmanda 3 nöron kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre ikinci ve üçüncü katmandaki nöron sayılarında değişiklik yapılabilir. Bu durum tamamen analiz sonuçları ve yapay zeka çıktısı arasındaki sonuçların değerlendirilmesine bağlıdır.

Çıktı katmanında ise çözünme süresini temsil eden tek bir nöron kullanılmıştır. Farklı denemelere göre nöron sayısının değişimi ve kabulü senaryoları da modeli hazırlarken göz önünde bulundurulmuştur.

Veriler, yapay sinir ağına beslenmeden önce ön işlemden geçirilmiştir. Bu proses sürecinde sayısal veriler normalize edilmiştir. Amaç, ağın daha kararlı bir şekilde eğitilebilmesidir.



Input Layer $\in \mathbb{R}^3$ Hidden Layer $\in \mathbb{R}^7$ Hidden Layer $\in \mathbb{R}^3$ Output Layer $\in \mathbb{R}^1$
Şekil 3.11. Kullanılan Yapay Sinirsel Ağ Modeli

Tüm katmanlarda doğrusal aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Yapay sinirsel ağ modeli oluşumu Python dilinde Tensorflow, Keras ve Numpy gibi kütüphanelerden faydalanarak hazırlanmıştır (Anonim, 2022).

Üstte de belirtildiği gibi modelin çıktı değerlerine göre değerlendirmeler yapılmış ve bu değerler için en uygun ikinci ve üçüncü katman nöron sayıları 7 ve 3'tür. Literatürde yer alan diğer uygulamalarda da benzer şekilde deneme sonrasında ortaya çıkan sonuçların değerlendirilmesine göre doğru modelin karar verilmesi gerçekleştirilmiştir.

Özellikle regresyon analizi sonuçlarına göre termal analiz sonuçlarından bir miktar sapma olması gereksinimi yapay sinir ağ modelleri için genel bir kabuldür. Literatürde loss değeri olarak da belirtilen bu değer 0'a yakınsaması ancak eşit olmaması beklenmektedir. 0'a eşit olması durumunda kurulan model yapay sinirsel ağ modeli mantığına hizmet etmemekte, ortaya çıkan model sonuçları ezberlemiş olarak kabul etmektedir.

Buz kalınlığı ve çözünme süresi modeline ek olarak yeni bir sistem daha geliştirilmiştir. Menfez geometrilerinden çıkan hava sıcaklığı ve debi değerlerine göre termal analizler tekrarlanmış ve 10 farklı ölçüm sonuçlarına göre yapay sinirsel ağ modeli oluşturulmuştur.

Şekil 3.11’de de belirtildiği gibi modelin çıktı değerlerine göre değerlendirmeler yapılmış ve bu değerler için en uygun ikinci ve üçüncü katman nöron sayıları 7 ve 3’tür. Input değeri hazırlanan diğer modelden farklı olarak 3 adettir. Bunlar buz kalınlığı, kenar ve orta menfezden çıkan havanın debi değeridir. Çıkan sonuçlara göre regresyon analizi input sayısı 3 adet olduğu için 2 boyutlu bir grafikte gösterimi mümkün değildir.

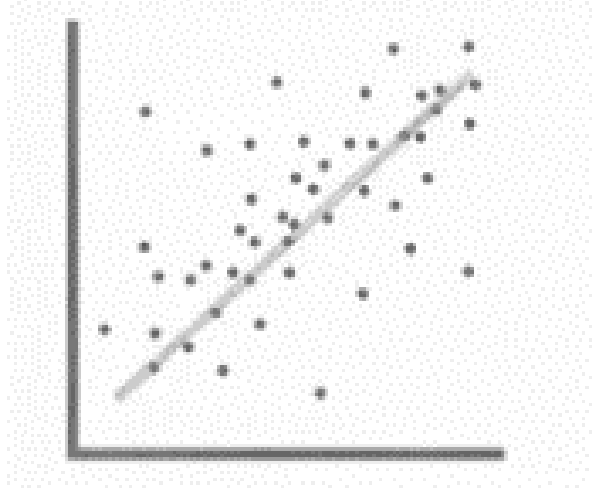
Sistemin ve hazırlanan yapay sinirsel ağ modelinin doğru eğitilip eğitilmediği, loss değeri, mevcut analiz sonuçlarına göre çıktıların farklarını belirlemek için korelasyon matrisi kullanılacaktır. Literatürde yer alan araştırmalara göre input datasının tek boyuttan ya da tek farklı değişkenden oluşmama durumunda, iki boyutlu grafik yerine üç boyutlu ya da farklı gösterim şekillerinin de var olduğu gözlemlenmiştir (Kim ve diğerleri, 2017). Bu çalışma kapsamında korelasyon matrisinin kullanımıyla hem korelasyon yüzdesinin belirlenmesi hem de debi değişikliği ile hazırlanan modelin çıktılarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

3.4.2 Korelasyon Matrisi

Korelasyon matrisinin kullanım amacı, veri kümesindeki değişkenlerin standart değere göre sapma değerlerinin aynı tablo içerisinde gösterilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Değişkenlere yani input değerlerine bakıldığında pozitif korelasyon, negatif korelasyon ve sıfır korelasyon olmak üzere üç farklı dağılım mevcuttur.

3.4.2.1 Pozitif Korelasyon

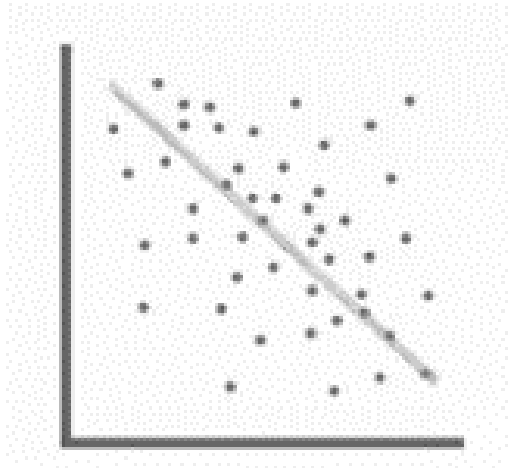
Bir veri kümesindeki iki değişken birlikte arttığında ya da azaldığında bu durum pozitif korelasyon olarak adlandırılır. Pozitif korelasyon 1 ile gösterilir. Örneğin, bir araçtaki silindir sayısı ile bir aracın gücü arasında pozitif bir ilişki vardır. Silindir sayısı artarsa, güç de artar. Silindir sayısı azalırsa aracın gücü de azalır. Şekil 3.12’de pozitif korelasyonu gösteren grafik görseli belirtilmiştir.



