Türkiye'de Bir Girişim Hikâyesi "EVT S1"

Nahit Babaarslan[1]

"Sayfalara sığmayacak bir hikâyenin özeti olan bu yazı, proje boyunca başarılı ve sürdürülebilir bir ürün ortaya çıkarmak üzere, projenin son zamanlarında ise projeyi ayakta tutmak için omuz omuza vermiş proje ekibine ithafen kaleme alınmıştır…"

ELEKTRİKLİ OTOMOBİLLER

Buhar enerjisi ile çalışan ilk otomobilin icat edildiği 18. yüzyılın sonlarından günümüze kadar otomobiller, çok büyük değişim ve gelişim göstermiştir. Geçmişten günümüze dünyanın en önemli sektörlerinden birisi haline gelen otomotiv sektöründe elektrikli otomobillerin ayrı bir önemi ve tarihsel gelişim süreci vardır.

Elektrikli araçlar 19. yy'nin ortalarında ve 20. yy'nin başlarında oldukça popüler olmuştur. O dönemde elektrikli otomobiller, konforu ve kullanım kolaylığı ile fosil yakıtlı otomobillere göre daha üstündü. İçten yanmalı motor teknolojisindeki ilerlemeler bu üstünlüğü tartışmalı hale getirmiştir. Fosil yakıtlı otomobillerin geniş çeşitliliği, daha hızlı yakıt doldurulabilmeleri ve seri üretilebilir seviyeye ulaşmaları, petrollü otomobillerin elektrikli otomobiller ile aynı fiyata gelmesine hatta daha ucuz olmasına sebep olmuştur. Bu gelişmeler, 1930'larda elektrikli otomobillerin piyasadan silinmesine sebep olmuştur [1].

Türkiye'de ilk elektrikli otomobil 1888 yılında II. Abdülhamit tarafından İngiltere'de MessrsImmisch&Co şirketine sipariş edilmiştir. Şirketin mühendisleri Magnus Volk ve Moritz Immisch'in özel olarak hazırladıkları bu otomobil dört tekere ve 20 A'lık, 48 V'lik, 1 beygirlik, patentli bir motora sahipti. Abdülhamit Han tarafından ödüllendirilen mühendisler bu sayede uluslararası bir üne kavuşmuşlardır. Sultan için hazırlanan bu otomobil o zamanın teknik dergilerinde de görülebilmektedir [2].

Resim 1. Messrsımmisch&Co Şirketinin Elektrikli Araç Çalışması

1970 ve 80'lerdeki enerji krizleri, hidrokarbon (petrol) enerji piyasasındaki dalgalanmalar sebebiyle elektrikli otomobillere olan ilgi tekrar yenilenmiştir. 1990'ların başlarında, hava kirliliğinin artması sebebiyle CARB (California Air Resources Board) daha verimli ve daha az emisyonlu araçlara geçişi öngören bir çalışma başlatmıştır [3].

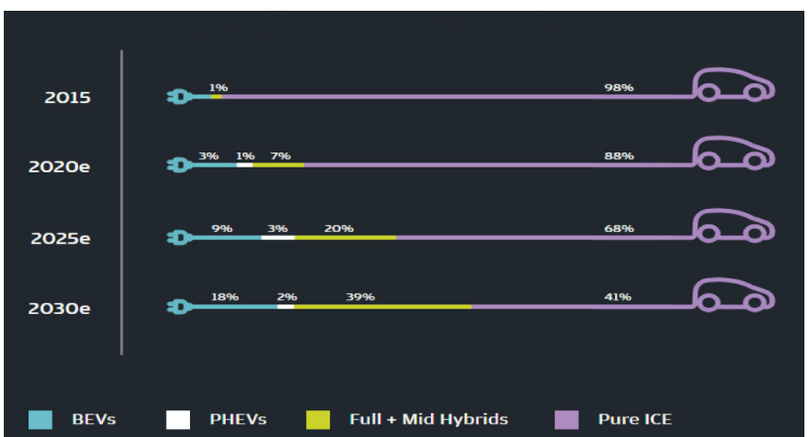
2000'li yılların başında ciddi bir şekilde tekrar gündeme gelen elektrikli otomobiller, yaygınlaştırılması ve önem kazanması için devlet politikaları haline gelmiştir. Bazı Asya ve Avrupa ülkelerinde elektrikli otomobiller konusunda önemli teşvikler sağlanmakta, geleceğe dönük radikal kararlar alınmaktadır. Ülkeler, şehir altyapılarını, gelecekte bu teknolojinin yaygın ve sağlıklı kullanımını sağlayabilmek adına hazırlamaktadırlar.

[1] AR-GE Tasarım Mühendisi, Nurol Makina - *nahit.babaarslan@nurolmakina.com.tr*

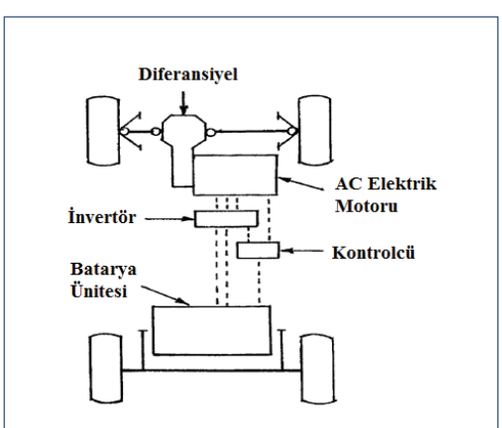
Tarihte ve yakın geçmişte, elektrikli otomobiller konusunda küçük veya büyük ölçekli birçok girişim olmuştur. Zaman içerisinde bu girişimler, petrol endüstrisinin baskıları ve çok çeşitli sebeplerden ötürü gerçekleşememiş veya sona erdirilmiştir. 21. yüzyıl elektrikli otomobiller için yeni bir çağın başlangıcı olmuştur. Büyük ve küçük ölçekli birçok otomobil markası mevcut ve gelecek ürün gamlarına elektrikli ve hibrit versiyonlar ekleme yoluna gitmektedir. Bu konuda son 10 yıllık zaman içerisinde 60'ın üzerinde elektrikli araç modeli geliştirilmiş olup gelecekte var olması planlanan yeni çalışmaların sinyalleri de verilmektedir.

