



Bartın Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi



IE3 Sınıfı İndüksiyon Motorlarda Enerji Tüketimi

Fevzi ARSLAN

Bartın Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Elektrik Elektronik Teknolojisi Alanı, Bartın / TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 10.01.2015 Düzeltme Tarihi: 02.03.2015 Kabul Tarihi: 05.03.2015

Özet

Elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren elektrik motorları sanayii de en çok kullanılan ve dolayısıyla en çok enerji harcayan cihazlardır. Bu yönüyle enerji verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Avrupa elektrik motorları ve güç elektroniği üreticileri komitesi(CEMEP), belli güç aralığındaki elektrik motorlarını; verimliliği yönünden sınıflandırmış ve standartlaştırmışlardır.

Halen kullandığımız elektrik motorlarımızı daha verimli olanlarla değiştirerek veya yeni kuracağımız sistemleri verimlilik sınıfı yüksek elektrik motorları ile kurarak önemli ölçüde tasarruf sağlayabiliriz.

Anahtar Kelimeler: Elektrik Motoru, Verimlilik, Enerji Tasarrufu

Energy Consumption of Induction Motors in IE3 Standard

Abstract

Electric motors are used to convert electrical energy into mechanical energy in industry and these devices consume a great amount of energy in their operation. This is of course influential on energy efficiency from many aspect. The Committee of European Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics (CEMEP) classified and standardized electric motors in a certain power range.

In this study, a new design aspect is proposed to increase the motor's efficiency in particular low and medium power induction motors and it is believed that this great energy savings.

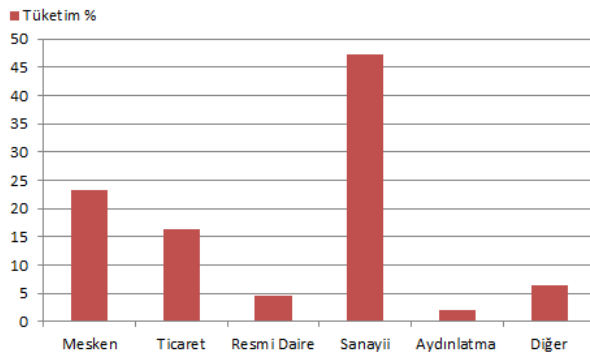
Keywords: Electric Motor, Efficiency, Energy Saving

1. Giriş

Günümüzde artan nüfus ve teknolojiadaki gelişmeler dolayısıyla enerjiye olan talep gittikçe artmaktadır. Artan talebi karşılamamanın iki yolu vardır. Bunlar yeni enerji arzı sağlamak ve mevcut enerjiyi doğru, yerinde ve verimli kullanmaktır. Biz bu çalışmamızda enerjiyi verimli kullanma üzerinde duracağız.

Türkiye İstatistik Kurumu(TÜİK) verilerine göre Elektrik enerjisinin 2012 yılında toplam tüketimi 194.923GWh olarak gerçekleşmiştir[1]. Tüketilen bu enerjinin sektörlere göre dağılımı şekilde gösterilmiştir.

Tablo 1. Elektrik Tüketiminin Sektörel Dağılımı



Buna göre 2012 yılında enerji tüketimi %47,4 gibi önemli bir oranla sanayii bölgesinde gerçekleşmiştir. Bu oran endüstri gelişmiş ülkelerde %60 gibi, daha da yüksektir [2]. Bunu 2. sırada %23,3'lük oranla meskenlerdeki elektrik tüketimi takip etmektedir. Sanayii kuruluşlarına baktığımızda bunların da içinde elektrik tüketiminin yaklaşık %70'i üç fazlı AC indüksiyon elektrik motor sistemlerinde kullanılıyor [3]. En çok kullanılan indüksiyon elektrik motorlarının verimleri enerjiyi verimli kullanmamızı doğrudan etkilemektedir.

Bu konuda Avrupa birliği CEMEP tarafından belirlenen verimliliği yüksek indüksiyon motorlarını tercih ederek bu konuda enerji tasarrufu yoluna gitmiştir.

2. Elektrik Motorlarda Verim

Elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren elektrik motorları bu dönüşüm sırasında enerjinin bir kısmını ısı enerjisi gibi başka enerjilere de dönüştürür. Böylece elde edilen mekanik güç girişte uygulanan elektriksel güçten az olur. Elektrik motorlarında çıkış gücünün giriş gücüne oranının yüzde cinsinden ifadesine verim diyebiliriz. Matematiksel olarak bunu; $\eta = (P2/P1).100$ şeklinde gösterebiliriz.

2.1. Verimi Etkileyen Faktörler

- Demir gövde ve kayıpları
- Sürtünme ve rüzgar kayıpları
- Stator sargısı direnci kayıpları
- Rotor sargısı direnci ve kayıplar
- Diğer kayıplar

olarak sıralanabilir.

Motor Kayıplarını azaltabilmek için; motor sargı dirençlerinin, motor manyetik devre (demir) kayıpları ile sürtünme kayıplarının düşürülmesi şarttır. Bu iyileştirmeler de ancak daha kaliteli malzemelerin kullanılması ile gerçekleştirilir. Örneğin sürtünme kayıplarının azaltılmasına somut örnek olarak daha kaliteli rulman ve yatak malzemelerinin kullanılmasını gösterebiliriz [4].

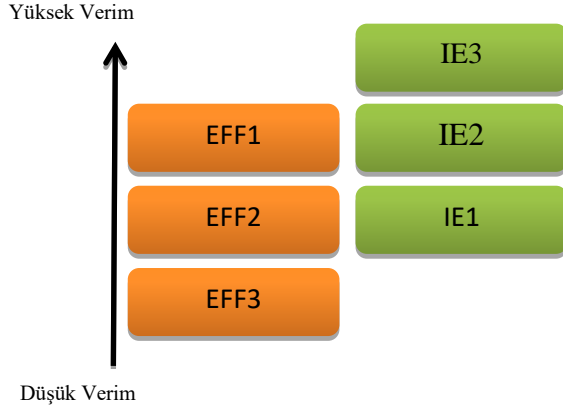
2.2. Yüksek Verimli Motorlar

CEMEP tarafından, üç fazlı motorlarda 1.1 kW'dan 90 kW'a kadar tanımlanan anlaşma 1998'de yapılmış ve 3 ayrı verimlilik

sınıfları belirlenmiştir. Bunlar; Düşük verimli (EFF3), Verimi Artırılmış (EFF2) ve Yüksek Verimli (EFF1) motorlardır [5].

Bu tarihten sonra yeni oluşturulan standart IEC 60034-30:2008 geçerli olacak ve 0,75 kW tan 375 kW güç aralığında "IE"- "International Efficiency" yeni sınıflamaları Tablo 2'de gösterildiği gibi belirlenmiş durumdadır. Standart verimlilik (IE1), yüksek verimlilik (IE2) ve üst seviye verimlilik (IE3).

Tablo 2. Verimliliğin Sınıflandırılması



Görüldüğü gibi Avrupa standardında EFF olarak belirtilen verimlilik, Uluslar arası standarda göre IE şeklinde kodlanmıştır. Örneğin EFF2, IE1'e karşılık gelmekte ve EFF1 IE2'ye karşılık gelmektedir [6].