Şekil 3.12. Pozitif Korelasyon Grafiği

3.4.2.2 Negatif Korelasyon

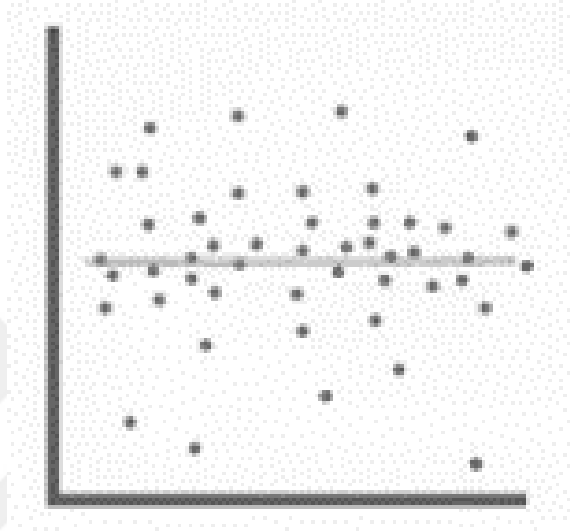
Bir değişken arttığında aynı anda diğer değişken azalırsa ya da tam tersi bir durum ortaya koyulursa bu duruma negatif korelasyon denir. Örneğin, bir araçtaki silindir sayısı ile bir aracın kilometresi arasında negatif bir ilişki vardır. Silindir sayısı artarsa, kilometre azalacaktır. Silindir sayısı azalırsa, kilometre artacaktır. Şekil 3.13’de negatif korelasyon grafiği örneği gösterilmektedir.



Şekil 3.13. Negatif Korelasyon Grafiği

3.4.2.3 Sıfır Korelasyon

Değişkenler birbiriyle ilişkili değilse, sıfır korelasyon olarak bilinir. Sıfır korelasyon 0 ile gösterilir. Örneğin, aracın rengi kilometreye sıfır etki yapar. Bu, renk ve kilometrenin birbiriyle ilişkili olmadığı anlamına gelir. Şekil 3.14’da sıfır korelasyon grafiği örneği gösterilmektedir.



Şekil 3.14. Sıfır Korelasyon Grafiği Örneği

Korelasyon matrisinin sonuçlarına göre değişkenler arasındaki ilişki daha açık bir şekilde ortaya konarak sonuç sütunundan da modelin eğitilmesi sonucunda ortaya çıkan değerlerin karşılaştırması yapılacaktır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Kafa Çarpma Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bu çalışma kapsamında, kafa çarpma analizlerine göre cam üzerindeki bölgeler çarpma şiddetine göre değerlendirilmiştir.



Şekil 4.1. Kafa Çarpma Analizi Raporu

Camın orta bölümünde HIC değerlerinin düşük seviyede görülmesi cam yapısının ve tasarımının uygun olduğunu göstermektedir. Olası bir risk durumunda atak edilecek olan noktalar ilk olarak kalınlık değerlerinin ve cam hammadde içeriğinin kontrolü olacaktır. Yapılan kontroller sonucunda böyle bir gereksinim kalmamıştır.

Bu çalışmada belirtilen HIC dağılımlarına göre yapılan analizin sonucunda cam üzerindeki dağılım çok daha iyi seviyededir. Ayrıca, üretilen araçların nispeten eski olduğu da atlanmamalıdır (Mizuno & Yonezawa, 2001)

Santillana ve diğerlerinin yaptığı çalışma içerisinde yer alan Seat Leon aracının analiz sonuçlarına göre ise cam bölgesinde HIC değerleri, tasarlanan camın değerleri ile paralel seviyededir.

Her bir aracın hedef Euro NCAP değerlendirilme değeri vardır. Bu durum, otomotiv üreticisinin pazar içerisinde kendisini pozisyonladığı yer, marka algısı ve müşteri hedefleriyle ilgilidir. Yapılan ön cam kafa çarpma kontrollerinde olası görülebilecek yüksek değerler camın üretilebilirliği ya da cam yüzeyinin teknik fizibilitesinden ziyade marka algısını etkileyen bir noktadır.

4.2 Kafa Çarpma Etkisini Azaltıcı Kullanılabilecek Sistemler

4.2.1 Cama Entegre Hava Yastığı Çözümü

Araç gövdesi sertliğinin, analiz sonuçlarından da görülebileceği gibi cama göre çok daha katı bir yapıdadır. U şeklinde bir ön cam hava yastığı çözümü olası bir ekstra negatif değeri azaltmak adına kullanılabilir. Şekil 4.2’de hava yastığı çözümüne bir örnek görsel belirtilmiştir.



Şekil 4.2. Hava Yastığı Çözümü Görseli (Kuehn ve diğerleri, 2005)

Ön cam çerçevesinin alt bölgesi ile motor kaputu arasında boşluğu dolduran hava yastığı çözümü enerji emilimi için oldukça etkili bir çözümdür. 2012 yılında Volvo tarafından

tasarlanmıştır. Bu sistem her ne kadar oldukça yenilikçi ve güvenilir gibi dursa da sistemin devreye giriş sürecinde yaşanabilecek bir problem sürücü görüşünü ciddi şekilde olumsuz etkileme ihtimali de vardır (Kuehn ve diğerleri, 2015).

4.2.2 Araç Görünürlüğünün İyileştirilmesi

Araçların yayalara karşı görünürlüğünün iyileştirilmesi gündüz farı (DRL) kullanımı ile sağlanabilir. Fakat bu özellik özellikle güneş ışığından yüksek oranda etkilenen ortam koşulları için faydalı değildir. Gündüz farlarının kullanılma amacı genellikle estetik sebeplerdendir. Gündüz farı haricinde sesli sinyaller ya da etkiler de görünürlüğün iyileştirilmesi için kullanılabilmektedir. Elektrikli araçlardaki gürültü seviyesi, içten yanmalı motorlu araçlara göre çok daha düşük olduğu için elektrikli araçlarda ses seviyesini arttıracak sinyaller kullanılabilmektedir. Cam tasarımını yaptığımız araç için böyle bir kullanımın gereksinimi konusunda ekstra bir bildirim iletilmemiştir.

