

Havalandırma Kanalı Tasarımında Malzeme Seçimi ve Tasarımına Bağlı Ağırlık Optimizasyonu

¹Ekrem Altuncu, ^{*2}Cem Eker, ^{*3}Samet Kırmızıtepe

¹Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Malzeme ve Üretim Tek. Uyg.Arş. Merkezi, Sakarya, Türkiye

^{*2}Tasarım Depart., Tasarım Merkezi Müdürü, KNS Otomotiv, Sakarya, Türkiye

^{*3}Tasarım Depart., Trim Sistemler Yöneticisi, KNS Otomotiv, Sakarya, Türkiye

Özet:

Günümüz yolcu otobüsü imalatı endüstrisinde hafifletme ile yakıt tasarrufunu artırmak için birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalar ışığında otobüs hava kanalı profili (1000X320mm) tasarımında ağırlık optimizasyonu ihtiyacı doğmuştur. Gerek malzeme seçimi ve tasarımı, gerekse malzeme optimizasyonu kapsamında, alüminyum alaşımı ve ABS malzeme kullanım oranına bağlı tasarımlar karşılıklı değerlendirilmiştir. Araç içi yolcu yükü taşıma bölümü (12m boy) tasarımlarında kullanılan malzemelerin mevcut taşıma yükü ve tasarım geometrisine bağlı detaylar incelenmiş ve analiz edilmiştir. ANSYS yapısal analiz (CAE) modülünü kullanarak 1 metre üründe 60 kg yük kaldıracak şekilde gerilmeler hesaplanarak ABS ile alüminyum profil özellikleri teknoekonomik açıdan karşılaştırılmıştır. Yapılan analiz sonucunda ABS malzemenin kullanımı ile tasarımda hafiflik optimizasyonu sağlanabilmiş, araç yakıt tasarrufu içi 22 kg /araç hafifletme ve tasarım esnekliği sağlanabilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hava Kanalı Tasarımı, Hafifletme, Alüminyum, ABS

Weight Optimization Based on Material Selection and Design in Ventilation Duct Design

Abstract

In today's passenger bus manufacturing industry, many studies were carried out to increase fuel economy by weight reduction. In the light of these studies, the need for weight optimization has arisen in the design of the bus air duct profile (1000X320mm). In terms of material selection and design, and material weight optimization, designs based on the use of aluminium alloy and ABS material were evaluated comparatively. The details related to the current payload and design geometry of the materials used in the designs of the passenger compartment (12m length) have been examined and analyzed. By using the ANSYS structural analysis (CAE) module, we calculated the stresses in a way that allows it to lift 60 kg in 1 meter of the product, after that the properties of ABS and aluminium profile were compared in terms of technoeconomics. As a result of the analysis, weight optimization was achieved in the design with the use of ABS material, as a result 22 kg per vehicle of weight reduction was achieved by optimization for a greater fuel economy.

Keywords: Air ventilation channel, Weight reduction, Aluminium, ABS

1. Giriş

Günümüz teknolojisinde otomotiv sektöründe hafif araçlar; araç performansı, konforundan ve pazarlana bilirlüğinden ödün vermeden, çevresel etkiyi en aza indirme ve yakıt ekonomisini en üst düzeye çıkarma konusundaki endişelerin artması nedeniyle otomobil üreticileri için önemli bir hedef haline gelmiştir. Otomotivler yakıt tüketimi nedeniyle CO₂ gazı yayar ve bu durum sonucunda çevre kirliliğine yol açmaktadırlar. Hafif araç kullanımı, bu tehlikeyi en aza indirerek araçların hafifletilmesi için otomotiv üreticilerini tetiklemiştir. Ancak karbon emisyonunun azaltılması otomotiv üreticileri için sürekli zorlayıcı bir konu olmuştur. Küresel ısınma ve azalan enerji kaynakları gibi etkenlerin her geçen gün artması, karbon emisyonundaki düzenlemeleri daha katı hale getirmektedir. Otomotiv üreticileri bu düzenlemeleri sağlamak ve istenilen şartları oluşturabilmek için araçlarda hafifletme konusuna büyük önem vermektedirler [1].