EFF3'ün en düşük verimli elektrik motorları, IE3'ün de en yüksek verimlilik standartına sahip olduğu tablo 2'den açıkça görülmektedir.

2.3. Motorların Karşılaştırılması

Avrupa birliği komisyonunu belirlediği IEC 60034 numaralı standartlara göre 50Hz frekansla çalışan 2 kutuplu elektrik motorlarının hangi güçlerde IE1, IE2, IE3 için verimlerinin ne olacağını gösteren şekil, Tablo3' te verilmiştir. Alçak gerilim sınıfındaki motorların güçleri 0,75kW-375kW' aralığındadır.

Tablo 3. Güçlerine Göre Motor Verimi

Çıkış Gücü kW	2 Kutuplu		
	IE1	IE2	IE3
0,75	72,1	77,4	80,7
1,1	75	79,6	82,7
1,5	77,2	81,3	84,2
2,2	79,7	83,2	85,9
3	81,5	84,6	87,1
4	83,1	85,8	88,1
5,5	84,7	87	89,2
7,5	86	88,1	90,1
11	87,6	89,4	91,2
15	88,7	90,3	91,9
18,5	89,3	90,9	92,4
22	89,9	91,3	92,7
30	90,7	92	93,3
37	91,2	92,5	93,7
45	91,7	92,9	94

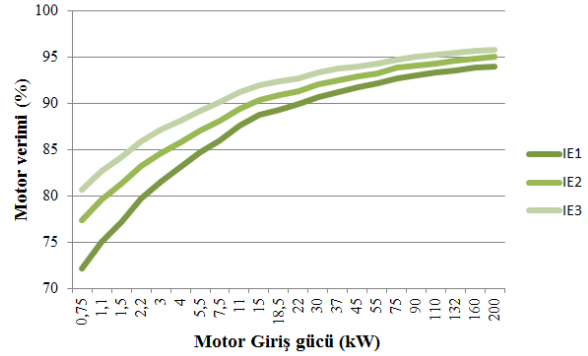
55	92,1	93,2	94,3
75	92,7	93,8	94,7
90	93	94,1	95
110	93,3	94,3	95,2
132	93,5	94,6	95,4
160	93,8	94,8	95,6
200/375	94	95	95,8

Üç ayrı verim sınıfındaki 50 Hz frekansla çalışan 2, 4, 6 kutuplu 0,75kW- 375kW güçlerdeki elektrik motorlarının karşılaştırmasını gösteren Tablo 3'e göre: 4kW gücünde, 2 kutuplu asenkron motorun IE1 sınıfındaki verimi % 83,1, IE2 sınıfındaki % 85,8 ve IE3 sınıfındaki veriminin de % 88,1 olduğu görülmektedir.

Tablo 4'te 2 kutuplu 50Hz frekanslı 0,75-375kW gücündeki ve değişik standartta üretilmiş elektrik motorları karşılaştırılmıştır.

Tablo 4. Verimli motorların karşılaştırılması

2 Kutup, 50Hz



Buna göre IE1 sınıfındaki motorların verimlerinin en az, IE2 sınıfındaki motorların verimlerinin daha yüksek ve IE3 sınıfındaki motorların verimlerinin en yüksek olduğu görülmektedir. Bu fark küçük güçlerde en yüksek bir şekilde gerçekleşmekte, motor gücü arttıkça bu fark azalmaktadır.

3. Metotlar

Çıkış gücü ve verimi bilinen motorun şebekeden çektiği güç $P_1 = (P_2/n)100$ formülünden hesaplanır.

Formülde; P_1 Giriş gücü ya da şebekeden çekilen kW cinsinden güç, P_2 çıkış gücü ya da motor milinden kW cinsinden alınan mekanik güç ve n de verimi ifade etmektedir.

50Hz frekanslı, 2 kutuplu ve 160kW'lık bir asenkron motor düşünelim. IE1, IE2 ve IE3standartında bu motorların giriş güçleri sırasıyla; 170,6kW, 168,8kW ve 167,4kW olarak hesaplanır.

Bu motorun; günde 8 saat, ayda 24 gün ve yılda da 12 çalıştığı düşünülürse, aylık 192 saat, yıllık bazda da 2304 saat çalışmaktadır.

Elektrik enerjisinin Ekim 2014 fiyatlarına göre, İletim şalt sahalarının dağıtım şirketinin kullanımındaki OG baralarına özel hattı ile bağlı tek bir tüzelleme kişisi durumundaki kullanıcılara ait fiyat tarifi dikkate alınacaktır.

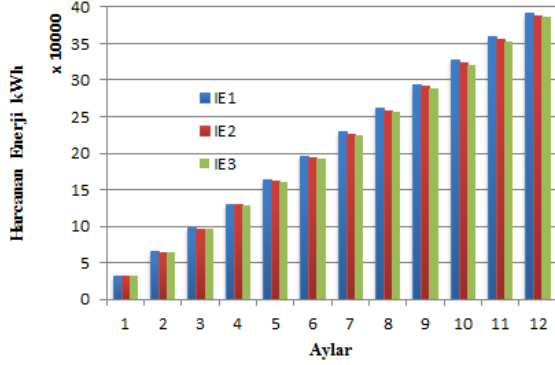
Görevli Tedarik Şirketinden Enerji Alan Sanayi Tüketicileri için, Tek zamanlı tarife 22,7849kr/kWh, gündüz 22,6597kr/kWh, puant 37,6119 kr/kWh, gece 11,8748 kr/kWh' dir. Çok zamanlı tarife uygulamasında Gündüz 06-17, Puant 17-22, Gece 22-06 saatleri

arasıdır. Fon, pay, vergi vb. yasal yükümlülükler ayrıca ilave edilecektir [7].

4. Sonuç ve Öneriler

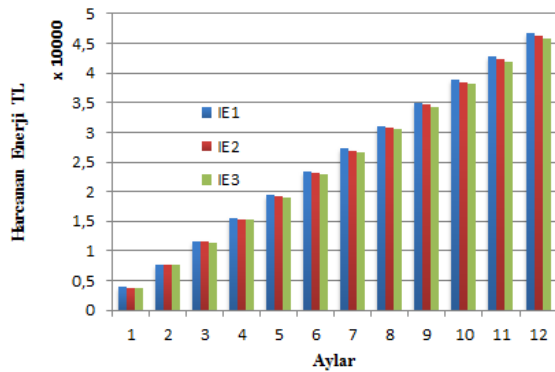
160kW'lık indüksiyon motorun yukarıdaki verilere göre her bir verimlilik sınıfının karşılaştırmalı olarak aylara göre elektrik tüketimi Tablo 5'te verilmiştir. Bir yıllık verilere göre düşük verimli motor baz alındığında verimli motor 4145,6kWh, yüksek verimli motor ise 7399,7kWh daha az enerji tüketmektedir.