Elektrikli otomobiller temelde hibrit ve saf elektrikli olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Klasik içten yanmalı motor veya alternatif yakıt kullanılan bir motor ile kombine, seri veya paralel konfigürasyonda elektrik motoru kullanılan otomobiller hibrit olarak adlandırılmaktadır. Bu otomobillerde fosil yakıt, konfigürasyona göre elektrik enerji kaynağı veya ilave hareket enerji sağlayıcısı olarak kullanılmaktadır. Elektrik enerjisinin doğrudan depolanmış olarak batarya ünitelerinden alarak motor yardımıyla hareket enerjisine çevrildiği otomobiller ise saf elektrikli otomobiller olarak anılmaktadır.

İçten yanmalı motorlar yerleşik yakıt enerjisini itme gücüne dönüştürürken verimsizdirler, enerjinin çoğu ısı olarak harcanmaktadır. Diğer taraftan, elektrikli motorlar depolanmış enerjiyi mekanik hareket enerjisine dönüştürürken çok daha verimlidir. Tipik olarak, sıradan benzinli motorlar aracı hareket ettirmek için veya güç aksesuarları için yakıt enerjisinin yaklaşık %30 kadarını etkin bir şekilde kullanır. Dizel motorlar %40 civarı bir verimliliğe sahipken, elektrik motorları %90 ve üzeri bir verimliliğe sahip olabilmektedir [5].



Resim 2. Yıllara Göre Dünyada Öngörülen Elektrikli Ve Hibrit Araç Yoğunluğu [4]



Resim 3. Saf Elektrikli Otomobillerin Temel Bileşenleri

SEKTÖRE YÖN VEREN YABANCI BİR GİRİŞİMİN HİKÂYESİ

Tesla, elekrikli otomobil sektöründe yer alan en önemli girişimlerden birisidir. Adını, mucit ve elektrofizik uzmanı Nicola Tesla'dan alan şirket 2003 yılında başladığı serüvenine yaklaşık 16 yılda sayısız çalışma ve rekabetçi piyasada yer edinen çeşitli ürünler sığdırmayı başarmıştır. 2008 yılında ilk ürünü olan Roadster aracı, Lotus Elise platformu üzerine inşa edilmiş olup 30 ülkede 2500 adet satış rakamına ulaşmıştır. Devamında geliştirilen ve 2012 yılında satışa sunulan Model S aracı, platformu, altyapısı, güç, depolama ve kontrol sistemleri şirket bünyesinde geliştirilmiş bir araçtır. Şirket bu projesi kapsamında bütün patentli çalışmalarını sektörün faydalanabilmesi adına açık kaynak halinde paylaşıma sunmuştur. Zaman içerisinde çeşitli ekonomik zorluklar yaşayan şirket, sürekli gelişim ve büyüme yolunu seçerek Model X, Elektrikli Tır ve son olarak da yeni Roadster ve Model 3 modellerini geliştirmiştir. Tesla markasının gelişim sürecinde her zaman ABD devlet politikalarının da önemli katkısı olmuştur. Bugün bakıldığında Tesla, dünya otomotiv devleri sıralamasında marka değeri olarak önemli bir yere oturmuştur. Diğer oluşumlara kıyasla çok daha kısa sürede edilen bu başarının en önemli sırrı elektrikli araç felsefesinin eksiksiz uygulanmasıdır. Tesla ayrıca, yenilenebilir enerji, batarya teknolojileri, enerji istasyonları ve uzay sistemleri üzerine de önemli yatırımlar

ve çalışmalar yapan büyük oluşumlar ile de organik bağlara sahiptir. Bugün bakıldığında Tesla, dünyada teknolojiyi en iyi kullanan otomobil üreticisi konumundadır.

EVT S1

EVT Motor, 2012 yılının mart ayında aylar süren ön hazırlık faaliyetleri ile Hacettepe Üniversitesi Beytepe Kampüsü sınırları içerisinde, spor otomobil sınıfında yerli elektrikli bir araç geliştirmek üzere kurulmuştur. O yıllarda dikkat çeken markalardan birisi olan Tesla, Model S aracının geliştirmesini yeni tamamlamış, seri üretim hazırlıkları içerisindeydi. 2000'lerin başında yoğun bir şekilde tekrar gündeme gelen ve popülerlik kazanan elektrikli otomobiller için 2010 yılı sonrası dünyada ciddi bir atağa geçme dönemi olmuştu. Hazır böyle bir döneme girilmişken bu oluşum, ülkemizin daha fazla zaman kaybetmeden kaçan trenin elektrikli vagonundan treni yakalayabilmek adına kolları sıvamıştı. Bu istikamette 2 proje lideri akademisyen, farklı disiplinlerde 5 tasarımcı mühendis ve 2 teknik personel ile çalışmalar başlamıştır.

Neden elektrikli spor otomobil?

Yüz yılı aşkın tarihe sahip birçok markanın yer aldığı otomotiv sektöründe, yeni bir oluşum olarak mevcut piyasadaki araçlar gibi bir araç tasarlayıp üreterek hayatta kalmak pek mümkün değildir. Bu durum bulunduğunuz ülkenin global otomotiv sektöründeki konumu ile de birleşince ilk adımların doğru atılması çok önemlidir. Bu doğrultuda hızla önem kazanmakta olan elektrikli araçlara yönelmek, hem derin bir altyapı gereksinimine olan ihtiyacı ortadan kaldıracağı gibi aynı zamanda günümüz akımlarına de uyum sağlamayı mümkün kılacaktır. Bir diğer önemli konu ise bir marka olabilmektir. Bunu sağlayabilmenin yolu ise başarılı bir araç ortaya çıkarmak kadar insanoğlunun ilgisini ve beğenisini çekebilmekten geçer [5]. Bu doğrultuda, 7'den 70'e bütün kesimin ilgisini çekebilecek, ilk etapta piyasada rekabet etme kaygısına düşürmeyecek ve butik üretim yaklaşımı ile nispeten daha küçük AR-GE bütçeleri ile hayata geçirilebilecek elektrikli iki kişilik bir spor otomobil geliştirmek üzere yola çıkılmıştır. Ana hedef bir marka değeri kazanabilmek olmuştur. Proje sonunda seri üretime uygun iki adet prototip geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Yola ilk çıkış noktası, geliştirilecek araca bir model ismi vermek olmuştur. Şirket, EVT adını "Elektrikli Vasıta Türkiye" veya "Electric Vehicle Turkey"'den almakta olup modelin adının kısa ve öz bir biçimde S1 yani spor otomobilin 1 numaralı modeli olmasına karar verilmiştir.