Çok çeşitli teknolojiler ve sistemler vasıtasıyla günümüzde yaygın olarak kullanılan iklimlendirme sistemlerinin amacı; bu ortamı kullanan insanlara kabul edilebilir kalitede konforlu ve temiz iç ortam havası hazırlamaktır. Bu amaçlar gerçekleştirilirken enerji tüketiminin minimum olması dikkat edilmesi gereken bir husustur. İklimlendirme işlemi yapılacak bir hacim için uygun sistemin seçimi, sistemin ekonomikliği ve güvenilirliğinin yanında bu alanda çalışan, ikamet eden veya seyahat edenler için ısı konforu ve temiz bir ortam havasının sağlanması da konuyla ilgili mühendislerin ilgi alanına girmektedir. Isıl konfor; ısı çevreden memnun olunan düşünce hali, ergonomi ise; insanların anatomik özelliklerini, antropometrik karakteristiklerini, fizyolojik kapasite ve toleranslarını göz önünde tutarak, endüstriyel iş ortamındaki tüm faktörlerin etkisi ile oluşabilecek; organik ve psikososyal stresler karşısında, sistem verimliliği ve insan-makina-çevre temel yasalarını ortaya koymaya çalışan çok disiplinli bir araştırma ve geliştirme alanı olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle iklimlendirme sistemlerinin çalışabilirliğini sağlayan hava kanalları otobüsler için kritik öneme sahiptir [2].

Kns Otomotiv şirketinde test için üretilen otobüslerin hava kanalı profili 1000*320 mm boyutundadır. Otobüslerin hava kanalları ekstrüzyon yöntemi kullanılarak üretilmektedir. Malzeme olarak Al 6xxx alaşımı serisi kullanılmaktadır. Alüminyum alaşımlarını diğer metallere göre üstün kılan; düşük yoğunluk, yüksek korozyon direnci, geri dönüşüm kabiliyeti, düşük ergime sıcaklığı, seri üretime uygunluğu gibi özellikleri sayesinde tercih sebebi olmaktadır. Tasarım merkezimizde 6063-T5 serisi tercih edilmektedir Bu alüminyumun serisinin özgül ağırlığı 2,71 g/cm³'dür. Alüminyum 6063 alaşımı; korozyon dayanımı ve yorulma dayanımı yüksek, iyi kaynak kabiliyeti, T5 ısı işlem formunda iyi soğuk şekillendirilebilir özelliği, karmaşık parçalar için uygun olması gibi avantajlar sunmaktadır. Kimyasal özellikleri aşağıda bulunan tabloda sunulmaktadır. Bu alaşım ekstrüzyon uygulamaları için en çok kullanılan alaşım türüdür [3,4].

Mühendislik çalışmaları için mekanik tasarım aşamasında malzeme seçimi kritik bir noktadır. İstenilen özelliklerin dışına çıkılmadan, başka avantajlar sağlayabilen bir malzeme seçimi yapabilmek endüstride her zaman dikkat çeken bir konu haline gelmiştir. Bu yüzden bu makale çalışmasında malzeme seçim konusunda bir tasarım çalışması yapılmıştır. Üründe kullanılan

alüminyum 6063'ün avantajlarından ödün vermeden bu özellikleri sağlayabilen ABS polimeri ile ürün oluşturarak araçta hafiflik sağlayabilen bir tasarım çalışması yapılması hedeflenmiştir. Tablo 1'de Alüminyum 6063 alaşımının kimyasal kompozisyonu bulunmaktadır. Tablo 2'de ise Alüminyum 6063 alaşımının mekanik özelliklerini bulunmaktadır. Tablo 3'de ABS malzemenin mekanik özellikleri sunulmaktadır.

Tablo 1: Al 6063 Alaşımı Kimyasal Kompozisyonu

Fe	Si	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Ti	Diğer
0,35	0,2-0,6	0,1	0,1	0,45-0,9	0,1	0,1	0,15	0,15

Tablo 2: Al 6063 Alaşımı Mekanik Özellikleri

Temper -	Akma Mukavemeti (MPa) min-max	Çekme Mukavemeti (MPa) min-max	Uzama (%50) min-max	Sertlik (brinel) min-max
0	50	100	26	25
T1	90	150	24	45
T4	90	160	21	50
T5	110-175	150-215	12	60
T6	170-210	205-245	12	75
T8	240	260	9	80