Tablo 5. Enerji Tüketimi(kWh)



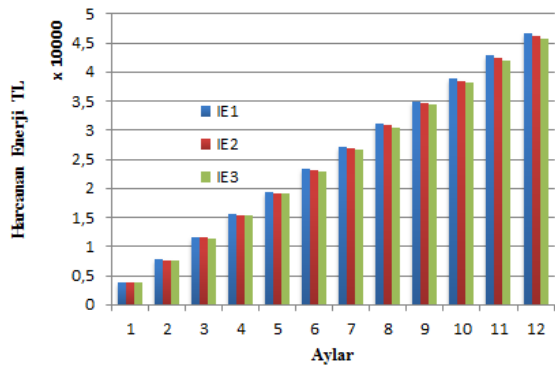
Elektrik kurumunun tek tarifeli fiyatlandırması dikkate alınarak yapılan fiyat hesaplaması Tablo 6'da görülmektedir. Bir yıl sonunda en verimli motor düşük verimli motora göre 1687TL kazanç sağlamaktadır.

Tablo 6. Tek Tarifeye Göre Fiyatlandırma



Elektrik kurumunun gündüz tarifeli fiyatlandırması dikkate alınarak yapılan fiyat hesaplaması Tablo 7'de görülmektedir. Bir yıl sonunda en verimli motor düşük verimli motora göre 1676TL kazanç sağlamaktadır.

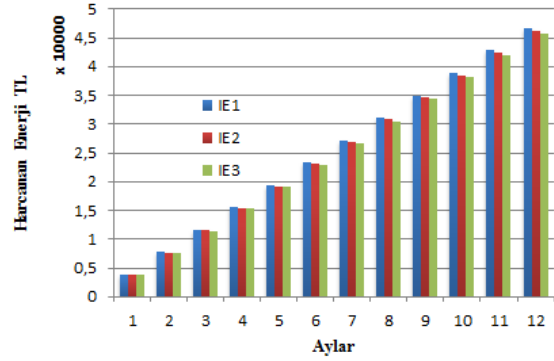
Tablo 7. Gündüz Tarifesinde Fiyatlandırma



Elektrik kurumunun puant tarifeli fiyatlandırması dikkate alınarak yapılan fiyat hesaplaması Tablo 8'de görülmektedir. Bir yıl

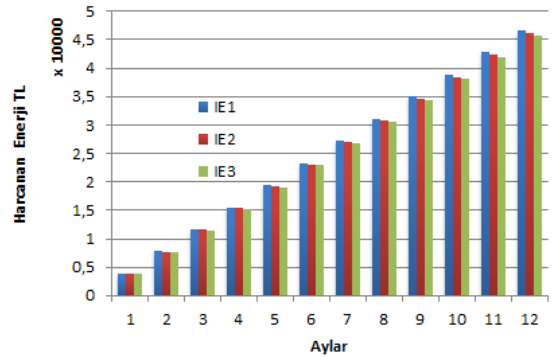
sonunda en verimli motor düşük verimli motora göre 2783TL kazanç sağlamaktadır.

Tablo 8. Puant Tarifesinde Fiyatlandırma



Elektrik kurumunun gece tarifeli fiyatlandırması dikkate alınarak yapılan fiyat hesaplaması Tablo 9'da görülmektedir. Bir yıl sonunda en verimli motor düşük verimli motora göre 878TL kazanç sağlamaktadır.

Tablo 9. Gece Tarifesinde Fiyatlandırma



5. Sonuçlar

Görüldüğü gibi verimlilik sınıfı düşük olan indüksiyon motorlarını yüksek verimli olanları ile değiştirmekle tüketilen enerjide bir azalmaya sebep olmaktadır. Bu tasarruf Elektrik abonesinin Tarifesine, elektrik motorunun çalışma süresine ve gücüne göre değişmektedir. Bunun sonucunda elektrik motorlarını verimli olanlarla değiştirmenin amortisman süresi değişmektedir. Böylece yüksek verimli elektrik motoru kullanmak, elektrik tüketiminin % 47,4 olduğu sanayi sektöründeki enerji tüketimini önemli ölçüde azaltacağı yapılan hesaplamalarda ortaya çıkmıştır. Enerji konusunda dışa bağımlılığı fazla olan ülkemizde elektrik enerjisi tüketimindeki bu azalma ülke ekonomisine önemli ölçüde katkı sağlayacaktır.

Bunun yanı sıra işe uygun elektrik motoru ve ona uygun sürücü seçimi de enerji verimliliğinde araştırılması gereken önemli bir etkenidir.

Kaynaklar

1. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1029,05/01/2015
2. Efficiency Optimized Control of High Performance Induction Motor Drive, Branko D. Blanuša, Branko L. Dokić, and Slobodan N. Vukosavić, ELECTRONICS, Vol. 13, No. 2, December 2009.
3. Elektrik Motor Sistemlerinde Enerji Verimliliği, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü,
4. <http://siemens.com.tr/agmotor,06/01/2015>
5. Electric Motors and Variable Speed Drives, CEMEP, October 2010. High Efficiency Squirrel Cage Induction Machines, T. Tudorache, L. Melcescu and V. Petre, ICREPQ'09.
6. <http://www.tedas.gov.tr/BilgiBankasi/Sayfalar/ElektrikTarifeler.i.aspx>



Bartın Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi



Bartın İlinde Kullanılan Isıtma Sistemlerinin Ekonomik ve Çevresel Etkilerinin İncelenmesi

Yasemin OĞUZ^{1*}, Volkan KIRMACI²

¹Giresun Üniversitesi, Şebinkarahisar Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Giresun/TÜRKİYE

²Bartın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bartın/TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 23.01.2015 Düzeltme Tarihi: 04.03.2015 Kabul Tarihi: 05.03.2015

Özet

Ülkemizde, özellikle büyük kentlerde hava kirliliği, büyük ölçüde kışın baca dumanlarından ve motorlu taşıtların egzozlarından çıkan gazlardan ileri gelmektedir. Ülkemizde ısınmadan kaynaklı çevre kirliliğinin yüksek olduğu, enerjinin verimli kullanılmadığı illerimizden biri de Bartın'dır. Ayrıca Bartın ilinde ki konutlarda doğalgazın yeni kullanılmaya başlanması ile birlikte hızlı bir dönüşüm söz konusudur. Bu nedenle yakıt, kazan ve işletme uyumsuzluğundan kaynaklanan hava ve çevre kirliliğinin önlenmesi, enerji tasarrufu ve ekonomik şartlar nedeniyle konutların ısı üretim altyapılarını dikkatli ve ayrıntılı bir fizibilite çalışması sonunda belirlenmelidir. Bu amaçla bu çalışmada Bartın'da bulunan 4 farklı bina modeli ele alınmıştır. Isıtma sistemi olarak; kömürlü merkezi, fuel-oil merkezi, doğalgazlı bireysel, doğalgazlı merkezi olmak üzere dört farklı ısıtma sistemi incelenmiştir. Her bina modeli için ısı kaybı hesapları yapılmış, kullanılan ısıtma sistemine göre yıllık yakıt tüketimleri ve CO₂ emisyon miktarları belirlenmiş böylece hangi ısıtma sisteminin daha çevreci olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada ısıtma sistemlerinin maliyet analizi, hem binanın direkt doğalgazlı tasarlanması, hem de daha önce kömürlü merkezi ısıtma sistemi olan binanın doğalgaz merkezi ve doğalgaz bireysel sisteme dönüşümü göz önünde bulundurularak yapılmış, hangi sistemin daha ekonomik olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan bu çalışmada, en çevreci ve en ekonomik ısıtma sisteminin doğal gazlı merkezi ısıtma sistemi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca bu çalışmada sistemlerin sadece ilk yatırım maliyetleri açısından değerlendirilmemesi gerektiği, diğer maliyetler göz önünde bulundurulduğunda ilk yatırım maliyeti düşük olan sistemlerin ekonomikliğini kaybettiği görülmüştür. Kömürlü ısıtma sisteminden, doğalgazlı merkezi ısıtma sistemine dönüşümün, doğalgazlı bireysel ısıtma sistemine dönüşümünden daha ucuz olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Isıtma sistemleri, Doğalgaz, Maliyet Analizi, Emisyon