Proje boyunca belli ana başlıklar altında toplanabilecek birçok kapsamlı faaliyet gerçekleştirilmiştir.

ARACIN BOYUTLANDIRILMASI VE KONSEPT TASARIM ÇALIŞMALARI

Kapsamlı bir literatür araştırması ile piyasada yer alan içten yanmalı motora sahip ve elektrikli bütün otomobiller incelenmiştir. Projeye referans olabilecek birkaç farklı modelin teker iz açıklığı ve aks aralığı referans alınarak S1'in dört teker konumlandırması yapılmıştır. Bu ilk aşama, projenin yaşam döngüsündeki ilk nefesi sayılmaktadır. Bu aşamayı takiben aracın arkadan motorlu, arkadan itişli konfigürasyona göre şasi ve alt sistem gereksinimleri oluşturulmuştur.

Aracın iz açıklığı ve aks mesafesi belirlendikten sonra ilk iterasyon geometrik ölçüleri (en, boy, yükseklik) tayin edilmiş beş eksenli CNC'den üretilen 1:5 ölçekli plastik araç silüeti üzerine kil model çalışmaları başlatılmıştır. Aracın zaman içerisinde değişime uğrayan ilk karakter çizgileri bu kil model üzerinde oluşturulmuştur. Bu çalışma belli bir olgunluğa eriştikten sonra tersine mühendislik yardımıyla bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Elde edilen 3B model üzerinde gerekli düzenlemeler yapılarak bundan sonraki tasarım aşamaları bilgisayar ortamında devam etmiştir.

Resim 4. EVT S1'in İlk Kil Model Çalışması

EVT S1 konsept oluşum sürecinde projenin teknik özelliklerinin (ağırlık, menzil, 0-100 hızlanma, maksimum hız, dönüş yarıçapı vb) de yer aldığı gereksinim matrisi oluşturulmuştur. Araçta kullanılacak motor tipi ve özellikleri ile beraber batarya tipi ve kapasitesi, fren ve direksiyon sistemi ekipmanları, iklimlendirme sistemi ve daha birçok entegre alt sistem ekipmanları için alternatifli seçenekler oluşturulmuştur. Bu çalışma, aracın gereksinimleri doğ-

rultusunda gerçekleştirilmiş olup tedariği zaman alabilecek ve proje takvimini etkileyebilecek sistemlerin önceden temin edilebilmesine olanak sağlamıştır.

ŞASİ VE MEKANİK ALTYAPI

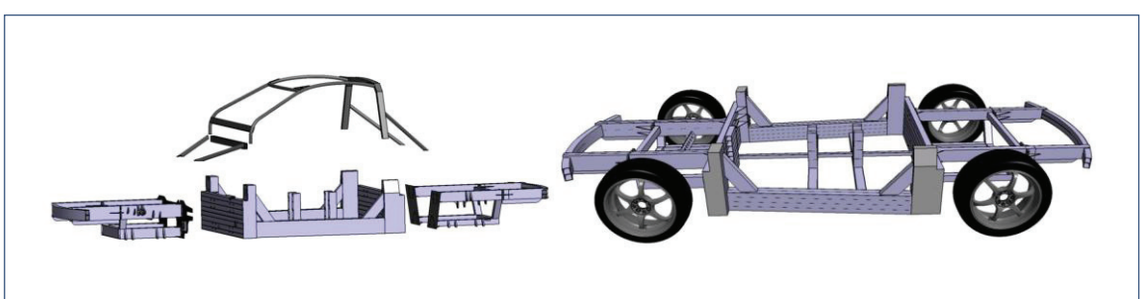
Spor otomobiller sınırlı sayıda üretimleri ve performans gereksinimlerinden dolayı şasi tiplerine ve tasarımlarına göre normal binek otomobillerden farklılık göstermektedir. Bir spor otomobilden yüksek burulma direncinde rijit bir şasiye sahip olması beklenmektedir. Spor otomobil kavramına bir de aracın elektrikli olması eklendiğinde ağırlık, en önemli tasarım parametresi haline dönüşmektedir [5]. S1 aracının özgün küvet-kafes tipi şasisi kolay üretilebilir modüler yapıda, yüksek burulma direncine sahip ve düşük ağırlıkta tasarlanmıştır. Şaside, ağırlıklı olarak yüksek mukavemetli alüminyum alaşım tercih edilmiştir.

S1'de şasi olarak adlandırılan ana taşıyıcı yapısal dört ayrı modülden oluşmaktadır. Her bir modül kendi içerisinde kaynaklı bir yapı olmak üzere, yüksek mukavemetli yapıştırıcılar ve mekanik bağlayıcılar ile bir araya getirilerek şasiyi oluşturmaktadır. Şasiyi oluşturan elemanların kenar birleşimlerinde kaynak uygun bir yöntem iken, geniş yüzey birleşimlerinde mekanik bağlayıcı destekli yapıştırma yöntemi tercih edilmiştir. Bu sayede birleşim yüzeylerinde tam kontak ve rijit yapı elde edilmiştir.

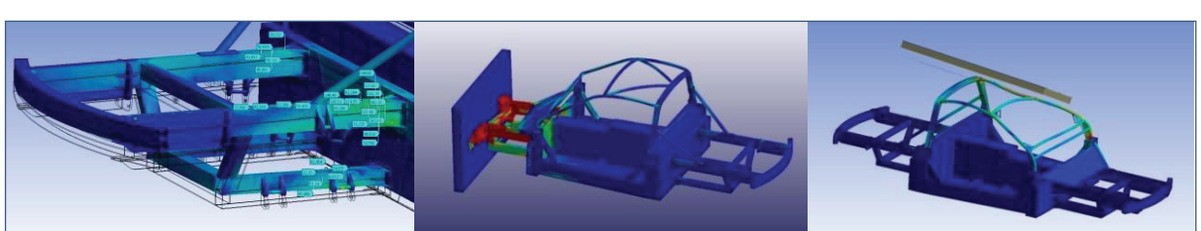
Şasi ön tasarımı, aracın geometrik ölçüleri ve konsept tasarımına göre oluşturulmuştur. Detay tasarımda, şasi üzerinde gerçekleştirilen çeşitli analizler yardımı ile modülleri oluşturan her bir profilin ekstrüzyon kesit detayları ve kalınlıkları optimize edilmiştir. Ayrıca bu analizler, modüllerin bağlantı şekli ve arayüzlerinin detay tasarımlarına da yön vermiştir. S1 şasisi, %30 özel üretim %60 standart ekstrüzyon uygulanmış profillerden ve %10 CNC işleme parçalardan oluşmaktadır. Aracın şasi ağırlığı 114 kg'dır ve araç piyasada yer alan muadilleri arasındaki en düşük ağırlığa sahiptir.