Tablo 3: ABS Mekanik Özellikleri

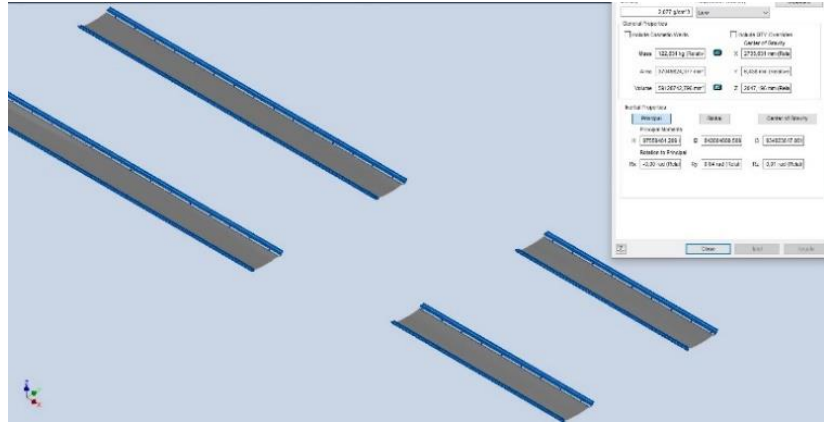
Özellik	Değer
Özgür Ağırlığı	1,04 g/cm ³
Gerilme Kuvveti	60-70 MPa
Elastik Modülü	2300-2400 MPa
Darbe Dayanımı	20-50 kJ/m ²
Deformasyon Sıcaklığı	90 °C
Yumuşama Sıcaklığı	1000 °C

Hava kanallarında kullanılan alüminyum alaşımı ekstrüzyon yöntemi ile üretilmektedir. Ekstrüzyon yöntemi; çubuk, profil, boru, tel ve diğer kalın çeperli profillerin biçimlendirilmesinde en çok kullanılan plastik şekil verme yöntemlerinden biridir. Aynı zamanda ekstrüzyon, alüminyum gibi hafif metal endüstrisinin en önemli plastik şekil verme yöntemlerinden biri olup son yıllarda alüminyum tüketiminin artışına bağlı olarak gerek Türkiye'de, gerekse dünyada çok yüksek büyüme hızı göstermiştir. Ekstrüzyon bir metal bloğunun sıkıştırma vasıtasıyla daha küçük kesit alanına sahip kalıp boşluğundan akmaya zorlandığı bir plastik deformasyon prosesidir. Dolaylı sıkıştırıcı kuvvet, iş parçası (blok) ile konteyner ve matris arasındaki reaksiyon vasıtasıyla gelişir ve bu kuvvetler yüksek değerlere ulaşmaktadır [6].

Plastiklerin kullanımı günümüzde oldukça yaygındır. Plastikler hafif olmaları, demir türevi malzemelere göre, üretim sıcaklıklarının düşük olması, yüksek sıcaklıklara çıkılmadığı takdirde dayanıklı olmaları ve ucuz olmaları nedeniyle tercih edilmektedir. Ev aletlerinden tıbbi malzemelere ve otomotiv sektörü gibi geniş bir yelpazede kullanılmaktadırlar. Polimer ekstrüzyonunda üretim süreklidir. Kalıptan kesintisiz malzeme çıkışı olmaktadır. Bu yöntemle çoğunlukla boru, kablo ve profil gibi ürünlerin üretimi yapılmaktadır. Tasarımında ağırlık optimizasyonuna ihtiyaç duyulmasıyla birlikte, ABS (akrilonitril Bütadien Strien) plaka ile çalışılmasına karar verilmiştir. ABS malzemenin tercih edilmesinin sebebi; genel olarak hafif ve mukavemetli bir polimer olması, alüminyuma göre daha esnek yapıda olması, özgül ağırlığının $1,06 \text{ g/cm}^3$ değerine sahip olması, kolay bulunabilirliği, dayanıklılığı, işlenebilirliği ve parlaklığı nedeniyle yaygın olarak kullanılan bir polimer malzeme olmasından kaynaklanmaktadır [6-7].