A Study on Economic and Environmental Effects of Heating Systems Used in Bartın Province

Abstract

In our country, especially in metropolitan cities, air pollution is caused mainly by chimney smoke in winter period and by the gases coming out from the exhaust of the motor vehicles. Bartın is one of the cities in Turkey where environmental pollution is at high levels due to heating and where energy cannot be used efficiently. Moreover, a steady transition is on the agenda due to the fact that gas has recently been used residentially in Bartın. The air pollution and environmental pollution that originated from the incompatibility of fuel, boiler and operation must be prevented. Additionally, heating infrastructures of residences must be determined through a detailed visibility study for energy saving and financial conditions. With this respect, four different building models in Bartın were covered in this study. Four heating systems – coal (central), fuel oil (central), gas (individual), and gas (central) – were studied. Heating loss calculations were carried out for each building model, annual fuel consumption and CO₂ emission amounts were determined according to the heating system deployed, and therefore, which heating system returned more environmental results was determined. Also in this study, upon the cost analysis of the heating system was calculated by taking some facts into consideration such as designing buildings with gas system from the first hand and conversion of a coal burning building into a central gas/individual gas building, which system returned more economic was determined.

In this study carried out, it was concluded that central gas system is the most environmental friendly and the most economic heating system. Moreover, in this study, it was seen that systems must not be evaluated only from their first investment costs and that systems with low investment costs lose their economy values when other costs are taken into consideration. It was concluded that conversion from coal heating systems into central gas systems is cheaper than the conversion to individual gas systems.

Keywords: Heating systems, Gas, Cost analysis, Emissions

1. Giriş

Dünyadaki nüfus artışı ve sanayileşme sürecine paralel olarak enerjiye duyulan talep gittikçe artmaktadır. Enerjideki hızlı talep artışı sonucu klasik enerji kaynakları olarak adlandırılan fosil yakıtlar (petrol, doğalgaz, kömür, fuel-oil) hızla tükenmekte, buna bağlı olarak enerji fiyatı ve çevre kirliliği hızla artmaktadır. Fosil yakıt olarak kullanılan kaynakların tükenmesi ile beraber enerji konusunda dünya'da ve ülkemizde çeşitli enerji politikaları planlanmış ve uygulanmaya başlanmıştır. Dünya'da kullanılan enerjinin büyük bir kısmı konutlarda tüketilmektedir. Konutlarda kullanılan enerjinin yaklaşık % 82'si konutların ısıtılması amacıyla kullanılmaktadır [1]. Bu nedenle konutlarda kullanılan ısıtma sistemlerinin tasarımı, kullanılacak yakıtın türü ve yapı bileşenlerinde kullanılan yalıtım malzemesinin cinsi, enerjinin daha verimli kullanılması ve çevre kirliliği açısından son derece önemlidir. Bu konuda birçok çalışma yapılmıştır.

Efe [2], Erzurum ili için belirlemiş olduğu 6 farklı tipte tasarlanan her bir bina modelini tek tek inceleyerek, bina nizamı ile ısı kaybı arasındaki ilişkiyi vurgulamıştır. Isıtma sistemlerini ilk yatırım maliyeti ve işletme maliyeti değerleri açısından karşılaştırmıştır. Ayrıca yakıtların emisyon değerlerini hesaplayarak, hangi yakıtın daha çevreci olduğunu tespitini yapmış, bu çalışma sonucunda doğalgazlı merkezi ısıtma sistemlerinin karşılaştırılan sistemler içerisinde en ekonomik ve çevreci, en temiz yakıtın ise doğalgaz olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Onaylı [3], dünyada ısı yalıtımı ile ilgili yapılan çalışmalarını, ısı yalıtım malzemelerinin özelliklerini ve yapılarda yalıtım uygulamasının bina üzerine etkilerini incelemiş, yapılan çalışma sonucunda binalara uygulanan yalıtım ile daha konforlu ortamlar oluşturulduğu sonucuna ulaşmıştır.

Bakos vd. [4], merkezi ısıtma sistemlerinde yakıt tasarrufunu sağlamak için enerji yönetim metodu geliştirmiş, bu metodu gerçek bir sistemde uygulamış ve % 14 lük bir yakıt tasarrufu sağlandığını tespit etmiştir.

Ulaş [5], ülkemizin en yaygın kurumu olan okullarımızın yürürlükteki ısı yalıtım kurallarına göre yapılması durumunda, elde edilecek enerji tasarrufu, maliyeti ve çevreye etkisi açısından incelemiştir. Çalışmasında önce binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacına göre (ısıtma sisteminin ısıtma sezonu boyunca kapatılmadığı, bina iç ortam sıcaklığının 20 °C tutulduğunu varsayılarak), ısı kaybı, yakıt tüketimi ve CO₂ emisyonu hesaplanmıştır. Daha sonra ısıtma sisteminin uygulamada varsayılan yakma rejimine göre ısı kaybı, yakıt tüketimi ve CO₂ emisyonu hesaplanmış, yaşam döngüsü maliyet analizi yöntemi kullanılarak ekonomik analiz yapılmıştır. Maliyet analizlerinde yıllık kullanılan (gerçek) yakıt miktarı dikkate alınmıştır.

Türkeri [6], merkezi ve bireysel ısıtma sistemlerini karşılaştırmıştır. Bireysel ve merkezi ısıtma sistemlerinin 20 daireli bir apartman modelinde karşılaştırılması sonucu ilk yatırım maliyeti, işletme giderleri, amortisman giderleri ve diğer giderlerin toplamı olan toplam maliyet açısından 20 daireli bir apartman için merkezi ısıtma sisteminin daha ekonomik olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yazıcı vd. [7], doğalgazın bina ısı ihtiyacını karşılamak amacıyla kullanımının linyit kömür, motorin ve fuel oil'e göre daha ucuz olduğu, ayrıca diğer üç yakıtta göre çevreye en az emisyon yapan yakıt olduğu görülmüştür. Bu sebeple bina ısıtmasında doğalgaz kullanımının yaygınlaştırılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Acarkan [8], bireysel ve merkezi ısıtma sistemlerinde verimlilik ve ekonomiklik analizi yapmış, hazırlanan karşılaştırma tabloları doğrultusunda, merkezi ısıtma sistemlerinde, bireysel ısıtma sistemine göre, ilk yatırım maliyeti olarak yaklaşık % 30' luk bir kazanç sağlandığı görülmüştür. Ayrıca binalarda yalıtım uygulanması ile yaklaşık % 20' lik bir enerji tasarrufu sağlandığı tespit edilmiştir.

