



DMROVAS YÖNTEMİ UYGULANARAK PRİZ KOLYE TASARIMINDA OPTİMİZASYON

Burak Öztürk^{a*}

^aBilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü,
TÜRKİYE

* Sorumlu Yazar: burak.ozturk@bilecik.edu.tr

(Geliş/Received: 20.05.2019; Düzeltme/Revised: 26.06.2019; Kabul/Accepted: 19.07.2019)

ÖZET

Priz kolye bağlantı elemanı, tesisat sistemlerindeki plastik ve metal boruları birbirine bağlayan bir üründür. Özellikle tarımsal sulama sistemlerinde birçok farklı uygulaması vardır. Bu ürün endüstride plastik enjeksiyon metodu ile üretilir. Bu ürünlerin minimum hacimde üretilmesi, hammadde maliyetlerini düşürmek için büyük önem taşımaktadır. Aynı zamanda, güvenlik tesisat sistemleri elde etmek için maksimum güvenlik faktörüne sahip olmaları gereklidir. Bu iki amaç için yeni bir endüstriyel tasarım geliştirme yöntemi önerilmiştir. Araştırmacılar, optimum tasarımın yalnızca minimum hacim ve maksimum güvenlik faktörü değeriyle elde edilebileceğini belirtmiştir. Ancak, bir tasarımı oluşturan parametrelerin mukavemet sonuçlarına % etkileri diğer çalışmalarda incelenmemiştir. Önerilen bu yöntem üç ana adım ve dokuz alt adımdan oluşmaktadır. Bu yöntem priz kolye ürünlerinin ideal tasarım geometrisini elde etmek için ayrıntılı olarak tarif edilmiştir. Maksimum stres, güvenlik faktörü ve ağırlık varyasyonları FEM analizi ile ortaya çıkarılmıştır ve tasarım parametrelerinin her birinin F kuvvet yüzdesini belirlemek için varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Kişinin minimum ağırlığı için en uygun tasarım parametre seviyeleri seçildi. Sonuç olarak bir priz kolye tasarımı; minimum hacim ve maksimum güvenlik katsayısı elde edilerek geliştirilmiştir. Bu yöntemin birçok farklı endüstriyel tasarımın geliştirilmesinde uygulanabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: DMROVAS, CAD, Sonlu Elemanlar Yöntemi

ABSTRACT

Clamp saddles fastener is a product that connects plastic and metal pipes in installation systems. There are many different applications especially in agricultural irrigation systems. It is produced in the industry with plastic injection method. The production of these products with minimum volume is of great importance for reducing raw material costs. At the same time, safety plumbing systems have to have maximum safety factor to obtain. A new industrial design development method has been proposed for these two purposes. Researchers have indicated that optimum design could only be achieved with a minimum volume and a maximum safety factor value; however, the parameters that make up a design and the effects of different measurements on strength properties have not been investigated in other studies. This proposed method consists of three main steps and nine sub-steps. This method has been described in detail in order to obtain the ideal design geometry of clamp saddles products. Variations of maximum stress, safety factor and weight were revealed by FEM analysis and variance analysis (ANOVA) was used to determine the F force percentage for each of the design parameters. Optimal design parameter levels were chosen for the individual's minimum weight. As a result the design of a clamp saddles; minimum volume and maximum safety coefficient. It is believed that this method can be applied in the development of many different industrial designs.

Keywords: DMROVAS, CAD, Finite Element Method

1.GİRİŞ

Ülkemizde TS 11 EN 10242 standartlarında döküm fittings seri üretimi yapılmaktadır ve yüksek üretim maliyetleri yüzünden bazı ekonomik problemler ortaya çıkmıştır [1]. Ayrıca düşük cidar kalınlığı nedeniyle ortaya çıkan yüksek soğuma hızı sonucunda son derece kırılğan mikroyapılar oluşmaktadır [2]. Östemperleme ısıl işlemi sonucunda dökme demir boru bağlantı elemanlarında işlenebilirliği olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu yüzden östenitleme ısıl işlemi bu malzemelere uygulanarak işlenebilirlik artırılırken kırılğanlık azaltılmaktadır [3]. Ayrıca boru bağlantı elemanlarının Avrupa’da prınç ve Amerika’da bakır, Hindistan ve Çin’de 6061–T6 malzemesinden üretimi yapılmaktadır [4-5]. Boru bağlantı elemanı olarak tesisat sistemlerinde, metal malzemeler kullanıldığı gibi plastik boru bağlantı elemanlarından da yararlanılmaktadır. Plastik borular ve bağlantı ürünleri genel olarak tesisat sistemlerinde ve tarım arazilerinin sulanmasında kullanılmamaktadır [6]. Plastik tesisat hatlarında emniyet katsayısı düşük ve yüksek basınçlar altında uygulaması olmayan elemanlardır. Özellikle sıcaklık etkisinin yüksek oranda hissedildiği şehirlerde plastik boru bağlantı elemanlarında sıcaklık etkisi ile yorulma ve çatlaklar gözlemlenmektedir. Tesisat hatlarında uygulamaları bulunan bağlantı elemanlarının emniyet katsayısı ne kadar fazla olursa yorulma etkisi o kadar az olmaktadır. Şehir şebekelerinde metal boru bağlantı elemanlarının emniyet katsayısı en az 20 olduğu belirlenmiştir [7]. Ayrıca literatürde bağlantı elemanlarının mekanik özellikleri ile ilgili yapılan araştırmalar yer almaktadır. Dökme demir fittings ürünlerinin mikroyapı ve sertlik değişimleri soğuma hızına bağlı olarak araştırılmıştır [8]. Boru ve bağlantılarda çok amaçlı deneysel ve hesaplamalı basınç düşümü analizi, kurgulanan bir test düzeneği ve akış analiz programı yardımı ile yüksek lisans çalışması olarak araştırılmıştır [9]. Dirsek boru bağlantı elemanının boru büküm işlemi, LS-DYNA ve ANSYS programında sonlu elemanlar yöntemi ile yüksek lisans çalışması olarak incelenmiştir [10]. Sonlu elemanlar yöntemi boru bağlantı elemanlarının araştırmalarında kullanılmıştır [11]. Zemine gömülü boruların sismik etkiler altındaki davranışı araştırılmıştır [12]. Farklı zeminlerdeki boruların dinamik yükler altında davranışları incelenmiştir [13]. Boru bağlantı elemanlarındaki tasarımsal problemleri önlemek için gerilme bölgelerinde kuşaklı bir tasarım geometrisi geliştirmişlerdir [4]. Bu tasarım geometrisini oluşturan farklı parametre ve seviyeleri için hacim, emniyet katsayısı ve maksimum gerilme değişimleri Taguchi Metodu ve Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. Minimum hacim miktarı için maksimum emniyet katsayısı elde edilmiştir [5].