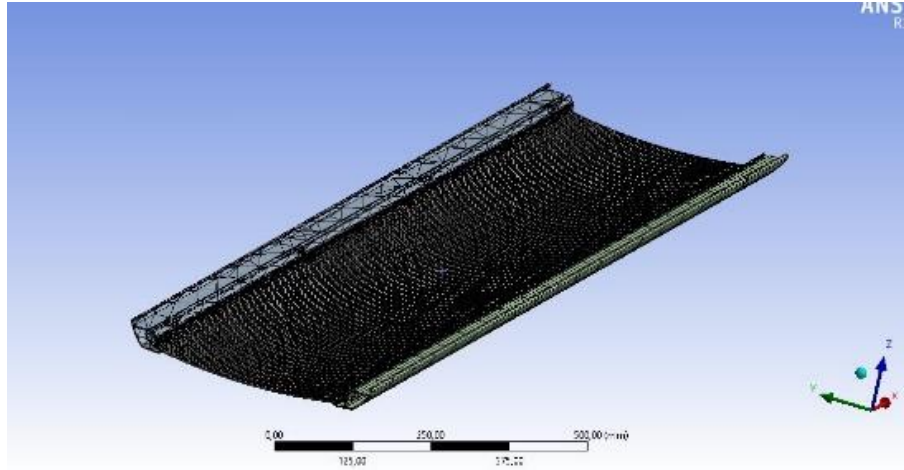
2. Metod ve Yöntem

Araç içi yolcu yükü taşıma bölümü 12 metre boyunda tasarlanmıştır. Kullanılan bu malzemelerin mevcut taşıma yükü ve tasarım geometrisine bağlı olarak detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda tasarım merkezimizde 12 metrelik bir araçta toplam 22 kg/araç hafiflik sağlanabileceği, ANSYS yapısal analiz (CAE) modülünü kullanarak hesaplanmıştır. Alüminyum alaşımlı malzeme için tasarım çalışmasında elde edilen ağırlık sonucu aşağıda sunulmaktadır.



Şekil 1: Autodesk Inventor programı ile yapılan Al tasarımı.

Yapılan tasarım çalışması sonucunda malzeme atamaları yapıldıktan sonra elde edilen ağırlık sonucu 122,831 kg olarak tespit edilmiştir. Alüminyum malzeme için yapılan ANSYS çalışmalarının görüntüleri aşağıda sunulmaktadır.



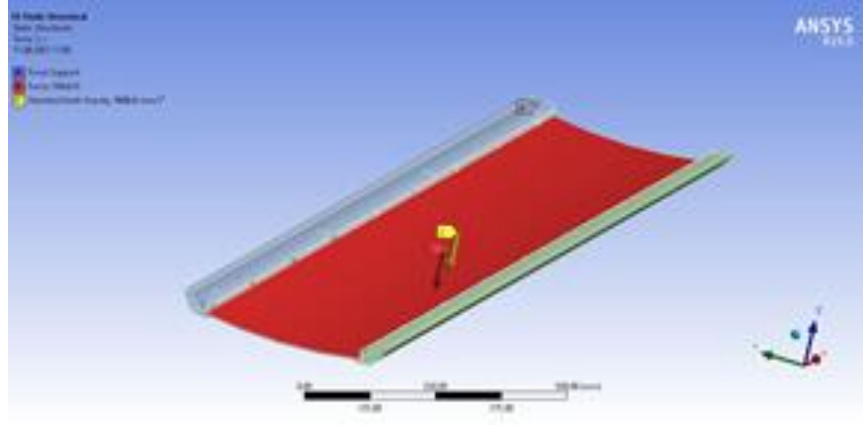
Şekil 2. Al- ANSYS mesh görüntüsü.

Analizi yapabilmemiz için mesh işlemi ile geometrik elemanlarımızın düğümlere ve noktalara ayrılmasını sağlanmamız gerekmektedir. Herhangi bir geometri üzerinde sonsuz sayıda nokta ve eleman vardır. Geometrilere üzerinde çözüm yapabilmemiz için, geometrimizi belirli sayıda eleman ve noktalara ayırmamız gerekmektedir. Sonlu elemanlar yöntemi ile parça modellenirken, model küçük parçalardan oluşan temel elemanlara ayrılır. Buna mesh işlemi denir. Her elemanın köşelerinde düğümler (node) vardır. Hesaplamalar bu düğüm noktaları üzerinde gerçekleştirilerek yapılmaktadır. Dolayısı ile fiziksel ortam önce elemanlara (element) bölünür ve elemanların köşe noktaları ise fiziksel ortamı temsil eden noktalar uzayı olmuş olur. Elde edilen sonuçlar bu noktaların üzerindeki değerlerdir.