Savaşan [9], yaptığı yüksek lisans çalışmasında, merkezi ve bireysel ısıtma sistemlerinin termoekonomik analizini yapmış, bireysel ısıtma sistemlerinde ilk yatırım maliyetinin merkezi ısıtma sistemlerine göre daha fazla olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Demir [10], İstanbul'da bulunan 12 daireli bir apartmanın ısıtılması için merkezi sistem (klasik merkezi sistemle ısıtmadan farklı olarak her daire girişinde ısı sayacı kullanılmıştır) ile bireysel (kombili) sistemin yatırım ve işletme maliyetleri yönünden karşılaştırılması yapmıştır. Merkezi ısıtma sistemlerinin işletme ve yatırım maliyeti açısından en ekonomik sistem olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Öztürk [11], Eskişehir merkez ilçede bulunan 27 mahalleye ait bina bazında kat sayısı, konut sayısı, ısıtma sistemi ve yakıt türünü içeren veriler değerlendirilerek yanmadan kaynaklanan karbon monoksit, azot oksitler, kükürt oksitler, partikül maddeler ve hidrokarbon emisyonları emisyon faktörleri kullanarak hesaplanmıştır. Isınma amaçlı çevreye salınan emisyon miktarları oranlarının oldukça yüksek olduğu, konutsal ısıtma amaçlı kullanılabilecek yakıt türlerinin ve bu yakıtların verimli yakılmasını sağlayacak sistemlerin araştırılmasına ve Eskişehir'de mevcut jeotermal kaynakların bu açıdan değerlendirilmesine ihtiyaç olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Şengüllü [12], ısıtma sistemlerinde otomatik kontrol sistemleri kullanılarak yakıt sarfiyatının azaltılması ve azami yakıt tasarrufunun sağlanması konusunu incelemiş, mevcut ve yeni kurulacak ısıtma sistemlerinde, otomatik kontrol sistemlerinin kullanılması durumunda yakıt sarfiyatından % 35-40 tasarruf sağlanabileceği sonucuna ulaşmıştır.

Özsoy [13], Isparta' da merkezi ısıtma sistemi kullanan konutlarda oturanların ısıtma sisteminden memnuniyetleri ve

şikayetleri bir alan araştırması ile incelemiştir. Yapılan çalışma sonucunda apartman sakinlerinin önemli bir kısmında çeşitli derecelerde ısıtma sisteminden memnuniyetsizlik gözlenmiştir. Isınma problemlerini azaltmak amacıyla daha adil bir paylaşım için tüketim temelli ölçme ve faturalandırma yapan ısı paylaşım sistemlerine de fazla sıcak bakılmadığı yapılan anket çalışması ile görülmüştür.

Bu çalışmada, ülkemizin hava kirliliği sorunu yaşayan illerimizden biri olan Bartın ili ele alınmıştır. Bartın ilinde ki konutların mevcut ısıtma sistemlerinde, katı yakıt olarak Zonguldak kömürü, ithal kömür, sıvı yakıt olarak fueloil kullanılmaktadır. 2014 yılı itibarıyla ise doğalgaz ile çalışan ısıtma sistemleri konutlarda kullanılmaya başlanmış ve şehir hızlı bir dönüşüm sürecine girmiştir. Bu dönüşümün en ekonomik, en çevreci, en verimli şekilde yapılabilmesi ve halkın bu konuda bilinçlendirilmesi amacıyla yapılan bu çalışma da tüketicilerin merkezi ısıtma sistemlerinde kullandıkları mevcut yakıtlar ile konutlarda yeni kullanılmaya başlanacak olan doğalgazın karşılaştırılması yapılarak, kullanıcılara ve şehre sağlayacağı avantajları belirlenmiştir. Bunun için Bartın ilinde genel bina yapısı olarak kullanılan dört farklı bina projesi belirlenmiştir. Belirlenen binaların ısıtılmasında Zonguldak maden kömürü, fueloil ve doğalgaz yakıtları ile çalışan merkezi ısıtma ve bireysel ısıtma sistemleri tasarlanmıştır. Tasarlanan ısıtma sistemleri, ısı enerjisi, tüketilen yakıt miktarı, çevreye verdikleri zarar, kurulum maliyeti, işletme maliyeti ve elde edilecek olan konfor şartları teorik olarak birbirleri ile karşılaştırılarak avantaj ve dezavantajları belirlenmiştir.

2. Teorik Çalışma

Ülkemiz, TS 825' e göre dış hava sıcaklıkları göz önünde bulundurularak dört yalıtım bölgesine ayrılmıştır. Birinci bölge en az ısıtma enerjisi ihtiyacı olan illeri, dördüncü bölge ise en fazla ısıtma enerjisi ihtiyacı olan illeri kapsamaktadır. Binalara uygulanan yalıtım kalınlığı ve ısıtma sistemlerinin tasarımları ilin bulunduğu yalıtım bölgesine göre tasarlanmalıdır. Uygun yapılmış yalıtımın ve doğru seçilmiş ısıtma sistemlerinin enerji verimliliği, maliyet ve çevre açısından önemi oldukça büyüktür.

Yeterince ısı yalıtımı sağlanmış bir binada, ısıtma döneminde, iç ortamda belli bir iç ortam sıcaklığı sağlamak için gerekli olan ısı enerjisinin bir kısmı iç kaynaklardan ve güneş enerjisinden sağlanmaktadır. Kalan miktarın ısıtma sistemi tarafından iç ortama verilmesi gerekmektedir. Yıllık ısıtma enerjisi gereksinimi olarak tanımlanan bu miktar, bütün aylar için, toplam kayıplardan güneş enerjisi kazançları ve iç kazançların çıkartılması ile elde edilen değerlerin toplanması ile Eşitlik 1 ile hesaplanmaktadır.

$$Q_{y1} = \sum Q_{ay} \quad (kJ) \quad (1)$$

Bu eşitlikte yer alan, Q_{y1} ; ısıtma sisteminden ısıtılan ortama bir yıl içerisinde verilmesi gereken ısı enerjisi miktarı, Q_{ay} ; ısıtma sisteminden ısıtılan ortama bir ay içerisinde verilmesi gereken ısı enerjisi miktarı anlamlarındadır.

Isıtma sisteminden ısıtılan ortama bir ay içerisinde verilmesi gereken ısı enerjisi miktarı (Q_{ay}), Eşitlik 2 ile hesaplanmaktadır;

$$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta_{ay}(\Phi_{i,ay} + \Phi_{s,ay})]t \quad (kJ) \quad (2)$$

Bu eşitlikte yer alan, H ; iç ve dış ortamlar arasında 10 °C sıcaklık farkı olması durumunda binanın dış kabuğundan iletim ve havalandırma ile birim zamanda kaybedilen ısı enerjisi miktarı, θ_e ; dış sıcaklık aylık ortalama değeri, θ_i ; iç sıcaklığın aylık ortalama değeri, η_{ay} ; kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü, $\Phi_{i,ay}$; binanın ısıtma sisteminin dışında, ısıtılan ortam içerisinde bulunan ısı kaynaklarından, ısıtılan ortama birim zamanda yayılan ısı enerjisi miktarı, $\Phi_{s,ay}$; ısıtılan ortama birim zamanda doğrudan ulaşan güneş enerjisi miktarı, t ; zaman anlamlarındadır.