4.2.3 Geliştirilmiş Gece Görüşü Sistemleri

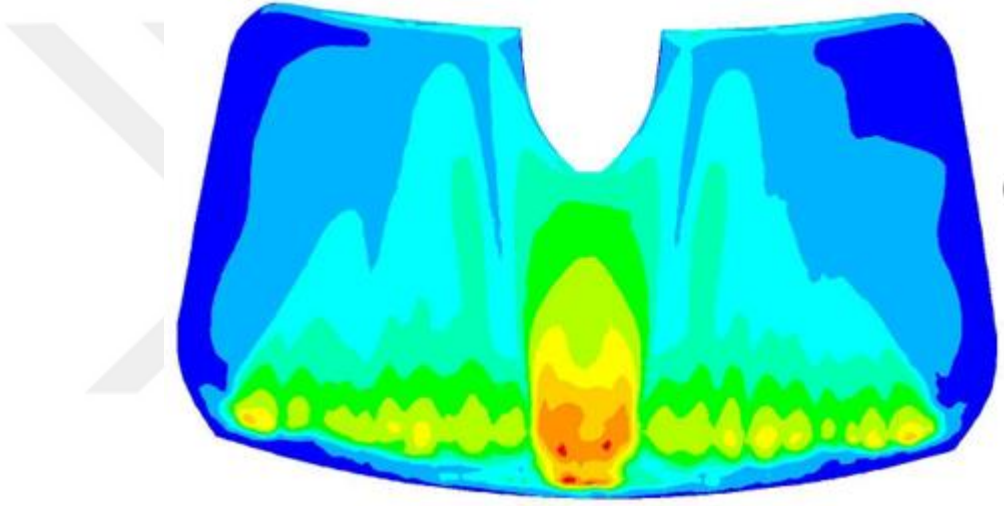
Yakın kızılötesi sensörler (NIR) ve uzak kızılötesi sensörler (FIR), gece seyahati süresince nesnelerin tespit edilebilmesi için kullanılabilecek seçeneklerdendir. FIR sensörler NIR sensörlere göre gece sürüşü sırasında nesnelerin tespit edilebilmesinde daha avantajlıdır (Gazis ve diğerleri, 2018).

4.2.4 Yaya Sensörleri

Yaya algılanması amacıyla kullanılan sensörlerin kullanımı ve teknolojik geliştirme çalışmaları devam etmekle beraber otomotiv sektöründe kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Çalışma ortam koşullarını en üst düzeye çıkarılması için radar ve stereo sistemlerle entegre çeşitli sensörler kullanılmaktadır. Kızılötesi sensörlerin hassasiyeti yüksek olduğu için özellikle yansıyan güneş ışığı etkisinde yüksek performans sonucu vermektedir. PMD ve LIDAR sistemleri de yaya ile ilgili uyarı oluşturulabilmesi amacıyla araç güvenlik sistemleri içerisinde kullanılmaktadır (Gazis ve diğerleri, 2018).

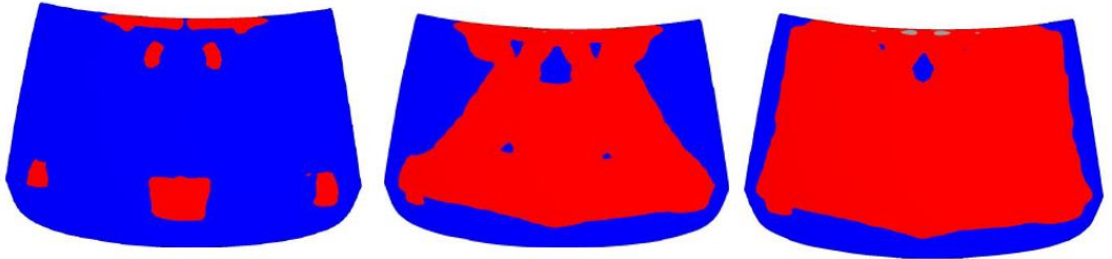
Yapılan analizlerin sonucunda özellikle cam özelinde ekstra bir güvenlik sistemi kullanılmasına gerek olmadığı ortaya çıkmıştır. Yaya güvenliğinin sadece cam ile sınırlı olmadığını da göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Tampon ve motor kaputu davranışları ile entegre olarak düşünülmeli ve bu komponentlerden gelen sonuçların neticesinde güvenlik sistemi tasarlanan araca entegre edilebilir. Güvenlik sisteminin entegre olmasıyla beraber aracın NCAP değerlendirme sonucu da pozitif olarak etkilenmektedir.

4.3 Termal Analiz Sonuçlarının Yorumlanması



Şekil 4.3. Isı Transfer Katsayıları Dağılımı Görseli

Hesaplanan ısı transfer katsayılarının cam üzerindeki dağılımı Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