Priz kolye ürünleri metal ve plastik boru bağlantı elemanlarının bağlantılarında ara eleman olarak kullanılan plastik ürünlerdir. Bu ürünlerin emniyet katsayısının artırılması ve bu amacın minimum hacim değerine sahip bir endüstriyel tasarımla sağlanabilmesi endüstri için çok önemlidir. Literatürde endüstriyel tasarım yöntemleri kullanılarak birçok farklı ürünler geliştirilmiştir [14-18]. Bu makalede minimum hacim değeri ile maksimum emniyet katsayısı elde etmek için bir endüstriyel tasarım geliştirme yöntemi önerilmiştir.

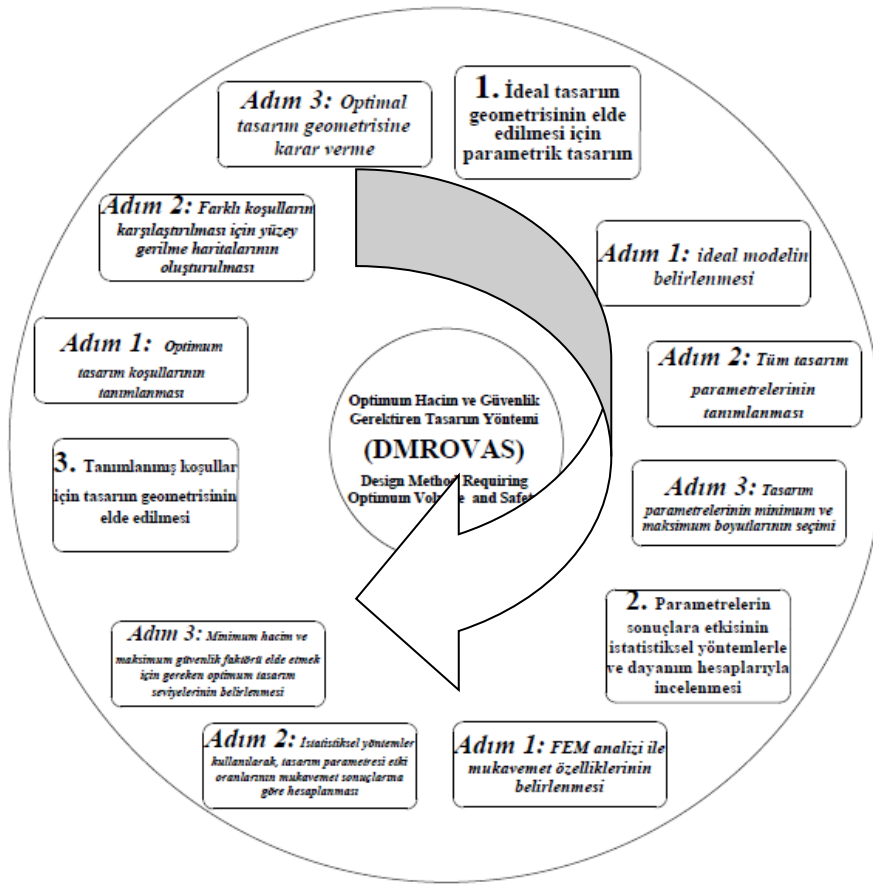
2. MATERYAL VE METOT

Plastik priz kolye tasarım geometrisinde optimizasyon için uygulanan bu yeni yöntemde bazı yardımcı yazılımlar ve metotlar kullanılmıştır. Farklı tip tasarım geometrileri belirlenen deney tasarımı ve parametre seviyeleri için; geometriler SolidWorks Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) Programı yardımıyla modellenmiştir. Endüstriyel tasarımı yapılan bu geometrilerin gerilme analizleri Ansys 15. Programı yardımıyla Sonlu Elemanlar Yöntemiyle yapılmıştır. Bu çalışmada deney tasarımı için Taguchi Metodu ve tasarım parametrelerinin etki şiddetleri Anova Varyans Analizi ile yapılması için Minitap 16. Programı kullanılmıştır. Bu yöntem üç ana basamak olmak üzere toplam dokuz adet süreçten meydana gelmektedir.

3. YENİ BİR ENDÜSTRİYEL TASARIM GELİŞTİRME METODU; DMROVAS

Endüstriyel tasarım ilgili yapılan araştırmalarda ideal tasarım geometrisi elde edilmeye çalışılmıştır [14-18]. Araştırmacılar literatürden farklı olarak bu çalışmada; optimum tasarımın elde edilmesinin ancak minimum hacim ve maksimum emniyet katsayısı değeriyle sağlanabileceğini ileri sürmüşlerdir. Bu önerilen metot üç adet ana dokuz adet ara basamaktan oluşmaktadır. Bu metot uygulanırken ilk olarak ideal tasarım modeli seçimi yapılır sonrasında bu tasarım modelini oluşturan tasarım parametreleri belirlenir.