Yıllık ısıtma enerjisi gereksinimi yalıtım bölgelerine göre değişiklik göstermekte ve bu değişiklik nedeniyle ısıtma sistemlerinin kapasiteleri ve tüketilen yakıt miktarı her bölgede farklı olmaktadır. Özellikle kışların uzun geçtiği ve halen yerli

kömür kullanılan illerimizde hava kirliliği kış aylarında artış göstermekte ve insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Binalarda yıllık yakıt sarfiyatı, dış ortam sıcaklığının mevsim boyunca değişimi göz önüne alınarak hesaplanmaktadır. Bu değer bina iç ve dış sıcaklık farkı, kullanılan yakıt cinsi ve kazan verimine göre değişmektedir. Bulunan bölgede en düşük dış sıcaklık göz önüne alınarak hesaplanan yıllık yakıt sarfiyatı miktarı B_y , Eşitlik 3 ile hesaplanmaktadır;

$$B_y = Q_{yıl} / H_u \times \eta_k \quad (3)$$

Bu eşitlikte yer alan, B_y ; yıllık yakıt sarfiyatı miktarı, $Q_{yıl}$; ısıtma sisteminden ısıtılan ortama bir yıl içerisinde verilmesi gereken ısı enerjisi miktarı, H_u ; yakıtın alt ısı değer, η_k ; kazan verimi anlamlarındadır.

Hesaplamalarda kullanılan yakıt türlerine ait kazan verimleri ve yakıt alt ısı değerleri Tablo 1’ de verilmiş olup hesaplamalarda bu değerler dikkate alınmıştır.

Isıtma sistemlerinde maliyet analizi çok önemlidir. Çünkü özellikle soğuk iklimler için ısıtma ciddi bir maliyet gerektirmektedir. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacına göre yıllık yakıt maliyeti M_y , Eşitlik 4 ile hesaplanmaktadır;

$$M_y = B_y \times C_{fyak} \quad (4)$$

Bu eşitlikte yer alan, M_y ; yıllık yakıt maliyeti, B_y ; yıllık yakıt miktarı, C_{fyak} ; yakıtın birim fiyatı anlamlarındadır.

Çalışmamızda kullanılan yakıtların 2013 yılı birim fiyatları Tablo 2’ de verilmiştir.

Tablo 1. Yakıt türlerine ait kazan verimleri ve alt ısı değerleri.

Yakıt Türü	Kazan Verimi (η_k)	Alt Isıl Değer, H_u	
Doğalgaz	0,85	34.485,00 kJ/m ³	8.244 kcal
Fuel-Oil	0,75	41.600,00 kJ/kg	9.945 kcal
Zonguldak Maden Kömürü	0,60	20.913,50 kJ/kg	5.000 kcal

Tablo 2. Yakıtların birim fiyatları.

Yakıt	Birim	Birim Fiyatı (C_{fyak}) (TL/Birim)
Doğalgaz	m ³	0,84 TL/m ³
Fuel-Oil	kg	2,44 TL/kg
Kömür(Zonguldak)	kg	0,55 TL/kg

Isıtma tesisatında kullanılan yakıtların yanması sonucu açığa çıkan atık gazların % 85’ ini CO₂, % 15’ lik kısmını ise kükürtdioksit (SO₂), karbonmonoksit (CO) partikül madde (PM10 ve PM2.5), azot oksit bileşikleri (NO_x) gibi emisyonlar oluşturmaktadır. Ancak, CO₂ harici diğer emisyon değerlerinin yüzdelik oranları küçük olduğu için hesaplamalarda genel yaklaşım olarak CO₂ emisyonu dikkate alınmaktadır. 5 Aralık 2008 tarihinde ve 27075 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinde (BEPY), binaların yıllık CO₂ emisyonunu sınırlandırılmış ve kullanılan enerji kaynağına (yakıt türüne) bağlı olarak, nihai enerji tüketimi sonucu açığa çıkan CO₂ miktarının belirlenmesi için dönüşüm katsayıları (FSEG) verilmiştir. Binanın net enerji tüketimine bağlı olarak kullanılan

yakıt cinsine göre yıllık CO₂ emisyon miktarı Eşitlik 5 ile hesaplanmaktadır [14];

$$SEGM_y = 0,278 \times 10^{-3} \times B_y \times H_u \times FSEG \quad (5)$$

Bu eşitlikte yer alan, $SEGM_y$; yıllık CO₂ emisyon miktarı, $FSEG$; yakıt cinsine göre CO₂ emisyonu dönüşüm katsayısı anlamlarındadır.

Çalışmada kullanılan ve Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinde yer alan yakıt türlerinin $FSEG$ (CO₂) dönüşüm katsayıları Tablo 3’ de verilmiştir.

Tablo 3. Yakıt türlerinin $FSEG$ (CO₂) dönüşüm katsayıları

Yakıt Türü	$FSEG$ (CO ₂) dönüşüm katsayısı(kg eşd.CO ₂ /kWh)
Doğalgaz	0,234
Fuel Oil	0,330
Kömür	0,433

Isıtma sistemlerinin tasarımı çevre açısından olduğu kadar maddi açıdan da oldukça önemlidir. Çünkü gerekenden yüksek kapasitede ya da düşük kapasitede seçilmiş olan ısıtma sistemi ekipmanları enerji tasarrufu, çevre ve konfor şartları konularında önem arz etmektedir.

Isıtma sistemlerinin ekonomikliğini etkileyen faktörlerden biri sistemlerin ilk yatırım maliyetleridir. Ancak ısıtma sistemlerinin maliyet analizi sadece ilk yatırım maliyetlerine göre değerlendirilmemelidir. Çünkü ilk yatırım maliyeti açısından ekonomikmiş gibi görülen ısıtma sistemleri işletme maliyeti ve diğer faktörler göz önünde bulundurulduğunda ekonomikliğini kaybedebilmektedir. Isıtma sistemlerinin işletme maliyetlerini, yakıt maliyeti, servis-tamir maliyeti ve işçi maliyeti oluşturmaktadır. Servis, tamir maliyeti toplam yıllık yakıt tüketiminin belirli bir yüzde miktarının alınması ile tespit edilen değerdir [15]. Analiz

yapılırken ısıtma sistemlerinin ekonomik ömürleri de dikkate alınmalıdır. Bu nedenle tüm bu faktörler göz önünde bulundurularak ısıtma sistemlerinden hangisinin daha ekonomik olduğu sonucuna ulaşabilmek için, tüm giderlerin göz önüne alındığı bir analiz yapılmalıdır. Tüm giderlerin göz önünde bulundurularak ısıtma sistemlerinin toplam maliyet hesabı, “Yıllık Eşdeğer Maliyet Analizi Yöntemi (YEM)” kullanılarak Eşitlik 6 kullanılarak hesaplanmaktadır [2];

$$YEM = [M_{ilk} - H / (1 + i)^N] \times [(1 + i)^N \cdot i] / [(1 + i)^N - 1] + M_{is} \quad (6)$$

Bu denklemde yer alan, M_{ilk} değeri ısıtma sisteminin ilk yatırım maliyeti, M_{is} değeri ısıtma sisteminin işletme maliyetidir. Hesaplamalarda kullanılan i , değeri yıllık faiz oranı olup % 10, N , analiz dönemi olup, ısıtma sistemlerinin ekonomik ömürleri göz önünde bulundurularak 25 yıl olarak alınmıştır. Ayrıca bireysel