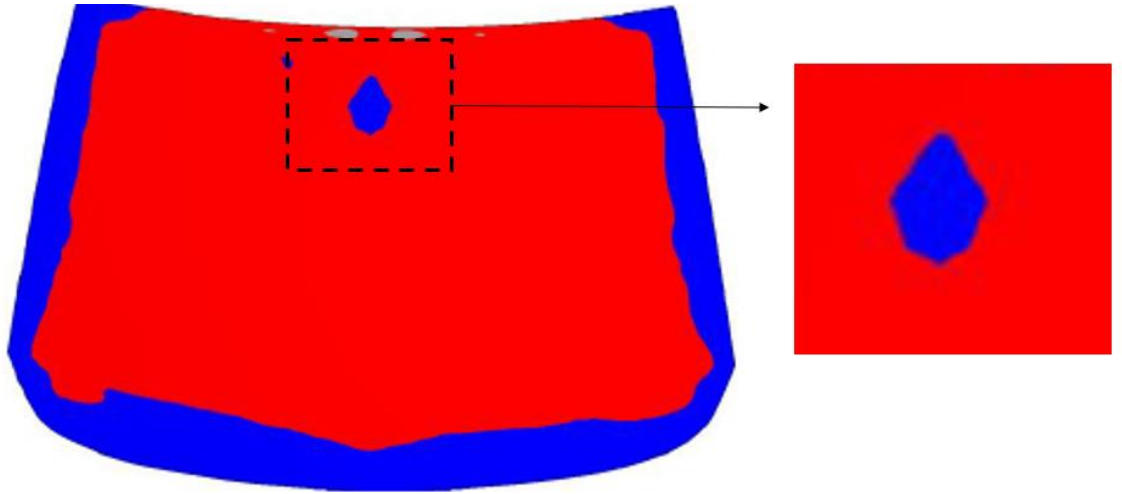
Şekil 4.4. Zamana Bağlı Termal Analiz Sonuçlarının Değişimi

Şekil 4.4'te belirtilen zamana bağlı termal analiz sonuçlarının durumu incelendiğinde HVAC sisteminin de etkisiyle cam üzerindeki buzun çözülme hızı takip edilebilmektedir. 13. dakika itibariyle cam üzerinde buz etkisi görünmemekte ve cam temiz bir duruma gelmektedir. Analiz süresince sileceklerin de çalıştırılma etkisi göz ardı edilmiştir. Regülatif olarak ön cam buz çözme sisteminin A ve B alanlarındaki performansı göz önünde bulundurulduğu zaman kaplama sisteminin kullanıma uygun olduğu ortaya çıkmaktadır.

Aroussi ve arkadaşlarının yapmış olduğu ısıtmalı ön cam analizlerinin sonuçlarıyla kıyaslama yapıldığında kaplamalı ön cam buz çözme teknolojisinin performansı rezistans telleri yardımıyla buz çözme sistemine göre daha iyi seviyede olduğu görülmektedir.

4.3.1 Termal Analiz Sonrasında Oluşan Risk

Analiz sonucunda A ve B bölgeleri için uygun sonuçlar ortaya çıkmasına rağmen ADAS kamerası bölgesinde buzun tam çözülmediği görülmüştür. Şekil 4.7'de belirtilmiştir.



Şekil 4.5. Kamera Bölgesinde Buz Çözülme Durumu

Tasarım sürecinde cam üzerinde uygulanan kaplama ADAS kamerası bölgesine eklenmemiştir. Bunun nedeni kaplamanın cama etkisiyle oluşan ışık geçirgenliğinin ve renginin kameranın çalışmasına olabilecek negatif etkisidir.

4.4 Yapay Sinir Ağ Modellerinin Sonuçları

Yapay Sinir Ağ modellerinin değerlendirilmesi 2 farklı alt başlıkta yapılacaktır. Bunun nedeni termal analiz sonuçlarının buz kalınlığı değişiminin çıktısıyla beraber menfezlerden çıkan havanın debi değerlerinin farklı modellerde eğitilmesidir.

4.4.1 Buz Kalınlığı ile Eğitilen Model

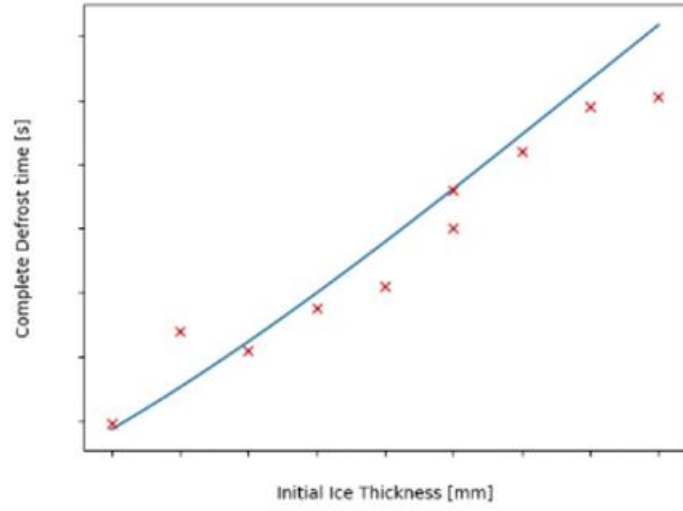
Üst bölümlerde de bahsedildiği gibi, yapay sinir ağ modeli insan beyni modelini örnek olarak analizlerin tekrarlanmasına olanak sağlamamak amacıyla hazırlanmıştır. Ansys modelinden alınan 10 farklı analiz sonucu incelenmiştir.

Bu analizler süresince menfez geometrisinden çıkan havanın sıcaklık, debi ve buz sıcaklığı gibi diğer tüm değişkenlerin sabit kaldığı öngörülmüştür. Hazırlanan modelin eğitilebilmesi için herhangi bir alt ya da üst sınır şartı yoktur. Örnek ya da farklı analiz sonucu ne kadar fazla olursa, kurulan model o kadar doğru sonuçlar verebilecektir.

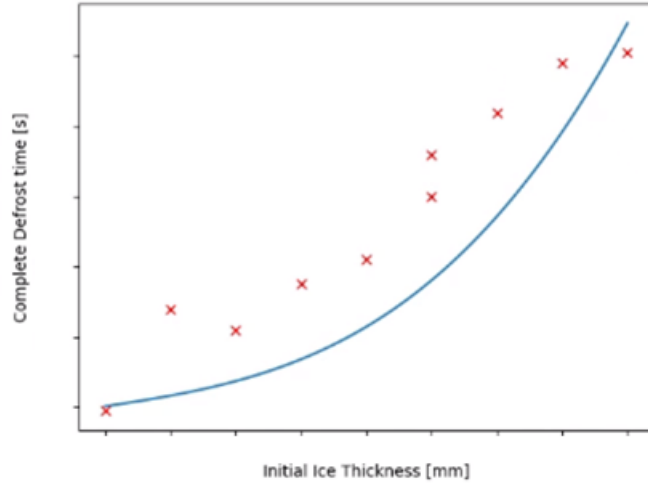
Çizelge 4.1. Analiz Sonuçları

Buz Kalınlığı (mm)	Defrost Süresi (s)
0.15	719
0.2	748
0.25	742
0.3	755
0.35	762
0.4	780
0.45	804
0.55	821

Buz kalınlığının değişikliğinin, defrost süresine olan ilişkisiyle hazırlanan sinirsel ağ modellerine ait denemeler yapılmıştır.