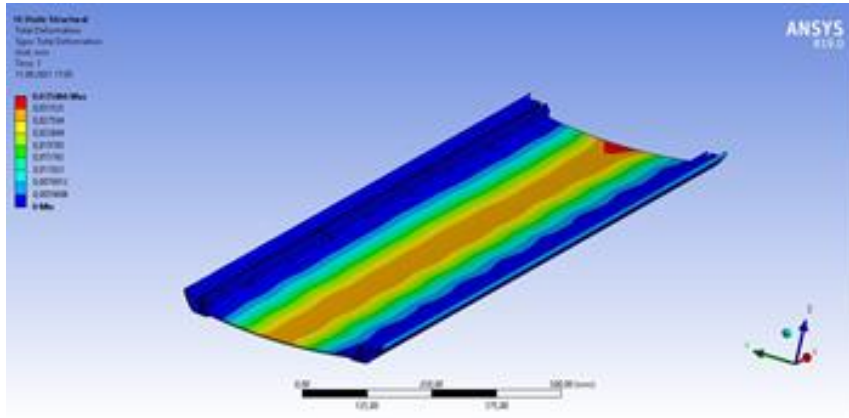
3. Sonuçlar ve Tartışma

Aşağıda görseli bulunan şekilde; bir hava kanalına ait şapkalığın sabitleme noktalarından ankastre verilerek ve bir metre şapkalığa müşterimizin istemiş olduğu 60 kg (588,6 N) kuvvet uygulanmıştır. Aynı zamanda yerçekimi kuvveti de ANSYS programında geometrimize tanıtılarak dahil edilmiştir.

ANSYS; bilgisayar destekli olarak mühendislik çalışmalarında analiz ve simülasyonların yapılabileceği bir bilgisayar destekli mühendislik programıdır. Ansys programı, mekanik, yapısal analiz, hesaplamalı akışkanlar dinamiği ve ısı transferi gibi farklı disiplinlerde etkili çalışmalara olanak verir. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de en çok kullanılan CAE (bilgisayar destekli mühendislik) programlarının başında gelen ANSYS programı sonlu elemanlar yöntemini kullanmaktadır. Sonlu elemanlar yöntemi ile tek parça halinde analizi çok zor olan karmaşık geometrideki cisimlerin küçük ve çok sayıda parçalara bölünerek ayrı ayrı analizleri yapılmaktadır. Sonlu sayıdaki analizin sonucu elde edilen sonuçlar birleştirilerek tek ve tutarlı bir analiz sonucu elde edilmektedir [8].

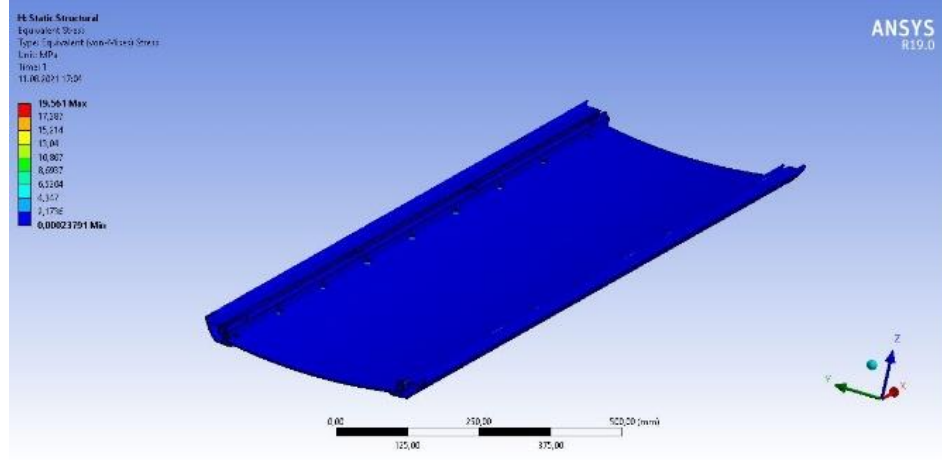


Şekil 3: Al-Geometrinin ankastre ve yük görseli görüntüsü.