ısıtma sisteminde kullanılan kombinin ekonomik ömrü sebebiyle 12 yılsonunda hurda değerinin olmadığı ve 13'üncü yılın başında kombinin ilk kurulum maliyetinin 2.000 TL olacağı kabul edilmiş ve sistemlerin hurda değerleri ihmal edilmiştir [2];

Bu çalışma özellikle kış aylarında ısıtma sistemlerinden kaynaklı ciddi hava kirliliğine maruz kalan, halen yaygın olarak kömürün ve az da olsa fuel-oilin kullanıldığı ancak 2014 yılı itibarıyla konutlarda ısıtma amaçlı doğalgazın kullanılmaya başlandığı ve hızlı bir dönüşümün söz konusu olduğu Bartın ili için yapılmış olup, çalışmanın dönüşüm sürecinde kullanıcılara doğru bir ısıtma sistemi seçimi aşamasında yol göstermesi ve daha temiz

bir çevre için bilinç oluşturulabilmesi hedeflenmektedir. Bu amaçla Bartın' da mevcut bulunan dört Tip bina modeli ele alınmış ve her bir bina modeli için ısı kaybı, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, yakıt tüketim miktarı, yakıt maliyeti, ısınmadan kaynaklı açığa çıkan emisyon miktarları ve ısıtma sistemlerinin maliyet analizleri hesaplanmıştır. Belirlenen binaların ısıtılmasında Zonguldak maden kömürü, fueloil ve doğalgaz yakıtları ile çalışan merkezi ısıtma ve bireysel ısıtma sistemleri tasarlanmıştır. Tespit edilen bu bina tipleri, 8, 10, 20 ve 30 daireden oluşan dört farklı bina modelidir. Bu çalışma için seçilmiş dört tip bina modelinin özellikleri Tablo 4' de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Tablo 4. Çalışmada kullanılan bina modelleri.

Model	Bina Detayı	Bir Katta Bulunan Daire Sayısı	Toplam Daire
Tip-1	1BK+1ZK+3NK	2	8
Tip-2	1BK+1ZK+3NK	3	12
Tip-3	1BK+1ZK+4NK	4	20
Tip-4	1BK+1ZK+4NK	6	30

Seçilmiş olan her bir bina tipinin dış kabuğunu oluşturan yapı elemanları XPS yalıtım malzemesi ile duvarlar dıştan (mantolama) yalıtılmıştır. Tüm bu bina modellerinde aynı yapı bileşeni kullanıldığı kabul edilmiştir. Isı kaybı hesapları TS 825 hesap metoduna uygun şekilde yapılmış ve tanımlanan yapı elemanlarından oluşan bina modelleri için ısı yalıtımı kalınlığının uygun olduğu tespit edilmiştir.

3. Bulgular

Çalışma kapsamında seçilmiş olan bina modellerindeki ısı kayıp değerleri belirlenmiş, her bir bina modeli için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları hesaplanmış ve bulunan değerler Tablo 5' de verilmiştir.

Çalışma kapsamında belirtilen dört tip bina modelinin toplam ısıtma enerjisi ihtiyacı miktarları incelendiğinde, en az ısıtma enerjisi ihtiyacının, her katta 2 daire bulunan Tip-1' de, en fazla ısıtma enerjisi ihtiyacının, her katta 6 daire bulunan Tip-4' de meydana geldiği görülmüştür. Daire başına düşen ısıtma enerjisi ihtiyaçları incelendiğinde ise, daire başına düşen ısıtma enerjisi ihtiyacının en fazla Tip-1' de, en az Tip-4' de meydana geldiği görülmüş olup binadaki daire sayısının artması sonucu daire başına düşen ısıtma gereksiniminin azaldığı gözlenmiştir.

Çalışmamızda yıllık yakıt tüketim miktarları, dört farklı tip için doğalgaz bireysel, doğalgaz merkezi, fuel-oil merkezi ve kömürlü merkezi olmak üzere ayrı ayrı hesaplanmıştır. Her bir bina modeli için bulunan toplam ve daire başına düşen yakıt miktarları Tablo 6' da verilmiştir.

Tablo 5. Yalıtım yapılmış bina modelleri için hesaplanmış yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaç miktarları.

Bina Tipi	Daire Sayısı	Toplam Isıtma Enerjisi İhtiyacı		Daire Başına Düşen Isıtma Enerjisi İhtiyacı
		kJ	kWh	kWh
TİP-1	8	203.090.906	56.459	7.057
TİP-2	12	300.158.839	83.444	6.953
TİP-3	20	443.287.596	123.234	6.161
TİP-4	30	633.461.101	176.102	5.870

Bulunan bu sonuçlar incelendiğinde en fazla yakıt tüketiminin, kömürlü merkezi ısıtma sisteminde, en az yakıt tüketiminin ise fuel-oilli merkezi ısıtma sisteminde meydana geldiği görülmüştür. Doğalgazlı bireysel sistemde, doğalgazlı merkezi sisteme göre daha fazla yakıt tüketilmesinin sebebinin kombinin ısı veriminin, kazan verimine göre daha düşük olması ve kombili sistemlerde ısının binanın tümüne homojen şekilde dağılmamasından kaynaklandığı anlaşılmıştır. Ayrıca binada daire sayısının artması sonucu binada tüketilen toplam yakıt tüketiminin de arttığı, daire başına düşen yakıt tüketiminin ise azaldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Yıllık yakıt tüketim miktarları hesaplandıktan sonra, yakıt tüketim miktarları Eşitlik 4 kullanılarak yakıtların birim fiyatları ile çarpılmış ve toplam yakıt tüketim maliyeti hesaplanmıştır. Bulunan değerler Tablo 7' de verilmiştir.

Tablolar incelendiğinde en fazla yakıt maliyetinin meydana geldiği sistemin fuel-oilli merkezi ısıtma sistemi, en az yakıt maliyetinin meydana geldiği sistemin ise doğalgazlı merkezi ısıtma sistemi olduğu görülmektedir. Bu değerler incelendiğinde kömürlü sistemden doğal gazlı merkezi ısıtma sistemine geçişin ardından ortalama % 35 oranında yakıt maliyetinin azaldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Isıtma sisteminde kullanılan yakıtlar fosil kökenli olup ısıtma sisteminde yakılmaları sonucu oluşan gazların emisyon değerleri Eşitlik 5 yardımı ile hesaplanarak, elde edilen sonuçlar Tablo 8' de verilmiştir.

Tablodaki veriler incelendiğinde en fazla CO₂ salınımının kömürlü merkezi ısıtma sistemlerinde, en az CO₂ salınımının ise doğalgazlı merkezi ısıtma sistemlerinde meydana geldiği görülmüş olup kömürlü sistemden doğalgazlı merkezi ısıtma sistemine geçiş sonucu, ısıtma amaçlı oluşan zararlı gazların, ortalama % 60 oranında azalacağı gözlenmiştir.