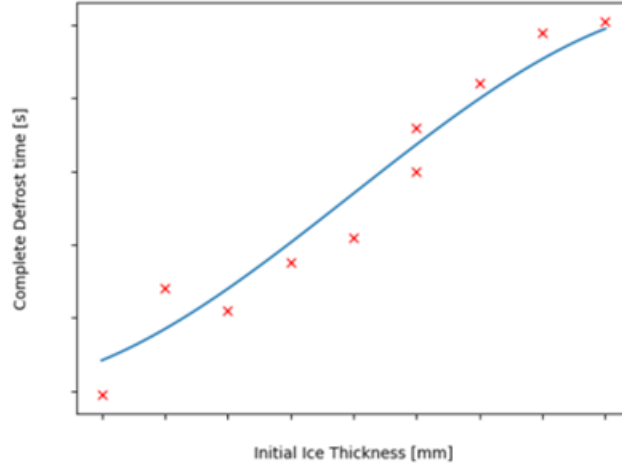


Şekil 4.6. Regresyon Grafiği Örneği



Şekil 4.7. Regresyon Grafiği Örneği

Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de grafikleri belirtilen iki model denemesinin regresyon analizi sonuçlarına göre standart değerlerden sapmalar mevcuttur. Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de görülen grafiklerden sapmanın oldukça yüksek düzeyde olduğu görülmektedir. Bu değerlerin yerine hazırlanan yeni modelin eğitilmesiyle beraber standart değerlerden sapma seviyelerinin azalması hedeflenmiştir.



Şekil 4.8. Eğitilen Modele Ait Grafik

Şekil 4.8’da belirtilen regresyon analizine göre eğitilen modelin loss değeri diğer modellere nazaran daha iyi seviyededir. Grafik içeriğinde yer alan yay, tüm analiz sonuçlarının değerlerinin aralığında olduğu için hazırlanan son modelin en uygun sonuç verdiği karar verilmiştir.

Çizelge 4.2. Eğitilen Modelden Alınan Ölçüm Sonuçları

Buz Kalınlığı (mm)	Defrost Süresi (s)
0.18	733.12885
0.52	814.33746
0.27	752.78394
0.32	765.8251
0.47	804.41656
0.41	789.912

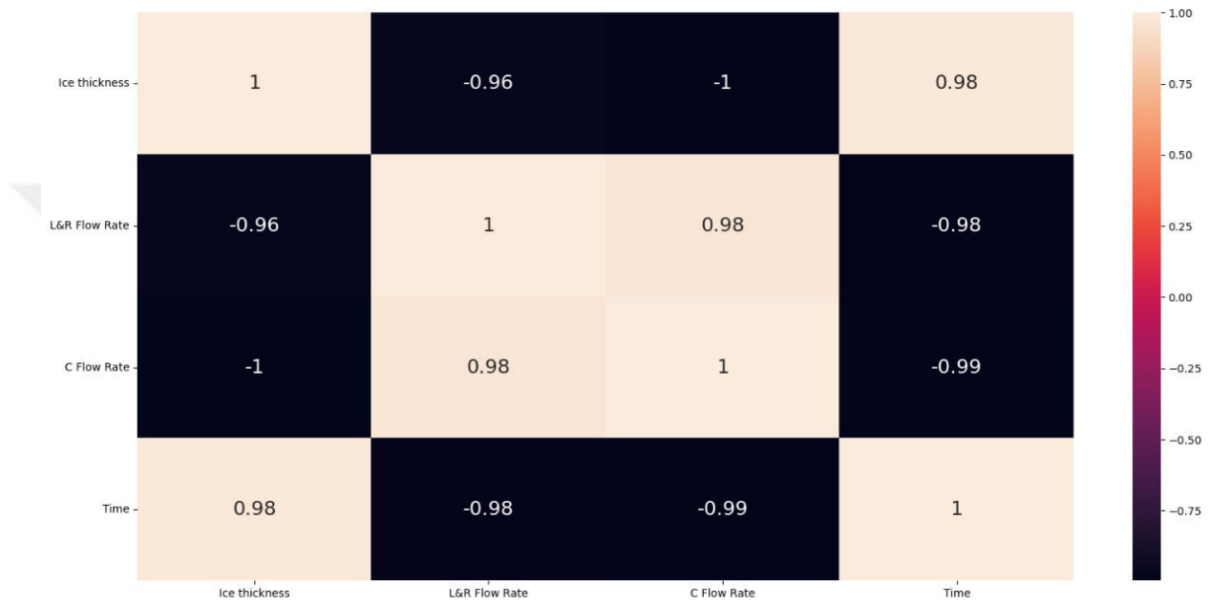
Rastgele sonuçlara göre de eğitilen modelin çıktıları tüm sınır şartlarını kapsamakta ve değerlerin hepsi değerler içerisinde yer almaktadır.

4.4.2 Menfezden Çıkan Hava ile Girdilerin Değişmesi

Hazırlanan yapay sinirsel ağ modeli için buz kalınlığına ek olarak menfez geometrisinden çıkan havanın debi değerinin değişimi girdi olarak alınmıştır. Regülatif sınır şartlarına ek olarak yapılan farklı 9 adet analiz ile beraber toplam 10 adet analiz sonucu girdi olarak kabul edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre eğitilen model ve denemeler sonucunda en uygun ikinci ve üçüncü katman nöron sayıları 7 ve 3 olarak kabul edilmiştir. Bu modelde