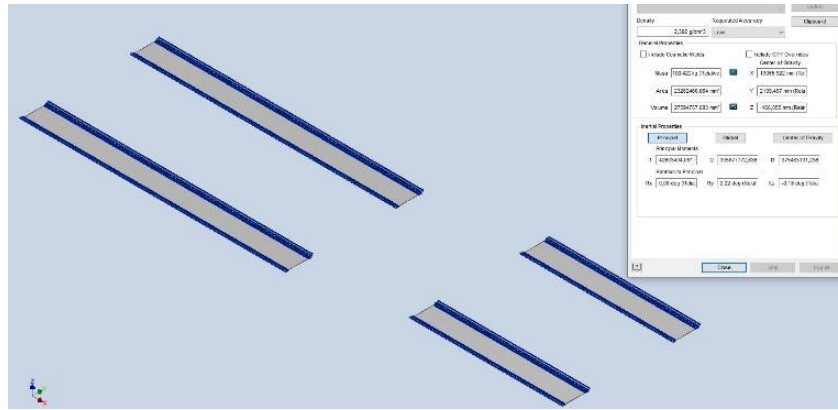
Şekil 4: Al-Toplam deformasyon görüntüsü.

Analizimizi koşturduktan sonra çıkan sonuçlara göre, alüminyum profilimizde 0,035 mm, köşe noktalarından uzama meydana gelmiştir. Uzama renk haritasında, kırmızı renkle gösterilmektedir.



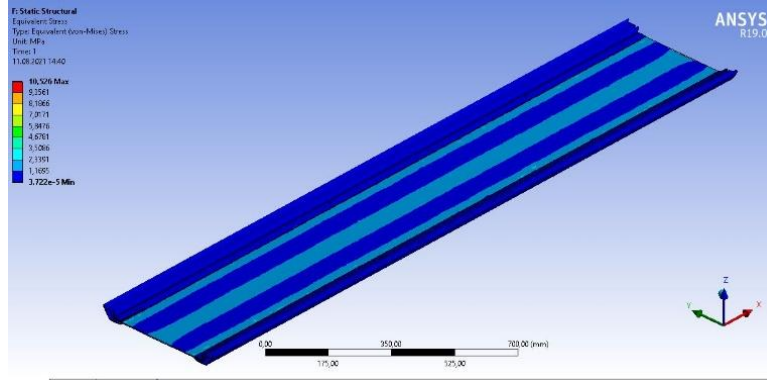
Şekil 5: Al- Gerilim (von-Mises) görüntüsü

Von-Mises sonucuna göre, görselde vidaların olduğu bölgelerde 4-6 MPa gerilme olduğu tespit edilmiştir. Alüminyumun mekanik özelliklerine göre bu sonuç başarılıdır. Fakat alüminyum, ABS'e göre daha ağır bir malzeme olduğundan dolayı biz Al profil yerine ABS malzeme kullanarak farklı dizayn çalışması ile analizlerin tekrar yapılması sağlanmıştır. ABS malzeme için gerekli tasarım çalışması aşağıda sunulmaktadır.



Şekil 6: Autodesk Inventor programı ile yapılan ABS tasarımı.

Yapılan tasarım çalışması sonucunda malzeme atamaları yapıldıktan sonra elde edilen ağırlık sonucu 100.422 kg olarak tespit edilmiştir. ABS malzeme için yapılan ANSYS çalışmaları aşağıda sunulmaktadır.



Şekil 10: ABS- Gerilim (von-Mises) görüntüsü.

Von-Mises sonucuna göre, görselde vidaların olduğu bölgelerde 2-4 MPa gerilme olduğu tespit edilmiştir. ABS malzemenin mekanik özelliklerine göre müşterimizin özel isteklerinin içerisinde olduğu gözlemlenmiş ve sepetlik profili ABS plaka şeklinde üretilip, prototip olarak toplanarak ağırlıkları arasında 22 kg fark olduğu ispat edilmiştir.