Belirlenen tasarım parametrelerinin minimum ve maksimum ölçü aralığına göre seviyeleri karşılaştırılır. Her bir tasarım parametresinin bu ölçü aralığında gösterdiği değişimler mukavemet hesaplarını ve hacim miktarını belirli oranda değiştirmektedir. Her bir parametrenin seviyeleri arasındaki değişimlerin sonuçlara etkileri farklı statiksel yöntemler ile hesaplanabilmektedir. Sonlu Elemanlar Analizi ve Diğer statiksel analizler için koşullar belirlenir. Yapılan analiz çalışmaları ve hesaplamalar sonucunda her bir tasarım parametresinin mukavemet ve hacim değişimlerine etki oranları belirlenir. Sonucu basamakta ise tasarım için hedeflenen ana kriterler belirlenir. Bu kriterler göre optimum tasarım geometrisi elde edilecektir. Bazı optimum tasarım çalışmalarında hacim minimum olması istenebilirken bazı çalışmalarda emniyet katsayısı maksimum elde edilmek istenebilir. Bunun gibi farklı kriterler için statiksel sonuçlar için yeniden analiz yapılarak mukavemet ve hacim değişimleri karşılaştırılır. Sonuç olarak belirlenen mühendislik gerilmelerine ve analiz şartları için optimum tasarım geometrisi elde edilebilir. Şekil 1'de önerilen bu metoda ait üç ana basamak diğer alt basamakları ile birlikte gösterilmiştir.



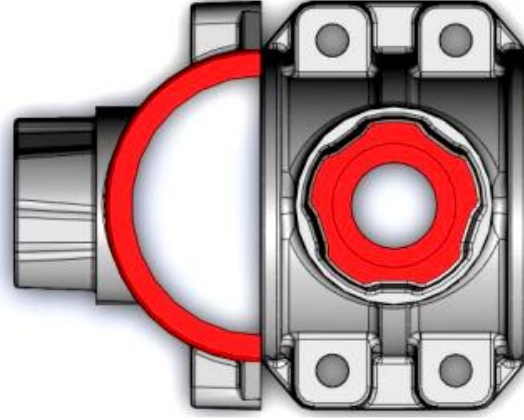
Şekil 1. DMROVAS yöntemi süreç şeması

3.1. İdeal tasarım geometrisinin elde edilmesi için parametrik tasarım

Bu önerilen yeni modelin ilk basamağında endüstriyel tasarımında optimizasyon yapılacak ürünün farklı tasarım tipleri için ideal olarak seçilip geliştirilecek olan geometri tipi seçilir. Bu süreçte geometri seçiminde kullanılan kriterler tanımlanır ve seçilen geometrinin özellikleri anlatılır. Bilgisayar Destekli Tasarım programlarından birçoğu unsur ağacı veya soy ağacı denen bir süreç sıralamasına göre modelleme işlemi yapmaktadır. Bir geometrinin tasarımı sırasında birden çok farklı tasarım aracı yardımı ile tasarım modelinin her biri birbirinden farklı parçası şekillendirilir. İkinci olarak ise seçilen geometri tipinin tamamının oluşturulması için unsur ağacında tanımlanan farklı parametreler belirlenmektedir. Son olarak ise; endüstriyel alanda uygulanabilir ve kendisinden beklenen kinematik ve mekanik özellikleri sergileyebilecek tasarım geometrisi sınırları içerisinde her bir tasarım parametresinin minimum ve maksimum ölçü aralığı karşılaştırılacaktır. Bu geometriyi meydana getiren her bir tasarım parametresi ve bu parametrelerin ölçü aralığı belirtilir.

Adım 1: ideal modelin belirlenmesi

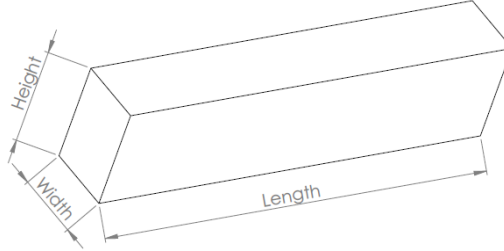
Bir tasarım geometrisi daha önce araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. Bu tasarımda ay-yıldız Türk bayrağımıza benzer bir motifin iki adet ürün yan yana yerleştirildiğinde ortaya çıktığı belirlenmiştir (Şekil 2). Satış ve reklam için bu milli simgelerin olumlu etkisi olabileceği düşünülmüştür [19].



Şekil 2. Deneysel tasarımlarda kullanılan model geometrisi

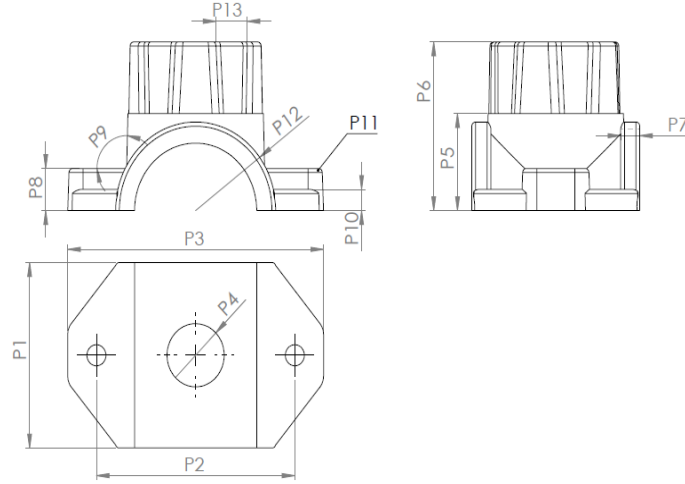
Adım 2: Tüm tasarım parametrelerinin tanımlanması

Bir tasarım geometrisini oluşturan tasarım parametresi açıklanırken bir dikdörtgen tasarımından yararlanılabilir. Bir dikdörtgen tasarımı en, boy ve yükseklikten meydana gelir (Şekil 3.). Her bir tasarım parametresi değişimi atalet momenti ve ağırlık miktarını etkilemektedir.