Şasi tasarım sürecinde hem parça hem de bütün sistem bazında birçok analiz ve simülasyon gerçekleştirilmiş olup bu analizler tasarıma önemli girdiler sağlamıştır. Bu kapsamda şasinin burulma, değişken hızlarda çarpışma, yanal çarpışma ve takla analizleri, standartlara uygun bir şekilde gerçeğe en yakın parametreler tanımlanarak gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerde, şasi üzerinde aracın nihai ağrılığı tanımlanmış, özellikle ön ve yan çarpışma simülasyonları ile takla analizi standartlarda tanımlanan yöntemlere göre kurgulanmıştır.

Araçta yer alan güç grubu, batarya ünitesi, süspansiyon sistemi ve gövde panelleri başlıca olmak üzere neredeyse bütün sistemler şasi ile doğrudan ilişkide olduğu için şasi üzerinde gerçekleştirilen analizlere ek olarak bu sistemlerin konumlandırılmaları da şasi tasarımına önemli ölçüde yön vermiştir. Özellikle çarpışma testlerinde



Resim 5. S1'in Modüler Küvet-Kafes Tipi Şasi Tasarımı [5]



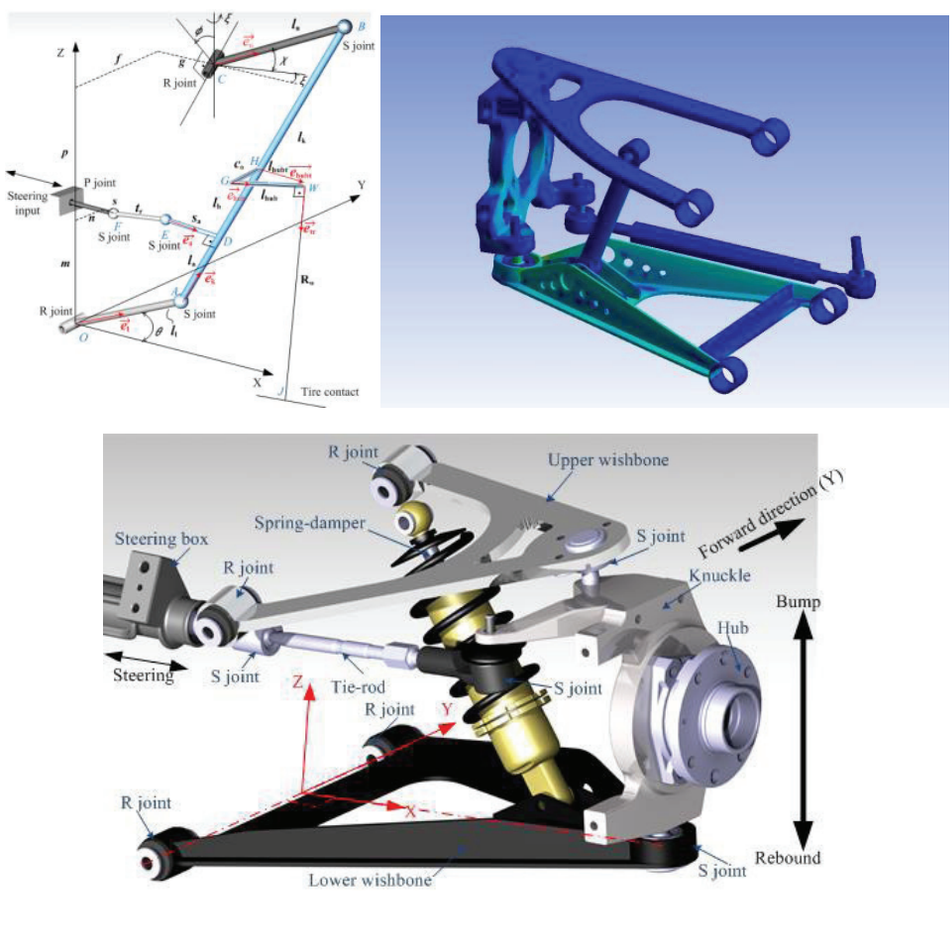
Resim 6. Şasi Üzerinde Gerçekleştirilen Burulma, Çarpışma ve Takla Analizleri [5]

araçta yer alan sistemlerin konumu ve çarpışma anındaki davranışlarının analizlerin sonucuna olan etkileri tasarımda önemli girdiler olmuştur. Özetle şasi tasarımı en temelde aracın oluşumuna yön verirken aynı zamanda bütün sistemler ile etkileşiminden ötürü canlı bir sistem olup proje sonuna kadar güncelleme gerektirmiştir. Bu sebeple S1 şasi tasarımı bütün alt sistem tasarımları tamamlandıktan sonra belirli bir olgunluğa erişmiştir.

OTOMOTİV ALT SİSTEMLER

Projede gerçekleştirilen alt sistem faaliyetlerini mekanik ve elektrik-elektronik sistemler olarak temelde ikiye ayırabiliriz. Mekanik sistemler kapsamında aracın süspansiyon sistemi sıfırdan özgün bir şekilde geliştirilmiştir. Fren, direksiyon, havalandırma sistemleri ve silecek, kapı-kapak mekanizmaları, açılır kapı camları gibi kinematik sistemler de bir kısım hazır ekipmanlar kullanılarak tersine mühendislik ve tasarım çalışmaları ile araca uygun hale getirilmiştir. Elektrik-Elektronik çalışmalar kapsamında aracın güç grubu, batarya ünitesi, kontrolcüler ve diğer bütün ilgili sistemler mekanik ve yazılımsal anlamda araca konfigüre edilmiş, aracın bütün kablaj tasarımı ve aracın özgün yazılımı şirket bünyesinde gerçekleştirilmiştir.