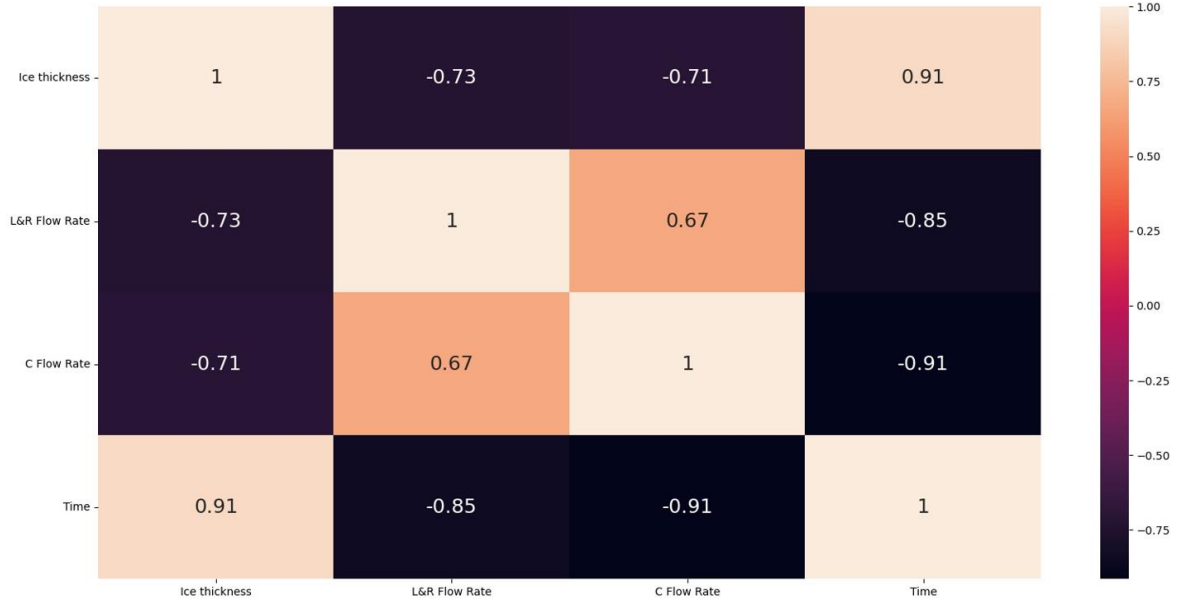
toplam 3 farklı input bulunmaktadır. Input olarak sağ, sol menfez hava debi değeri, merkez menfez debi değeri ve buz kalınlığı alınmıştır.

Korelasyon matrisini oluşturan bileşenler buz kalınlığı (ice thickness), sağ ve sol menfezden çıkan havanın debisi (L&R flow rate), merkez menfezden çıkan havanın debisi (c flow rate) ve buz çözünme süresinden (time) oluşmaktadır.



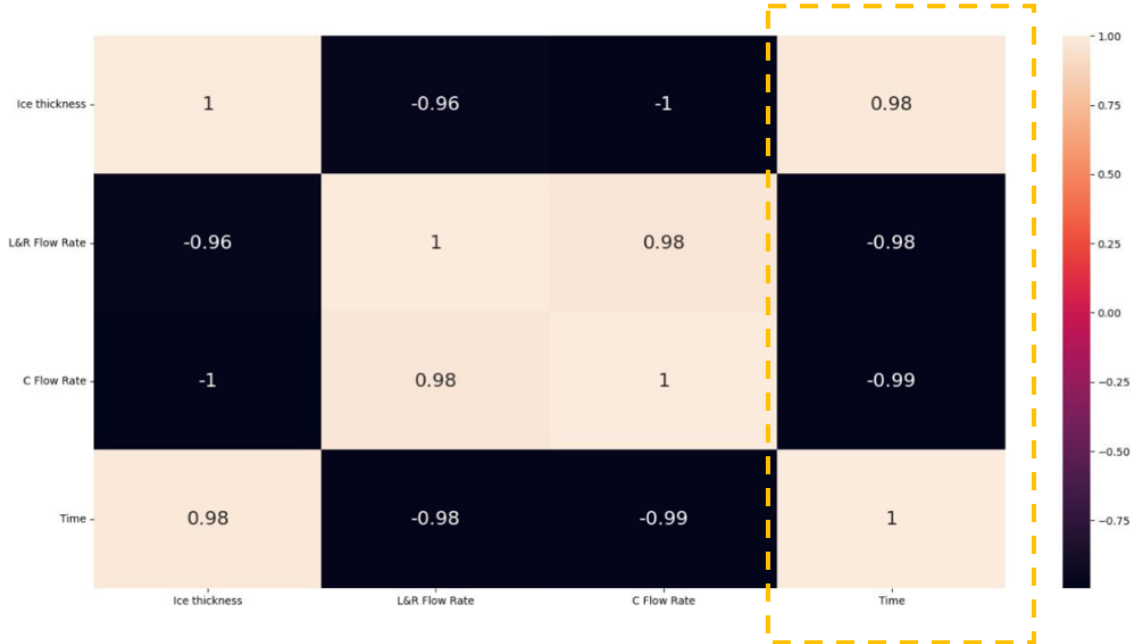
Şekil 4.9. Analiz Sonuçlarına Göre Korelasyon Matrisi

Şekil 4.9’de mevcut analiz sonuçları ve yapılan ekstra analizlerin sonuçlarına göre inputlar ve outputlar arasındaki pozitif ve negatif korelasyonlar gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Eğitilen Modele Göre Korelasyon Matrisi

Şekil 4.10’de eğitilen modele göre inputlar ve output arasındaki korelasyon matrisi gösterilmektedir. Eğitilen model denemeleri sonucunda ortaya çıkan loss değeri 0.1157’dir. Sıfıra yakınsama oranı diğer eğitilen modellere göre daha iyi seviyede olduğu için korelasyon matrisi bu modele göre hazırlanmıştır.



Şekil 4.11. Zamana Göre Sapma Değerinin Gösterilmesi

Eğitilen modelin, mevcut analiz sonuçlarına göre sonuçlarının ne kadar yakınsadığını görmek için Şekil 4.11’de de belirtilen sütunda yer alan değerlerin dağılımı kontrol edilmektedir. Analiz sonuçları ile eğitilen modelin ıktıları arasında major bir farklılık bulunmamaktadır. Diğer oluşturulan modellerdeki gibi test ve analiz değerleri ne kadar fazla olursa eğitilen modelin çıktılarının analiz sonuçlarına yakınsama oranı o kadar yüksek olacaktır. Modelin özellikle fazla sayıda veri sayısı ile eğitilebilmesi için dataset adedi yüksek olmalıdır. Yapay sinirsel ağ modellerinin insan beyni prensiplerine göre çalışan bir proses olduğu düşünüldüğünde pratik sayısı yüksek oldukça öğrenme seviyesi de paralel olarak pozitif yönde gelişim göstermektedir.