Şekil 3. Bir dikdörtgeni oluşturan tasarım parametreleri

Minimum ağırlık ve maksimum emniyet katsayısı için yükseklik miktarı bu tip şekillerde maksimum ve uzunluk miktarı minimum seçilir. Bununla birlikte her endüstriyel tasarım profillerinki gibi basit bir geometrilere sahip değildirler. Üzerlerinde serbest yüzeyler içerir. Bu tasarımların yapılması için özel yöntemler gerekebilir. Bu tip tasarımlarda bu parametrelerin mukavemet özelliklerine etkileri genelde sonlu elemanlar analiz programları yardımı ile incelenir [18]. Fakat bu güne kadar yapılan araştırmalarda bir ürün tasarımı için gerekli olan tasarım parametrelerini ve seviyelerini ayrıntılı olarak ele alan bir araştırma gözlemlenmemiştir. Herhangi bir geometrinin tasarımı sırasında birden çok farklı tasarım aracı yardımı ile modelinin her biri birbirinden farklı parçası şekillendirilir. İkinci olarak ise seçilen geometri tipinin tamamının oluşturulması için unsur ağacında tanımlanan farklı parametreler belirlenmektedir. Son olarak ise; endüstriyel alanda uygulanabilir ve kendisinden beklenen kinematik ve mekanik özellikleri sergileyebilecek tasarım geometrisi sınırları içerisinde her bir tasarım parametresinin minimum ve maksimum ölçü aralığı kararlaştırılacaktır. Bu makalede priz kolye tasarımı için belirlenen tasarım tipi ve toplam 13 tasarım parametresi Şekil 4'de yer almaktadır.



Şekil 4. Femural komponent tasarım parametreleri

Adım 3: Tasarım parametrelerinin minimum ve maksimum boyutlarının seçimi

Bu tasarım parametrelerinin minimum ve maksimum değerleri ise tablo 1’de listelenmiştir (Tablo 1). Bu tasarım tablosu dikkate alınarak Solid Works 2015 Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) programında 16 farklı endüstriyel tasarım geometrisi modellenmiştir.

Tablo 1. Tasarım parametrelerinin minimum ve maksimum değerleri

	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N
1.Seviye	44	50	66	12	20	39	4	9	1	5	1	20	8
2.Seviye	47	53	69	15	22	42	5	11	2	6	2	21	10

3.2. Parametrelerin sonuçlara etkisinin istatistiksel yöntemlerle ve dayanım hesaplarıyla incelenmesi

Bu basamakta tasarım tipi, parametreleri ve seviyeleri tanımlanmıştır. Statiksel yöntemler uygulanarak her bir tasarım parametresinin mukavemet ve hacim sonuçlarına etki oranları araştırılacaktır. Bu hesaplamalarda minimum sayıda deney ile yüksek doğruluk oranı ile analiz yapılması için Anova Varyans analizi uygulanacaktır. Belirlenen her bir tasarım parametresinin mukavemet özelliklerine etki şiddetleri ve optimum tasarım parametreleri seviyeleri Taguchi L₁₆ deney tasarım modeli ile araştırılmak istenmiştir (Tablo 2).

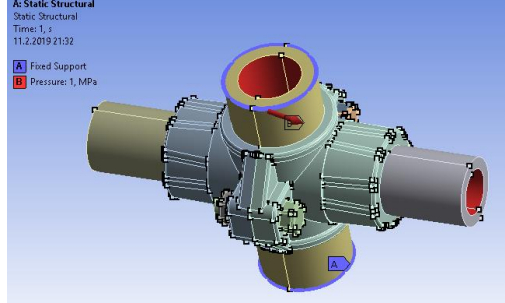
Tablo 2. Taguchi L₁₆ deney tasarımı

	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
5	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1
6	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2
7	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
8	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
10	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1
11	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
12	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2
13	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2
14	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1
15	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1
16	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2

Adım 1: FEM analizi ile mukavemet özelliklerinin belirlenmesi

Farklı tip tasarım geometrileri belirlenen deney tasarımı ve parametre seviyeleri için Solid Works Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) Programı yardımıyla modellenmiştir. Endüstriyel tasarımı yapılan

bu tasarımların mühendislik gerilmeleri analizleri Ansys 16 Programında yapılmıştır. Ayrıca deney tasarımı için Taguchi Metodu, Minitap 16. Programı aracılığıyla uygulanmıştır (Şekil 5). Boruların iç yüzeylerine 10 bar basınç kuvveti tanımlanmıştır. Malzeme kütüphanesine montaj parçaları için metal boru 1040, plastik boru PP ve priz kolye homopolymer malzemelerinin mekanik özellikleri tayin edilmiştir (Tablo 3).