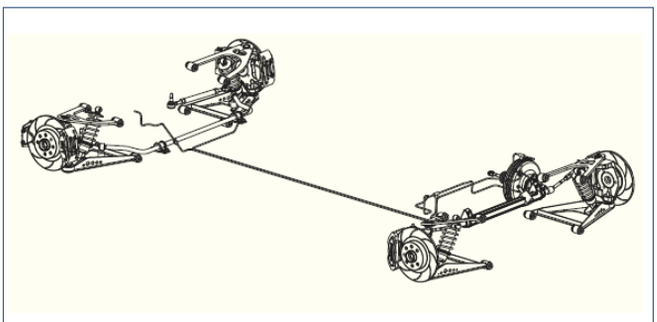
Süspansiyon sistemi aracın konfor, yol tutuş, frenleme ve performans karakteristiklerini doğrudan etkileyen en önemli sistemlerden biridir. S1'in çift salıncaklı, dört tekerden tam bağımsız süspansiyon sistemi şirket bünyesinde sıfırdan yaklaşık altı ayda geliştirilmiştir. Öncelikli olarak süspansiyon sisteminin temel kinematik modeli oluşturulmuştur. Bu model üzerinde kullanım senaryoları (frenleme, viraj alma, kasisten geçme) baz alınarak kinematik analiz metodu geliştirilmiştir. Analitik çözümlemeler yapılarak kamber, kaster, kingpin ve toe varyasyonlarına göre aracın süspansiyon geometrisi oluşturulmuştur.



Resim 7. Sistemin Kinematik Modeli, Analiz Çalışmaları ve Detay Tasarımı [6]

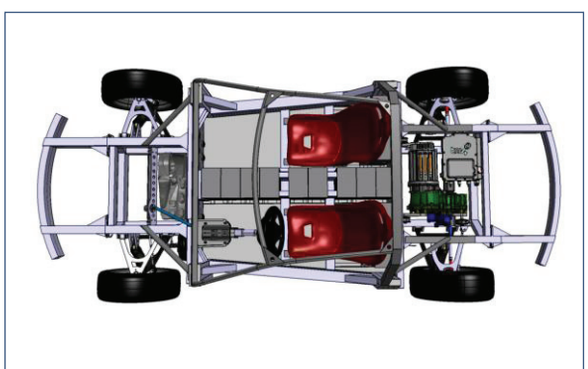
Süspansiyon sistem geometrisi başka bir deyişle çalışan uzaysal sistemin her bir bağlantı noktası uzayda tayin edildikten sonra yine kullanım senaryoları baz alınarak kötü senaryolara göre sistemin analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu analizler yardımı ile sistemi oluşturan her bir parçanın geometrisi oluşturulmuş, kullanılacak malzemeler tayin edilmiş ve detay tasarımı tamamlanmıştır.

Araçta kullanılacak direksiyon sistemi dönüş yarıçapı gereksinimi ve süspansiyon sistemi tasarımına uygun olarak piyasadan seçilmiştir. Tersine mühendislik ve sistem üzerinde revizyonlar yapılarak sistem araca uygun hale getirilmiştir. Fren sistemi ise sıfırdan araca göre geliştirilmiştir. Sistemin fren merkezi ve bazı ekipmanlar piyasadan konfigürasyona uygun olarak tedarik edilse de fren diskinden fren pedalına kadar birçok sistem hesaplamalar ve analizler ile şirket bünyesinde geliştirilmiştir.



Resim 8. S1 Tam Bağımsız Süspansiyon ve Fren Sistemi Gösterimi

S1 aracında 105 kW'lik AC motor, kontrolcü ekipmanları ve tek redüksiyonlu şanzuman aracın arkasında yere yakın konumlandırılmıştır. 35 kW/saat kapasitesindeki LiFePO4 batarya ünitesi ise kabin bölgesinde yer almaktadır. Araçta kullanılacak bataryalar fiziksel darbelere dayanıklı ve dış ortama karşı izole yapıda olduklarından güvenlik



Resim 9. Bazı Alt Sistemlerin Şasi Üzerinde Yerleşimi

açısından hiçbir sakınca görülmemiş, aksine analizlerde aracın yapısal bir unsuru olarak değerlendirilmişlerdir. 1.000 kg öngörülen aracın yaklaşık 350 kg'lik kısmı 110 adet üniteden oluşan batarya sistemidir. Ve bu sistemin konumu aracın ağırlık merkezi önemli ölçüde etkilemektedir. Bu sebeple kullanıcı ergonomisini de hesaba katarak araç içerisinde yere en yakın ve en güvenli şekilde konumlandırılmışlardır.

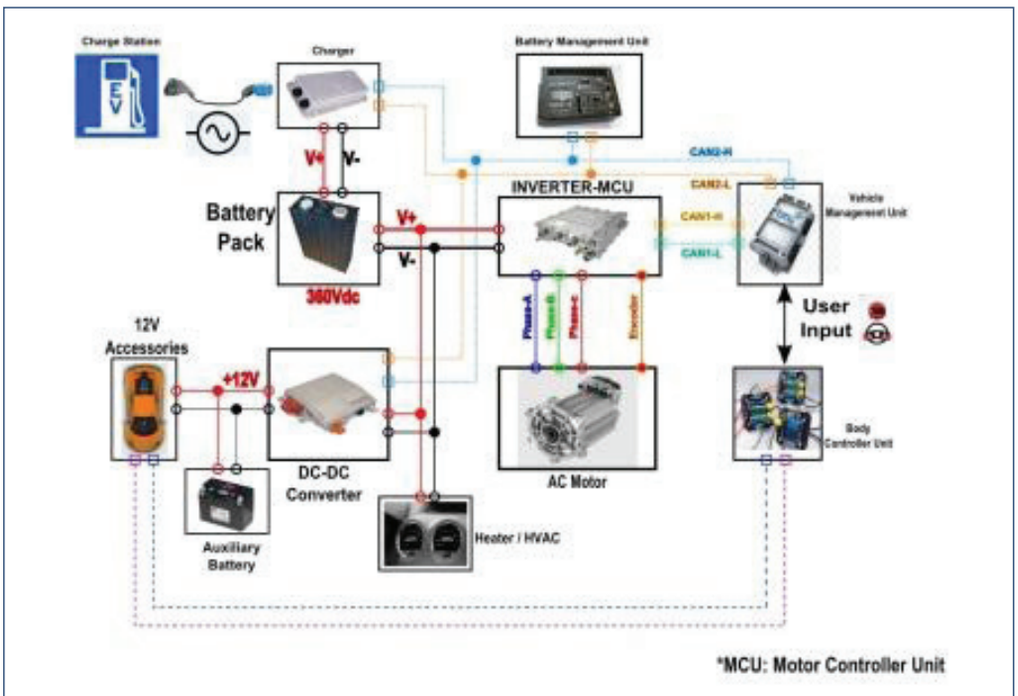
Ciddi bir elektrik-elektronik altyapıya sahip olan aracın bütün sistem tasarımı ve güç gurubu yazılım çalışmaları şirket bünyesinde gerçekleştirilmiştir. Sistemin ulaşabildiği yüksek akım ve voltaj değerleri sebebiyle sistemin izolasyonu üzerine çok ağırlık verilmiştir. Aynı şekilde elektronik sistemlerde oluşabilecek gürültü kaynaklı arızaların da önüne geçilebilmiştir.