5. SONUÇ

Son yıllarda otomotiv endüstrisinin yaşadığı teknolojik gelişmelerle komponent bazlı tasarımsal dönüşüm büyük bir ivme kazanmıştır. Otomobilin en önemli estetik ve fonksiyonel parçalarından biri olan cam üzerine eklenen yeni özelliklerle beraber taviz verilmemesi gereken güvenlik şartları mevcuttur. Bu çalışmanın yapılma amacı üretilebilir bir ön cam tasarım süreçleri kapsamında yeni bir camın stilden analizlerine kadar geçen tasarım ve analiz süreçleriyle beraber sonuçlarının değerlendirilmesidir. Analiz süreçleri kapsamında kafa çarpma testleri ve termal analizler yapılmış, bilgisayar destekli analizler de sonlu elemanlar gibi yöntemler ve yazılımlar ile uygulanmış ve yapay zeka teknikleri de kullanılmıştır.

Otomotiv camının tasarımının başlangıç noktası stildir. Bununla beraber tasarlanan cam stilinin teknik detayları, kafa çarpma analiz sonuçları ve ısıcılı ön camın termal analizlerle doğrulanmasının sonuçları paylaşılmıştır. Termal analiz sonuçlarının yapay sinirsel ağ modeli yöntemiyle yapay zeka uygulaması hazırlanarak analizlerin tekrarlanmasının önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Potansiyel bir negatif analiz sonucunun görülmesi durumunda tasarımda yapılabilecek herhangi bir değişikliğin analiz sonuçlarına olan etkisini, analizleri tekrarlamamak adına eğitilen modelin kullanımıyla değerlendirilmesi çalışmanın en önemli amaçlarından biridir.

Gelecek çalışmalarda PVB'ye entegre cam ısıtma sisteminin temperli camlara entegre bir kaplama ile yeni bir tasarım metodu geliştirilebilir. Böylelikle ön camlarda kullanılan teknoloji, temperli camlarda da kullanılarak yan ve arka camlarda da yaygınlaştırılabilir.

Yapay sinirsel ağ modelleri ya da farklı yapay zeka uygulamaları taşıt ön cam tasarımında bazı analiz ve kontrollerin tekrarlanmasını önlemek için kullanılabilir. Bu çalışma kapsamında termal analiz sonuçlarının girdi ve çıktı parametreleriyle yapay sinirsel ağ modeli oluşturulmuş ve eğitilen model üzerinden sonuçların değerlendirilmesi yapılmıştır. Mali ve zaman sınır şartlarının gün geçtikçe daha da zorlaştığı otomotiv endüstrisinde yapay zeka uygulamalarının kullanımının çoğalması ile birlikte daha doğru bir tasarımının kullanıcı hizmetine sunulabilmesi için gerekli süre gelecek dönemlerde

çok daha kısalabilecektir. Sınır şartları içerisinde analizlerin çoklanmasıyla beraber yapay zeka uygulamasının daha fazla örnekle eğitilmesi, tahmin sonuçlarının daha kesin bir geri bildirim vermesine sebep olabilecektir.

Sadece termal analiz çıktıları değil, taşıt tasarımı sürecinde analiz yapılan ve mühendislik değerlendirmelerini yer aldığı tüm süreçlerde yapay zeka uygulamalarından faydalanabilir. Yakın gelecekte, yapay zeka uygulamalarının taşıt tasarımı süreçlerinde daha etkin bir rol alacağı, tasarım ve test süreçlerinin de ciddi şekilde bu uygulamalardan etkileneceği bir gerçektir.

Tasarım sürecinde yapay sinir ağları tekniğinin kullanılması uzman gereksiniminin azaltması, farklı tasarım uygulamalarına cevap verebilen öğrenen bir yaklaşım olması nedeniyle taşıt tasarım alanında özellikle tekrar deneysel çalışma ve analizlere gereksinim olmadan ürün geliştirme süreçlerinde meydana gelen değişikliklere göre çalışmaları çok daha kısa zamanda ve az maliyetlerle yapabilme olanağı elde edilebilecektir.

KAYNAKLAR

- Anonim, (2015). <https://oscilloclock.com/wp/wp-content/uploads/2015/04/F-18-Aircraft-HUD-.jpg> (Erişim tarihi: 20.12.2021).
- Anonim, (2021). Which Cars Have HUD. <https://www.cars.com/articles/which-cars-have-head-up-displays-434824/> (Erişim Tarihi: 30.11.2021).
- Anonim, (2021). Numpy User Guide. <https://numpy.org/doc/stable/user/index.html#user> (Erişim Tarihi: 20.02.2022).
- Anonim, (2022). Python User Guide. <https://www.python.org/doc/> (Erişim Tarihi: 20.02.2022)
- Anonim, (2022). How Does A Heated Windshield Work. <https://www.safelite.com/windshield-auto-glass-technology/heated-windshields> (Erişim Tarihi: 15.11.2021).
- Ansys Fluent Fluid Solution Software, (2021). <https://www.ansys.com/products/fluids/ansys-fluent> (Erişim Tarihi: 16.11.2021)
- Ansys LS Dyna Multiphysic Solver, (2021). <https://www.ansys.com/products/structures/ansys-ls-dyna> (Erişim Tarihi: 17.12.2021)
- Aroussi, A., Ghani, S., Hassan, A., AbdulNour, B., (2002). *Assessing the Performance of Electrically Heated Windshield*, SAE Technical Paper 2002-01-0225.
- Arslan, B. (2011). *Refrakter Kaynaklı Cam Hatalarının Fırın İçerisindeki Oluşum Yerlerinin Tespiti Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, İstanbul.
- Benarek, B. (2013). European Codes. <https://beranek.agrrmag.com/2013/04/european-codes/> (Erişim Tarihi: 01.12.2021).
- Bozüyük, T., Gökçe, İ., Yağcı, C., Akar, G., (2005). *Yapay Zeka Teknolojilerinin Endüstrideki Uygulamaları*, Marmara Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik Programı, İstanbul.
- Brokmann, C., Alter, C., Kolling, S. (2019). *Experimental determination of failure strength in automotive windscreens using acoustic emission and fractography*, Glass Struct. Eng. 4:229–241.Cam Sektörü Raporu, (2020). T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Sanayi Genel Müdürlüğü, Sektörel Raporlar ve Analizler Serisi 2011/1.
- Canav, Ü. (1985). *Ancient Glass Collection*, Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş., Çağdaş Yayıncılık ve Basım Sanayi A.Ş., İstanbul, p.19.
- Catia V5 for Windows, (2021). <https://blogs.3ds.com/catia/category/type/tutorials/> (Erişim Tarihi: 13.11.2021)