Şekil 5. Analiz çalışmasında kullanılan montaj tasarımı

Tablo 3. Analizde kullanılan malzemelerin mekanik özellikleri

Material Name	Density (kg/ m3)	Ultimate Strength (MPa)	Yield Strength (MPa)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio
1045	7850	625	530	205000	0,29
Homopolymer	933	39	33	1790	0,35
PP	908	32	30	1530	0,33

Deney tasarımına bağlı olarak on altı farklı montaj tasarımının gerilme analizi sonuçları tablo 4’de yer almaktadır. Priz kolye geometrilerinin hacim değişimi 24918 – 29622 mm³ değerleri arasında değişim göstermektedir. En yüksek emniyet katsayısına sahip tasarım tipinin değeri 10,91’dir ve 26865 mm³ hacim miktarına sahiptir. En düşük emniyet katsayısına sahip olan tasarım ise 6,31 olup 27938 mm³ hacim miktarına sahiptir. Bu sonuçlar bize hacim değişimini sağlayan her bir tasarım parametresi aynı oranda emniyet katsayısı değişimini etkilemediğini göstermektedir. Bu yüzden DMROVAS yönteminde tanımlandığı üzere her bir tasarım parametresinin mekanik özelliklere ve hacim değişimlerine etkileri karşılaştırmalı olarak incelenmelidir. Bu yüzden Taguchi analizi sonucu elde edilen S/N oranları büyük öneme sahiptir.

Tablo 4. Analiz sonuçları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Hacim	24918	26581	27476	28694	27303	28764	26865	26922	26142	27939	26780	27769	28695	29622	26701	26865
E.K	10,54	10,52	10,46	9,32	9,4	9,52	9,65	10,47	9,11	6,31	10,19	9,96	10,14	10,22	10,21	10,91

Adım 2: İstatistiksel yöntemler kullanılarak, tasarım parametresi etki oranlarının mukavemet sonuçlarına göre hesaplanma

Hacim, Emniyet Katsayısı ve Maksimum Gerilme Miktarı Değişimleri için kontrol faktörlerinin her kombinasyonu Taguchi deney tasarımında Sonlu Elemanlar Yöntemi ile ölçülür. Kontrol faktörlerinin optimizasyonunda S/N oranları kullanılır. Hacim miktarının ve Maksimum Gerilme Miktarının düşük olması aynı zamanda Emniyet Katsayısı Değerinin Yüksek Olması ürün kalitesi, maliyeti ve ömrü açısından büyük bir öneme sahiptir S/N oranlarının hesaplanmasında; karakteristik tipine bağlı nominal en iyidir, en büyük en iyidir, en küçük en iyidir metotları kullanılır. Eş.1’de nominal en iyidir, Eş.2’de en büyük en iyidir, Eş.3’te en küçük en iyidir amaç fonksiyonu verilmiştir [20-22].

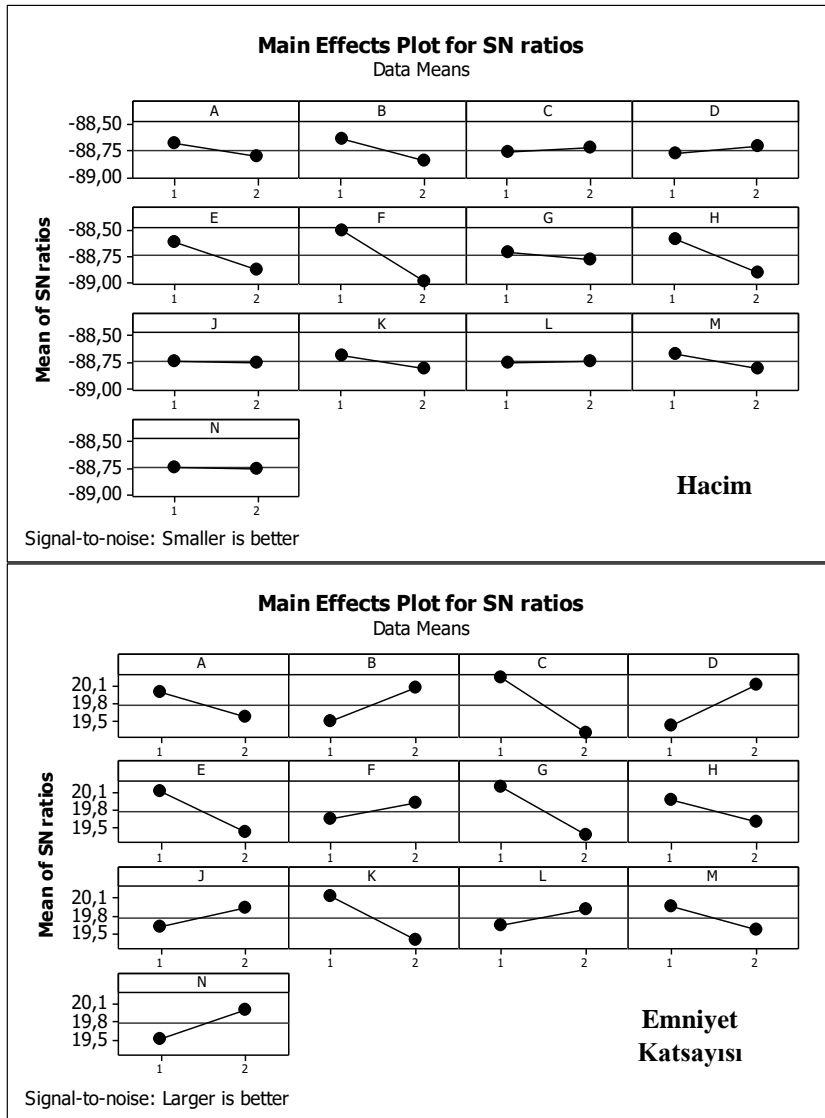
$$\text{Nominal en iyidir : } \frac{S}{N} = 10 \log \left(\frac{\bar{y}}{S_y^2} \right) \quad (1)$$

$$\text{En büyük en iyidir: } \frac{S}{N} = -10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \quad (2)$$

$$\text{En düşük en iyidir: } \frac{S}{N} = -10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \quad (3)$$