4. Genel Sonuçlar

ANSYS yapısal analiz (CAE) modülünü kullanarak 1 metre üründe 60 kg yük kaldırabilecek şekilde gerilmeler hesaplanarak ABS ile alüminyum profil özellikleri teknoekonomik açıdan karşılaştırılmıştır. Yapılan analizler karşılaştırmalı olarak incelendiğinde alüminyum profil ağırlığı; 122,831 kg olarak bulunmuştur. ABS plakanın ise ağırlığının 100,422 kg olarak hesaplanmıştır. İki malzeme arasında 22 kg fark olduğu görülmektedir. Bu fark malzemenin değişmesi ile araçta hafifleme sağlanabileceğini göstermektedir. Araçta hafifletme işlemi yakıt tasarrufunu sağlamaktadır. Aynı zamanda CO₂ salınımı da doğru orantılı olarak azaltılarak, karbon emisyonu gibi çevreye zarar veren gazların salınımı de azaltılmaktadır. Araç üreticileri tarafından 1 kg yük azaltılmasının bile oldukça kritik önemi varken, çalışmalarımız sonucunda elde ettiğimiz 22 kg'lık azalma başarılı bir sonuç yakalandığımızın işareti niteliğindedir. Araçlarda ağırlık azaltabilmek için bir çok konuda çalışma yapılabilmektedir. Tasarım değişikliği, malzeme seçimi, malzeme dizaynı vb. konular ele alındığında hafifletme çalışmaları yapılabilmektedir. Bizim çalışmış olduğumuz nokta olan malzeme seçimi; endüstriyel olarak oldukça kritik bir öneme sahiptir. Malzeme seçimi birçok mühendislik alanının disiplinler arası çalışmalarını bir arada barındırmaktadır. Doğru malzeme seçimi ve malzemede yapılan revizyon işlemleri bir çok avantaj sağlamaktadır. Burada dikkat edilmesi gerek husus, revizyon edilen malzemenin; mevcut özelliklerinden feragat etmeden yerine yenisinin koyulmasını sağlamaktır. Avantajları dezavantaja döndürmemek kritik bir mühendislik çalışması istemektedir. Bu yüzden yapılan çalışmalar ANSYS programı ile desteklenmiş, elde edilen sonuçlar ile üründe değişikliğe gidildiği taktirde iyileştirme işlemi olacağına karar verilmiştir.

Bu çalışmanın yürütülmesinde ve test olanaklarının sağlanmasında yardımlarını ve emeklerini esirgemeyen KNS Otomotiv Tasarım Merkezine ve KNS Otomotiv Test Merkezine teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynakça

- [1] Serkan Toros, Fahrettin Ozturk, Ilyas Kacar. Review of warm forming of aluminum–magnesium alloys. *journal of materials processing technology* 207,2008. 1-12.
- [2] İbrahim Atmaca. Şehirlerarası Otobüslerde Havalandırma ve İç Hava Kalitesi. Makina Mühendisleri Odası Bildiri. İç çevre Kalite Semineri, 2015.
- [3] Hai Rong, P., H., Liang Y. , Wenbin Hou, Jinghuang Z. Thermal forming limit diagram (TFLD) of AA7075 aluminum alloy based on a modified continuum damage model: Experimental and theoretical investigations. *International Journal of Mechanical Sciences* 156,2019. 59-73.
- [4] Seykoç Alüminyum. <https://www.seykoc.com.tr>. 29.07.2021.
- [5] Hüseyin Bayram. Ekstrüzyon Yönteminde Sıcaklık, Ekstrüzyon Hızı ve Sürtünme Parametrelerinin Profil Kalitesine Etkisinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, 2008.
- [6] Vijay Tambrallimath.,R. Keshavamurthy, Saravanabavan D, Praveennath G. Koppad G.S.Pradeep Kumar. Thermal Behavior of PC-ABS based graphane fiiled polymer nonocomposite synthesized by FDM process. *Composites Communication*. 15,2019. 129-134
- [7] Vijay Tambrallimath.,R. Keshavamurthy, Saravanabavan D, Praveennath G. Koppad G.S.Pradeep Kumar. Thermal Behavior of PC-ABS based graphane fiiled polymer nonocomposite synthesized by FDM process. *Composites Communication*. 15,2019. 129-134
- [8] Cadsay bilgi, Ansys Eğitimi, <https://cadsay.com/ansys-nedir>, 14.08.2021