GÖVDE VE İÇ TASARIM

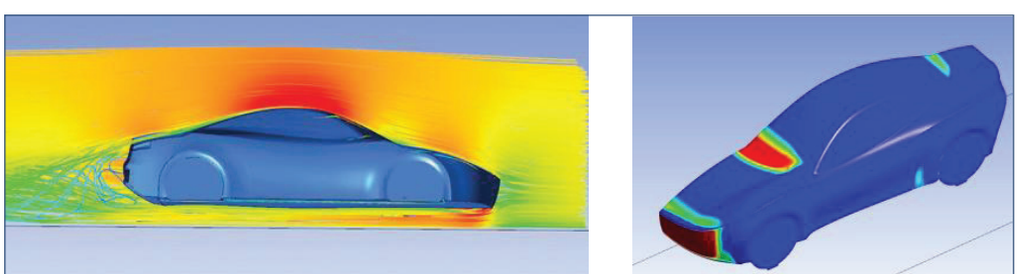
Projenin başında genel boyutları ve karakter çizgileri oluşturulan gövde, şasi tasarımı ve yerleşim çalışmaları paralelinde akış analizleri desteği ile belli bir olgunluğa erişmiştir. Günümüz seri üretim araçlarında, şasi aynı zamanda gövdenin büyük bir kısmını oluşturmaktadır ve bu yapılara unibody (monokok) adı verilmektedir. Farklı bir yaklaşım egzotik spor araçlarda uygulanmaktadır. Bu araçlar, kafes tipi traversler ile destekli monokok yapı üzerine gövde panelleri giydirilmesi yaklaşımı ile üretilmektedir.

Gövde konsept tasarımı sonrası detay çalışmalarında aerodinamik analizler önemli rol oynamıştır. Yüksek performans ihtiyacı aracın rüzgar direncini minimumda tutma gereksinimini doğurmuştur. Bu kapsamda gövde üzerinde detaylı akış analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu analizler yardımı ile yüksek direnç oluşturan bölgeler tasarımsal olarak tekrar ele alınmıştır. Neticede spor otomobil sınıfında iddialı sürtünme katsayısı değerlerine erişilmiştir.

S1 aracında egzotik araçlardaki yapıya benzer bir yaklaşımda traversler ile destekli küvet tipi şasi üzerine gövde panelleri giydirilmesi yöntemi uygulanmıştır. Bu yaklaşıma, literatürde yapısal destekli panel giydirme adı verilmektedir. Bu tarz bir yaklaşımda en önemli husus, gövde panellerinin şasi üzerinde homojen ve izole edilmiş bağlantı noktalarına sahip olmasıdır. Gövde panellerinin gereksinimlere (hasar dayanımı, yük taşıma gereksinimi



Resim 10. S1'in Elektrik Elektronik Sistem Mimarisi*



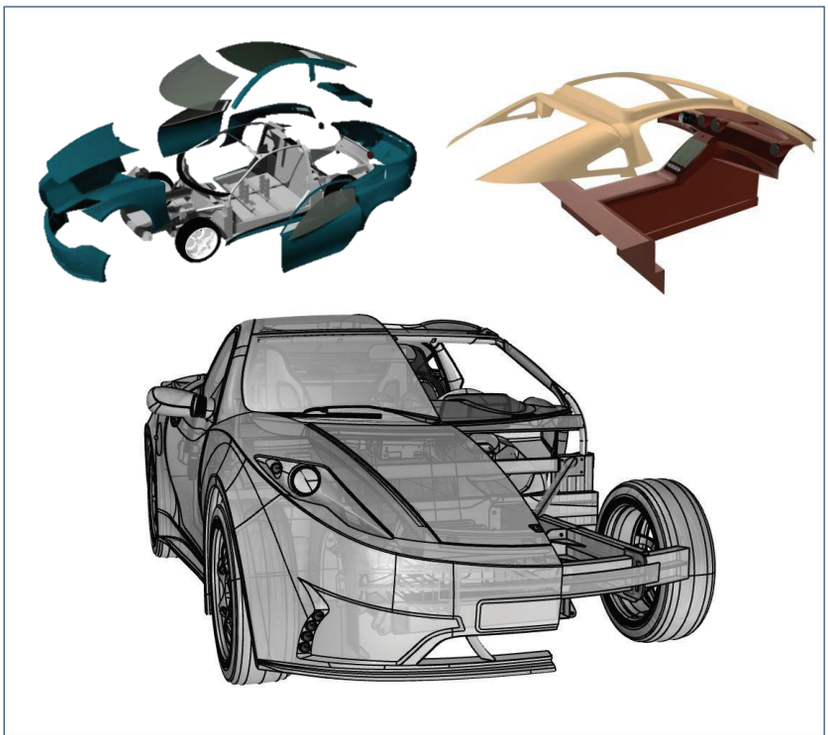
Resim 11. Gövde Akış Analizleri

vb) göre fiber ve karbonfiber kompozit kombinasyonu olmasına karar verilmiştir. Burulmanın en çok görülebileceği şasi bölgelerinde esnek bağlantı tercih edilmiş, rijitlik beklenen karbon elyaf paneller ve aracın camlarının bağlandığı gövde yüzeyleri şasiye çoklu noktadan yine esnek arayüzler ile bağlanmıştır.

Gövde tasarımında ergonomi önemli bir parametredir. Cam boyutları, sürücünün görüş alanını artırmaya yönelik tayin edilmekle birlikte camlar, aracın aerodinamik yapısını korumak üzere tasarlanmıştır. Aynı şekilde kapılar ve ön-arka bagaj kapağı yüksek kullanım ergonomisi sağlamaktadır. S1 aracında B sınıfı binek otomobillere yakın olarak toplamda 350 lt bagaj hacmi sunulmuştur.