Adım 3: Minimum hacim ve maksimum güvenlik faktörü elde etmek için gereken optimum tasarım seviyelerinin belirlenmesi

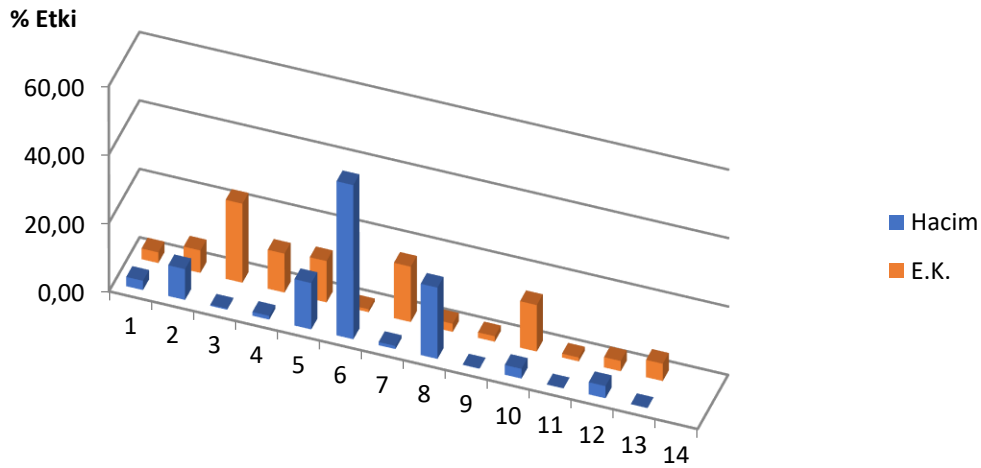
DMROVAS yönteminde her bir tasarım parametresinin mekanik özelliklere ve hacim değişimlerine etkileri karşılaştırmalı olarak incelenmelidir. Bu yüzden Taguchi analizi sonucu elde edilen S/N oranları ve Varyans analizi sonucu elde edilen % etki oranları büyük öneme sahiptir (Şekil 6), (Tablo 5). Ayrıca her bir tasarım parametresinin hem hacim hem de emniyet katsayısına etki sonuçları grafiği şekil 7'de yer almaktadır.



Şekil 6. Taguchi analizi S/N sonuçları değişim grafikleri

Tablo 5. Varyans analizi sonuçları

Source	Hacim		E.K.	
	F	% Etki	F	% Etki
P ₁	9,7	2,72	1,13	3,13
P ₂	32,08	8,99	2,37	6,56
P ₃	1,24	0,35	8,35	23,10
P ₄	3,88	1,09	4;11	11,37
P ₅	48,33	13,54	4,36	12,06
P ₆	160,69	45,03	0,31	0,86
P ₇	3,25	0,91	5,85	16,18
P ₈	74,31	20,83	0,86	2,38
P ₉	0,3	0,08	0,58	1,60
P ₁₀	10,15	2,84	4,91	13,58
P ₁₁	0,12	0,03	0,41	1,13
P ₁₂	12,69	3,56	1,08	2,99
P ₁₃	0,08	0,02	1,83	5,06
Toplam	356,82		36,15	

**Şekil 7.** Tasarım parametrelerinin hacim ve emniyet katsayılarına % etki sonuçları

3.3. Tanımlanmış koşullar için tasarım geometrisinin elde edilmesi

Endüstriyel tasarımda optimizasyon işlemi için önerilen bu son basamakta emniyet katsayısı değeri ile hacim miktarı arasındaki ilişki yeni bir yöntemle incelenecektir. Bu yöntemde Anova Varyans Analizi sonuçları ve S/N oranları literatürden farklı olarak değerlendirilecektir. Bu değerlerin incelenmesi için bazı koşullar tanımlanabilecektir.

Adım 1: Optimum tasarım koşullarının tanımlanması

Bu tasarım parametreleri seçimi yapılırken Şekil 6'da yer alan S/N oranları Tablo 4' de yer alan Anova Varyans Analizi sonuçları ile karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır. Tasarımda optimizasyon yapılırken farklı kriterlere göre parametre seviyeleri seçimi yapılması gereklidir.

1. Durum; Hacim minimum için ;

Bu ilk durumda; hacim için hesaplanan S/N grafikleri dikkate alınarak en küçük hacim en iyi için seçilmiştir. Bazı parametre seviyelerinin S/N oranları eşit olduğu gözlemlenmiştir. Bu parametrelerin seviyeleri seçimi yapılırken emniyet katsayısını maksimum yapan seviyeler seçilmiştir.

2. Durum; emniyet katsayısı maksimum için ;

Minimum emniyet katsayısı olduğu için bu bölgede hesaplanan S/N grafikleri dikkate alınarak emniyet katsayısı büyük en iyi için seçilmiştir.