Davidson, S. (2003). *Conservation and Restoration of Glass*, Second Edition, Butterworth-Heinemann, UK, p.1.

DPT, (2001). Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı: Taş ve Toprağa Dayalı Ürünler Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu (Cam Sanayii), T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Ankara.

Esen, G. (2018). *Yapay Zeka: Geçmişi ve Geleceği Nils J. Nilsson Çeviri Mehmet Doğan Kitap Değerlendirmesi*, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Adana.

Esi, E. (2011). *Türk Cam Sanayisinde Paşabahçe'nin Yeri, Firmada Tasarım Çalışmalarının Başlangıcı ve Bugünü. Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Ürünleri Tasarımı Anabilim Dalı, İstanbul.

Farag, A., Huang, L. J. (2003). *CFD Analysis and Validation of Automotive Windshield DeIcing Simulation*. SAE Technical Paper Series. 2003-01-1079.

Gaziz, A., Ioannou, E., Katsiri, E., (2020). *Examining the Sensors That Enable Self-Driving Vehicles*. ResearchGate Technical Paper.

He, Z., Qu, X., Ji, L., Wu, W., Wang, X. (2020). *Analysis and Optimization of Truck Windshield Defroster*, Applied Science Technical Papers.

Hozejowska, S., Orzechowski, T., Pawinska, A. (2019). *Thermal Analysis of the Car Windscreen*, EPJ Web of Conference.

Kabalıcı, E. (2014). *Yapay Sinir Ağları*. Ders Notları

Kaçar, U. (2008). *Otomotiv Camlarının Temperlenmesi ve Şekillendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi*, NKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.

Kim, K., Carlis, J., Keefe, D., (2017). *Comparison techniques utilized in spatial 3D and 4D data visualizations: A survey and future directions*, Computers & Graphics Volume 67 Page 138-147.

Köse, U. (2010). *Bulanık Mantık ve Yapay Sinir Ağları İçin Eğitim Yazılımının Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi*, Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Anabilim Dalı, Afyon.

Li, Y., Xiong, D., Wang, L., Feng, B., Xu, J. (2019). *Dynamic Mechanical Behavior and Pedestrian Safety Characteristics of Toughened Laminated Windshield*, Composite Part B: Engineering Pages 740-751.

Maltarollo, V. G., Honório, K. M., & Da Silva, (2013). *Applications of Artificial Neural Networks in Chemical Problems*. <https://www.intechopen.com/chapters/39067> (Erişim Tarihi: 17.02.2022)

Mandloi, P., Jain, N. Case Studies on CFD Simulation of Windshield De-icing, <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.454.5813&rep=rep1&type=pdf> (Erişim Tarihi: 05.11.2021).

Marzbanrad, J., Daebea, R. (2019). *Pedestrian Headform Crash Analysis in a Frontal Accident Using LS-Dyna*. 4th National Conference on Mechanical and Aerospace Engineering, Tehran.

Mizuno, K., Yonezawa, H. *Pedestrian Headform Impact Tests for Various Vehicle Locations*, <https://www-nrd.nhtsa.dot.gov/esv17/proceed> (Erişim Tarihi 07.11.2021).

Moaveni, S. (2015). *Finite Element Analysis: Theory and Application with Ansys*. New Jersey: Pearson Education Inc.

Nielsen, M. (2019). *Neural Network and Deep Learning*. <http://neuralnetworksanddeeplearning.com>. (Erişim Tarihi: 25.02.2022).

Ono, T., Nagano, H., Shiratori, S., Shimano, K., Kato, Shinsuke. K., (2019). *Analysis of Defogging Performance, Thermal Comfort, and Energy Saving for HVAC System Optimization in Passenger Vehicles*, E3S Web of Conference

Öztemel, E. (2006). *Yapay Sinir Ağları*, Papatya Yayıncılık, İstanbul.

Pedestrian Head Protection Performance Test Procedure, (2019). https://www.nasva.go.jp/mamoru/en/assessment_car/head_protection_test.html (Erişim Tarihi 07.11.2021).

SAE standard J902. *Passenger Car Windshield Defrosting Systems*, issued Aug. 1964 reaffirmed Feb. 1999; SAE standard J902a revised Mar.1967.

Santillana, S.A., Arregui-Dalmases, C., Luzon-Narro, J. (2015). *Pedestrian Protection Head Impact in Glass Correlation Fem-Test In The New Seat Leon*, 6th Beta CAE International Conference.

Şahin, M.E., Öztürk, K. (2018). *Yapay Sinir Ağları ve Yapay Zekaya Genel Bir Bakış*, Takvim-i Vekayi Dergisi, Rize.

Ulizio, M., Lampman, D., Rustagi, M., Skeen, J., Skeen, J. (2017). *Practical Design Considerations for Lightweight Windshield Applications*, SAE Int. J. Trans. Safety 5(1).

Varshneya, C.A., Seward, T.P. (2001). *Inorganic Glasses – Structure, Composition and Properties*. Charles A. Harper (Ed.), Handbook of Ceramics, Glasses and Diamonds içinde, McGraw-Hill, USA, p.5.1.

Wan, F., Song, C. (2018). *A Neural Network With Logical Reasoning Based On Auxiliary Inputs*, <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frobt.2018.00086/full> (Erişim Tarihi: 27.02.2022)