Ergonomi faktörü en çok iç tasarım sürecinde belirleyici olmuştur. Direksiyon ve koltuk konumlandırmasından başlayarak aracın havalandırma sistemi, gösterge, kullanıcı ekranları yerleşimleri ve ön-orta konsol tasarımına kadar bütün konularda ergonomi faktörü standartlara uygun şekilde ele alınmıştır. İç tasarımda, renk geçişlerinde ve kullanılacak malzemelerde ise ergonominin yanında estetik kavramı göz ardı edilmemiştir.

* Charge station (şarj istasyonu), charge (şarj cihazı), battery management unit (batarya kontrol ünitesi), battery pack (batarya ünitesi), vehicle management unit (araç kontrol ünitesi), user input (kullanıcı girdisi), body control unit (göde kontrol ünitesi), 12V accessories (12V ekipmanlar), auxiliary battery (harici batarya), heater (iklimlendirme), converter (dönüştürücü).



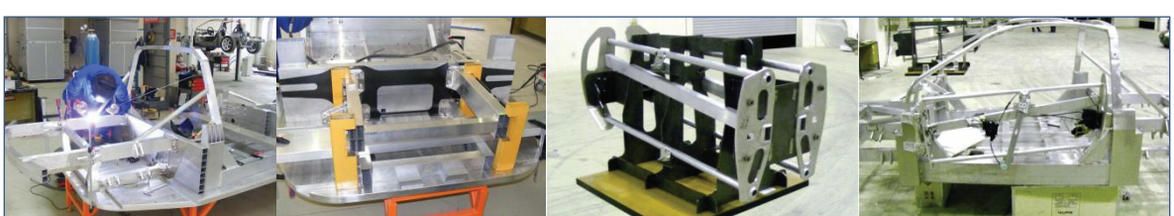
Resim 12. S1 Gövde ve İç tasarımı

ÜRETİM VE ENTEGRASYON FAALİYETLERİ

Aylarca bilgisayar ortamında ele alınan bir tasarımı, hayal edileni gerçeğe dönüştürmek, somutlaştırmak zorlu bir süreçtir. S1 aracının bütün tasarım süreçlerinde hayal edileni gerçeğe dökebilmek adına üretilebilirlik çalışmaları yer edinmiştir. Şasi üretiminde kullanılacak yüksek mukavemetli yapıştırıcının kimyasal ve fiziksel testlerinden, gövde panellerinin üretim denemesine kadar birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda elektronik sistemler haricen deney düzenekleri oluşturularak test edilmiş ve yazılım çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

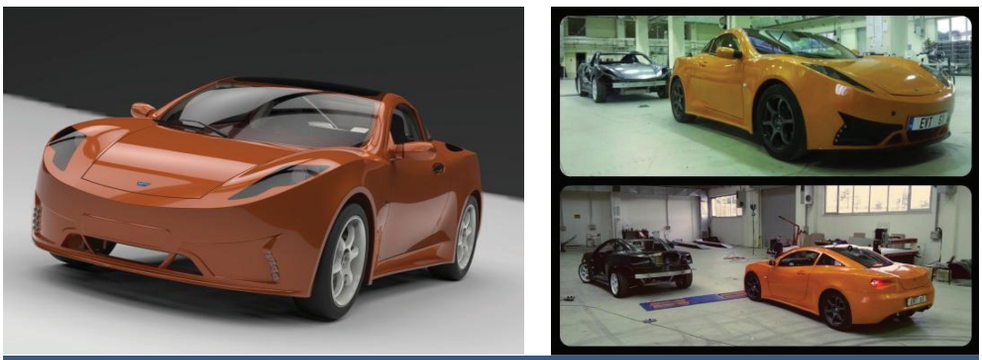
Üretim süreci, sistem bazında şasi üretimi ile başlamıştır. Bu kapsamda şasiyi oluşturan bütün elemanlar, profil tipleri ve şaside kullanılacakları bölgeye göre kodlandırılmıştır. Ham boylarda tedarik edilen her bir profil çeşitli mekanik işlemlerden geçirilerek toleranslar dahilinde istenen geometride elde edilmiştir. Yüzlerce parça ve profilden oluşan şasi, şirket bünyesinde geliştirilen hassas ve düşük maliyetli takım ve fikstürler kullanılarak bir araya getirilmiştir.

Toplamda bir deneme üretimi ve iki adet prototip için olmak üzere üç şasi üretilmiştir. Deneme üretiminden sonra şasi üzerinde özellikle süspansiyon sistemi bağlantı arayüzleri olmak üzere kritik bölgeler lazer tarama yöntemi ve manuel CMM ile kontrol edilmiştir. Doğrulanan deneme üretimi ve fikstürler sonrasında geliştirilecek iki prototip araç için aynı yöntemlerle iki şasi üretilmiştir. Aynı zamanda deneme şasi üretimi sonrası şasinin kaynak, yapıştırıcı ve mekanik bağlantı talimatları çıkarılmış, seri üretime yönelik iyileştirme aksiyonları alınmıştır.



Resim 13. Şasi ve Kapı Fikstürleri ile Gerçekleştirilen Üretimler

Resim 14. Üretimi, Doğrulaması ve Alt Sistem Montajı Tamamlanan S1 Şasileri [5]



Resim 15: Bilgisayar Görseli Araç Maketi ve Üretilen Prototipler

Şasi üretimleri tamamlandıktan sonra, paralelde geliştirilen süspansiyon, fren ve direksiyon sistemlerinin şasiye entegrasyon çalışmaları yapılmıştır. Devamında testleri tamamlanan güç grubu ve elektrik elektronik sistemin, şasi üzerinde montajı gerçekleştirilmiştir. Gövde panellerinin kalıp hazırlıkları ve ürün elde edilmesine kadar geçen uzun süreçte bütün otomotiv alt sistemlerin şasi üzerinde test edilmesi mümkün olmuştur. Bu kapsamda S1 araçları şasi halde iken yani üzerinde gövde panelleri olmadan farklı yol koşullarında yaklaşık 1000 km yol kat etmiştir.