3. Durum; 1. bölge emniyet katsayısı maksimum aynı zamanda hacim yaklaşık ortalama için ;

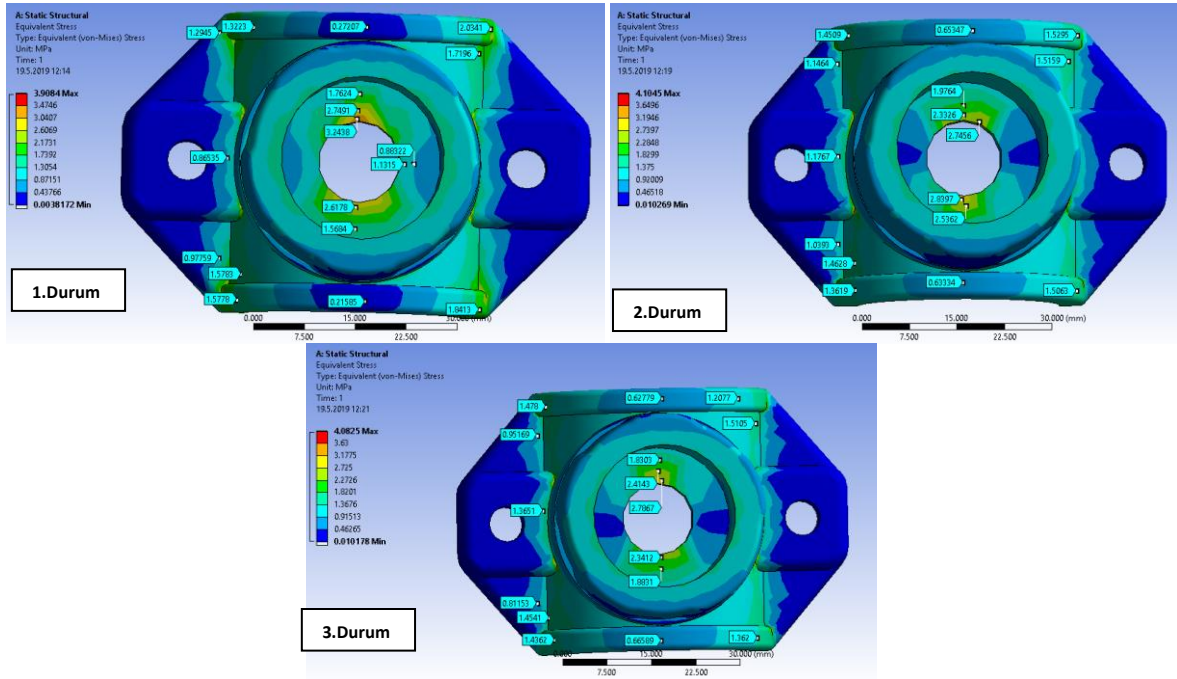
Maksimuma yakın emniyet katsayısı oluşması istenirken, hacim miktarı ise ortalama olarak belirlenmiştir. Bu seçimler yapılırken Anova Varyans Analizi değişimleri dikkate alınarak parametre seviyeleri belirlenmiştir. Hacim oranını % olarak yüksek miktarda etkileyen parametreler düşük değerde olacak şekilde seçilmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. Üç farklı durum için parametre seviyeleri

	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃
Durum 1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2
Durum 2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2	1	2
Durum 3	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2

Adım 2: Farklı koşulların karşılaştırılması için yüzey gerilme haritalarının oluşturulması

Seçilen kriterlere bağlı olarak; farklı parametre seviyeleri için tasarım geometrilerinin tüm yüzeylerinde aynı gerilme değişimleri beklenemez. Seçilen bu üç farklı durum için yapılan analiz sonuçlarında da bu farklı gerilim dağılımı gözlemlenmemiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Maksimum gerilme miktarı değişim bölgeleri ve kesit çizgileri

Adım 3: Optimal tasarım geometrisine karar verme

Üç farklı durum için yapılan analiz sonuçları incelendiğinde 1. durumda 8.44 emniyet katsayısı ve 25514 mm³ hacim miktarı elde edilmiştir. 2. durumda ise 8.04 emniyet katsayısı, 26357 mm³ hacim miktarı ve 3. durumda ise 8.08 emniyet katsayısı, 24976 mm³ hacim miktarı değişimi gözlemlenmiştir. Minimum hacim miktarı ile en yüksek değere yakın emniyet katsayısı elde edilebilmesi için gerekli olan parametre seviyelerinin 3. Durum olduğu düşünülmektedir. Çünkü emniyet katsayısı miktarı çok fazla düşürülmezken hacim miktarı yüksek oranda azaltılmıştır.

4. Tartışma

Endüstriyel ürünlerin optimum geometri ile tasarımı birçok araştırma konusunu oluşturmaktadır. Optimum tasarım geometrisine sahip üretim sonucunda gereksiz malzeme kullanımı ve ağırlıktan tasarruf sürdürülebilir üretim için önemli bir hedefdir. Bu hedef doğrultusunda araştırmacılar statiksel meteorları ve sonlu elemanlar yöntemini içeren yeni bir tasarım geliştirme yöntemi önermişlerdir. Önerilen yöntem ayrıca bir priz kolye tasarım geometrisini optimum hacim ve emniyet katsayısı ile modellenbilmesi için uygulanmıştır.

Sonuç olarak tüm endüstriyel tasarımların ideal geometrilerini modellemek için yeni bir metot ortaya çıkmıştır. Deney tasarımında elde edilen sonuçlara göre priz kolye geometrilerinin hacim değişimi 24918 – 29622 mm³ değerleri arasında değişim göstermektedir. En yüksek emniyet katsayısına sahip tasarım tipinin değeri 10,91’dir ve 26865 mm³ hacim miktarına sahiptir. Üçüncü durumda ise 8.08 emniyet katsayısı, 24976 mm³ hacim miktarı ile elde edilmiştir. Bu tasarımın ortalama hacim miktarı için en yüksek emniyet katsayısı değeri olduğu belirlenmiştir. Bu geometri ideal tasarım geometrisi olarak seçilmiştir. Bu önerilen yöntemin tüm endüstriyel ürünlerin tasarım geometrisinin şekillendirilmesinde uygulanabileceği düşünülmektedir.