Gövde panelleri üretildikten sonra her bir panelin boya ve kaporta işçilikleri dışardan hizmet alımı ile şirket bünyesinde gerçekleştirilmiştir. Aracın elektrik elektronik sistem ağı oluşturulduktan ve bütün alt sistemlerin montajı tamamlandıktan sonra iç döşeme ve gövde panellerinin montaj aşamasına geçilmiştir. Gövde, camlar ve iç döşeme montajında araçta su sızdırmazlığı ve ses izolasyonu sağlamak amacı ile otomotiv endüstrisinde sıklıkla kullanılan fitil ve izolasyon malzemelerinden faydalanılmıştır. Proje başında hedef konulan aynı konfigürasyonda turuncu ve mavi olmak üzere iki prototip araçtan mevcut bütçe ile önce turuncu olan ilk prototip geliştirilmiştir.

PROJENİN SON AŞAMALARI VE AKIBETİ

Gelişimi tamamlanan turuncu renkli ilk prototip 30 Ağustos Zafer Bayramı'nda ilk defa görücüye çıkarılmıştır. Hayat bulduğu Hacettepe Üniversitesi Beytepe Kampüsü'nde fotoğraf çekimleri yapılan EVT S1 için çeşitli basın yayın kuruluşlarında ve fuar organizasyonlarında boy göstereceği tanıtım süreci de başlamış bulunmaktaydı. Birçok televizyon ve internet kanalına bir başarı öyküsü olarak konu olan araç yine birçok büyük fuar organizasyonuna ve üniversite etkinliğine de katılım sağlamıştır. Katılım sağladığı bütün organizasyonlarda büyük beğeni toplayan araç için yerli yabancı birçok yatırımcı kolları sıvamış bulunmaktaydı.

Araç tanıtım organizasyonları ve etkinlikler paralelinde test edilmeye devam etmekteydi. Bu kapsamda ağırlıklı olarak üniversitenin kampüs sınırları içerisinde farklı yol koşullarında sürüş ve performans testleri gerçekleştirilmiştir. Turuncu renkli ilk prototip yaklaşık 5000 km'lik yol testlerine tabii tutulmuştur.

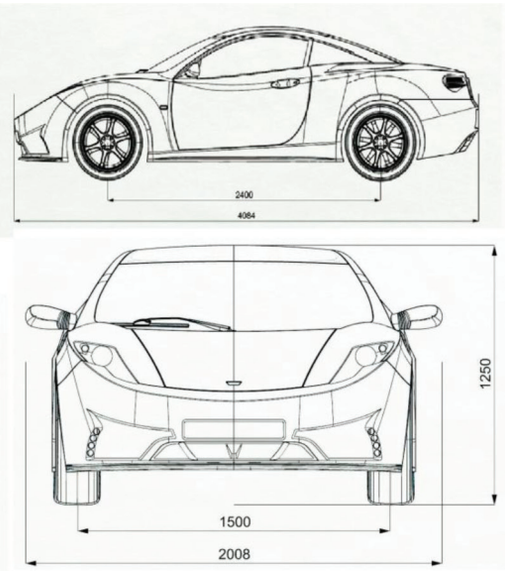
Konu en temelde bir mühendislik problemi, hedef sıfırdan her detayı ile bir araç geliştirmek ve yerleşke de bir üniversite olunca proje kapsamında birçok akademik AR-GE çalışmasının gerçekleştirilmesi kaçınılmazdır. Şirket, proje boyunca birçok lisans öğrencisine değişken sürelerde staj imkânı sunmuştur. Staj süreleri boyunca öğrenciler, aktif çalışma ve gelişimlerine yardımcı olacak birçok farklı işi deneyimleme fırsatı bulmuşlardır.

Proje ekibinde yer alan üç mühendis, proje boyunca lisansüstü eğitimlerini tamamlamıştır. Bu kapsamda EVT S1 projesinin konu olduğu iki yüksek lisans tezi çıkarılmıştır. Proje ile ilgili ve patente konu olabilecek sayısız çalışmanın yanında birisi yayın aşamasında olan ve birisi uluslararası dergilerde kabul görmüş makale kaleme alınmıştır.

2012 yılında, dünyada kaçan bir treni ülkemizde bir marka değeri kazanıp yakalayabilmek gayesi ile kurulmuş EVT Motor şirketi, yaklaşık dört yılda sıfırdan geliştirdiği birisi tamamlanmış diğeri de bütçe kesintisi sebebi ile yarım kalmış iki S1 prototipi ile 2016 yılında faaliyetlerine son vermek zorunda kalmıştır.

EVT S1 Teknik Özellikler

Versiyon	S1	S1+
Batarya Tipi	LiFePO4	
Anma Gerilimi	358 V	
Batarya Kapasitesi	35 kW/saat	50 kW/saat
Şarj Süresi (Normal)	10 saat (220 V-16 A prizde)	
Şarj Süresi (Hızlı)	30 dk (%80 doluluk)	
Aktarma	Arkadan itiş 8.28:1 Redüksiyon Oranı	
Süspansiyon Sistemi	Ön-Arka Çift Salıncaklı burulma çubuklu	
Fren Sistemi	Çift devreli kuru sürtünmeli ve rejeneratif fren sistemi	
Lastik Ebatları	Ön 205 45/R17 Arka 225 45/R17	
Motor Tipi	AC Fırçasız	
Maksimum Güç	141 hp @9000 d/dak	200 hp @9000 d/dak
Maksimum Tork	180 Nm @9000 d/dak	230 Nm@9000 d/dak
Maksimum Verim	95%	
Maksimum Menzil	300 km	
Eğim Tırmanabilme	43%	
0-100 km/saat Hızlanma	7,5 sn	5,2 sn
Maksimum Hız	180 km/saat	210 km/saat



Resim 16. Proje Ekibi ve S1

KAYNAKÇA

1. **Kirsch A. D.** 2000. The Electric Vehicle and the Burden of History, Rutgers University Press.
2. Anonim, www.old-print.com/mas_assets/full2/J0661888/J0661888218.jpg, son erişim tarihi: Ekim 2013.
3. Anonim, Five myths about green energy, www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2010/04/23/AR2010042302220.html, son erişim tarihi: Ekim 2013.
4. **Kaneva, N.** 2018. "Driving into 2025, The Future of Electric Vehicles," www.jpmorgan.com, son erişim tarihi: Ocak 2018.
5. **Babaarslan, N.** 2014. "M1 Kategorisi Elektrikli Spor Araç İçin Yeni Bir Şasi Tasarımı ve Üretimi", Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
6. **Tanık, E., Parlaktaş, V.** 2015. "On the Analysis of Double Wishbone Suspension", Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, Vol. 9, No: 3, p. 2