REFERANSLAR

1. Öztürk, B., Küçük, Ö., Düzdar, İ., Altınbilek, Y.S., ‘‘Exploring the economical reasons of the usage of unhealthy & low resisting far-east products in the water pipe systems’’, The Turkish Journal Of Occupational / Environmental Medicine and Safety, Vol. 2, Issue 3, Pages 60-72, 2017.
2. Öztürk, B., Öktem, H., Said, G., Çetindağ, H.A., Erzincanlı, F., ‘‘Investigation of Cooling Rate on Hardness and Microstructure in Casting Fittings Materials’’, Published in 4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, Pages 1278-1285, 2016.
3. Öktem, H., Öztürk, B., Akıncioğlu, S., ‘‘Investigation of energy consumption on thread machining of austempered ductile cast iron materials’’, 5th International Conference and Exhibition on Mechanical & Aerospace Engineering, Pages 75, 2017.
4. Küçük, Ö., Öztürk, B., ‘‘Development of design geometry of aluminum fittings for healthy and safety sanitary installations’’, J Environ Prot Ecol, Vol 18, Issue 2, Pages 776–787, 2017.
5. Küçük, Ö., Öztürk, B., Varhan, S., ‘‘Investigation of the design parameters affecting the safety factor in fittings by using Taguchi method’’, The Turkish Journal of Occupational / Environmental Medicine and Safety: The 2nd international Water and Health Congress -Issue: The 2nd international Water and Health Congress, ISSN: 2149-4711, Pages 10, 2017.
6. Çelik, H.E., ‘‘Peysaj Sulamada Kullanılan Boru Bağlantı Tipleri’’, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Vol 54, Issue 1, Pages 46-67, 2004.
7. Öztürk, B., Küçük, B., Altınbilek, Y.S., ‘‘Şehir su şebekesinde; tesisat boru bağlantı elemanlarının akışkan analizine bağlı basınç dayanım analizinin yapılması’’, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2017.
8. Öztürk, B., Fittings ‘‘Boru Bağlantı Elemanlarında Cidar Kalınlığına Bağlı Olarak Sertlik ve Mikroyapı Değişimleri’’, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2013.
9. Duman, V., ‘‘Boru ve bağlantılarda çok amaçlı deneysel ve hesaplamalı basınç düşümü analizi’’, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi , 2010.
10. Karabulut, H., ‘‘Boru dirsek parçalarının sonlu elemanlar yöntemi ile şekillendirilmesi’’, Gebze Yüksek Teknoloji Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2007.
11. Bulgurcu, H., ve Özmen, G., ‘‘Yaygın olarak kullanılan bazı sıhhi tesisat elemanlarındaki basınç kayıplarının kuramsal ve deneysel olarak hesaplanması’’ 10. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Pages 1973-1992, 2011.
12. Şendir, S., ‘‘Zemine gömülü boruların sismik etkiler altındaki davranışı’’, İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2005
13. Gümüş, M., ‘‘Farklı zeminlerdeki boruların dinamik yükler altında davranışları’’, İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2009.

14. Özsoy, K., Duman, B., ‘‘Eklemeli İmalat (3 Boyutlu Baskı) Teknolojilerinin Eğitimde Kullanılabilirliği’’, International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry, Vol 1, Issue 1, Pages 36-48., Retrieved from <http://dergipark.org.tr/ij3dptdi/issue/33982/376178>, 2017.
15. Kiraz, C., Sezer, H., Şahin, İ., ‘‘Kuyumculuk Sektöründe 3B Baskı Tasarım Özgürlüğünden Faydalanmaya İlişkin Bir Perspektif’’, International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry, Vol 2, Issue 2, Pages 46-58, Retrieved from <http://dergipark.org.tr/ij3dptdi/issue/38540/424855>, 2018.
16. Bozdemir, M . ‘‘Silah Kabzasının 3B Yazıcılarla Tasarım ve İmalatı. International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry’’ Vol 2, Issue 1, Pages 57-68, 2018, Retrieved from <http://dergipark.org.tr/ij3dptdi/issue/36075/390132>
17. Küçük, Ö., Öztürk B., Düzdar, İ., Varhan, S., Çetindağ H. A., ‘‘Seri Üretim Boru Bağlantı Elemanlarının Döküm İşleminde Optimizasyon’’, Politeknik Dergisi, Vol 20, Issue 3, Pages 537-542, 2017.
18. Öztürk, B., Uğur, L., Erzincanlı, F., Küçük, Ö., "Optimization of Polyethylene Inserts Design Geometry of Total Knee Prosthesis". International Scientific and Vocational Studies Journal, Vol 2, Pages 31-39, 2018.
19. Küçük, Ö., Öztürk, B., Altınbilek, Y.S., Elfarah K.T.T., ‘‘63 Serisi priz kolye tasarım geometrisinin sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak seçimi’’, Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences, Vol 3, Issue 1, Pages 1-10, 2017
20. Nas, E., Öztürk, B., ‘‘Optimization of surface roughness via the Taguchi method and investigation of energy consumption when milling spheroidal graphite cast iron materials’’, Materials Testing For Production Technologies, Vol 60, Issue 5, Pages 519-524, 2018.
21. Kara, F., Öztürk, B., ‘‘Comparison and optimization of PVD and CVD method on surface roughness and flank wear in hard machining of DIN 1.2738 mold steel’’ Sensor Rev Vol 39, 2018. <https://doi.org/10.1108/SR-12-2017-0266>
22. Öktem, H., Öztürk, B. and Akıncioğlu, S., ‘‘Investigation of energy consumption on thread machining of austempered ductile cast iron materials.’’, 5th International Conference and Exhibition on Mechanical & Aerospace Engineering, October 02-04, Las Vegas, USA, 2017. DOI: 10.4172/2168-9792-C1-01