Isıtma sistemlerinin ekonomik olması önemlidir. Isıtma sistemlerinin ekonomikliğini etkileyen faktörlerden biri de sistemlerin ilk yatırım maliyetleridir. Ancak ısıtma sistemlerinin maliyet analizi sadece ilk yatırım maliyetlerine göre değerlendirilmemelidir. Çünkü ilk yatırım maliyeti açısından ekonomikmiş gibi görülen ısıtma sistemleri işletme maliyeti ve diğer faktörler göz önünde bulundurulduğunda ekonomikliğini kaybedebilmektedir. Çalışmamızda seçilen ısıtma sistemlerinin ilk yatırım maliyetlerinin karşılaştırması Tablo 9' da gösterilmiştir.

Tablo 6. Bina tipleri için yakıt tüketim miktarları.

Kullanılan Yakıt ve Isıtma Sistemi	TİP-1 İçin Toplam Yakıt Miktarı	TİP-1 İçin Daire Başına Düşen Yakıt Miktarı
Doğalgaz Merkezi	6.928,53 m ³	866,06 m ³
Doğalgaz Bireysel	7.293,19 m ³	911,64 m ³
Fuel-Oil Merkezi	6.509,32 kg	813,66 kg
Kömür(Zonguldak) Merkezi	16.184,99 kg	2.023,12 kg

Kullanılan Yakıt ve Isıtma Sistemi	TİP-2 İçin Toplam Yakıt Miktarı	TİP-2 İçin Daire Başına Düşen Yakıt Miktarı
Doğalgaz Merkezi	10.240,04 m ³	853,33 m ³
Doğalgaz Bireysel	10.778,98 m ³	898,25 m ³
Fuel-Oil Merkezi	9.620,47 kg	801,70 kg
Kömür(Zonguldak) Merkezi	23.920,66 kg	1.993,39 kg

Kullanılan Yakıt ve Isıtma Sistemi	TİP-3 İçin Toplam Yakıt Miktarı	TİP-3 İçin Daire Başına Düşen Yakıt Miktarı
Doğalgaz Merkezi	15.122,94 m ³	756,14 m ³
Doğalgaz Bireysel	15.918,88 m ³	795,94 m ³
Fuel-Oil Merkezi	14.207,93 kg	710,39 kg
Kömür(Zonguldak) Merkezi	35.327,07 kg	1.766,35 kg

Kullanılan Yakıt ve Isıtma Sistemi	TİP-4 İçin Toplam Yakıt Miktarı	TİP-4 İçin Daire Başına Düşen Yakıt Miktarı
Doğalgaz Merkezi	21.610,79 m ³	720,35 m ³
Doğalgaz Bireysel	22.748,2 m ³	758,27 m ³
Fuel-Oil Merkezi	20.303,24 kg	676,77 kg
Kömür(Zonguldak) Merkezi	50.482,63 kg	1.682,75 kg

Tablo 7. Bina tipleri için yakıt tüketimi maliyet miktarları.

Kullanılan Yakıt ve Isıtma Sistemi	Yakıt Birim Fiyatı (TL)	TİP-1 İçin Toplam Yakıt Maliyeti (TL)
Doğalgaz Merkezi	0,84	5.889,25
Doğalgaz Bireysel	0,84	6.126,27
Fuel-Oil Merkezi	2,44	15.882,74
Kömür(Zonguldak) Merkezi	0,55	8.901,76

Kullanılan Yakıt ve Isıtma Sistemi	Yakıt Birim Fiyatı (TL)	TİP-2 İçin Toplam Yakıt Maliyeti (TL)
Doğalgaz Merkezi	0,84	8.601,63
Doğalgaz Bireysel	0,84	9.054,34
Fuel-Oil Merkezi	2,44	23.473,94
Kömür(Zonguldak)Merkezi	0,55	13.156,32

Kullanılan Yakıt ve Isıtma Sistemi	Yakıt Birim Fiyatı (TL)	TİP-3 İçin Toplam Yakıt Maliyeti (TL)
Doğalgaz Merkezi	0,84	12.703,26
Doğalgaz Bireysel	0,84	13.371,85
Fuel-Oil Merkezi	2,44	34.667,34
Kömür(Zonguldak)Merkezi	0,55	19.429,80

Kullanılan Yakıt ve Isıtma Sistemi	Yakıt Birim Fiyatı (TL)	TİP-4 İçin Toplam Yakıt Maliyeti (TL)
Doğalgaz Merkezi	0,84	18.153,06
Doğalgaz Bireysel	0,84	19.108,48
Fuel-Oil Merkezi	2,44	49.539,90
Kömür(Zonguldak)Merkezi	0,55	27.765,30

Tablo 8. Bina modelleri için hesaplanmış yakıt tüketimine bağlı oluşan CO₂ emisyon miktarları

Isıtma Sistemi	Bina Tipi			
	Tip-1	Tip-2	Tip-3	Tip-4
Doğalgaz Bireysel	16.349,28 kg	24.163,45 kg	35.685,67 kg	51.031,45 kg
Doğalgaz Merkezi	15.531,82 kg	22.955,30 kg	33.901,39 kg	48.479,87 kg
Kömür Merkezi	40.737,62 kg	60.208,30 kg	88.918,24 kg	127.064,78 kg
Fuel-Oil Merkezi	24.831,75 kg	36.700,16 kg	54.200,41 kg	77.484,96 kg

Tablo 9. Isıtma sistemlerinin toplam ilk yatırım maliyetleri (TL).

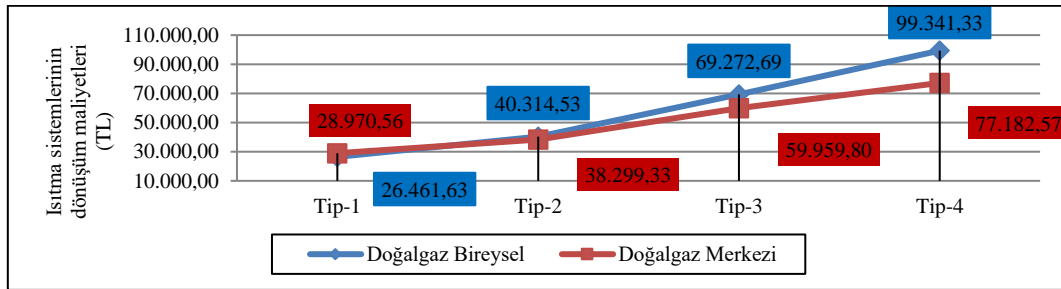
Bina Tipi	Isıtma Sistemlerinin Toplam Maliyetleri (TL)			
	Doğalgaz Bireysel	Doğalgaz Merkezi	Kömürlü Merkezi	Fuel-oil Merkezi
Tip-1 (8 daire)	43.754,19	53.272,85	27.869,09	34.303,09
Tip-2 (12 daire)	63.902,09	76.305,67	40.803,38	50.212,18
Tip-3 (20 daire)	104.763,83	112.967,47	66.742,03	78.941,75
Tip-4 (30 daire)	153.607,19	159.727,30	98.756,22	114.306,38

Binaların ilk yatırım maliyet değerleri incelendiğinde, kömürlü ısıtma sisteminin diğer sistemlerden daha ekonomik olduğu, buna karşın doğalgazlı merkezi ısıtma sisteminin ise en pahalı sistem olduğu görülmektedir.

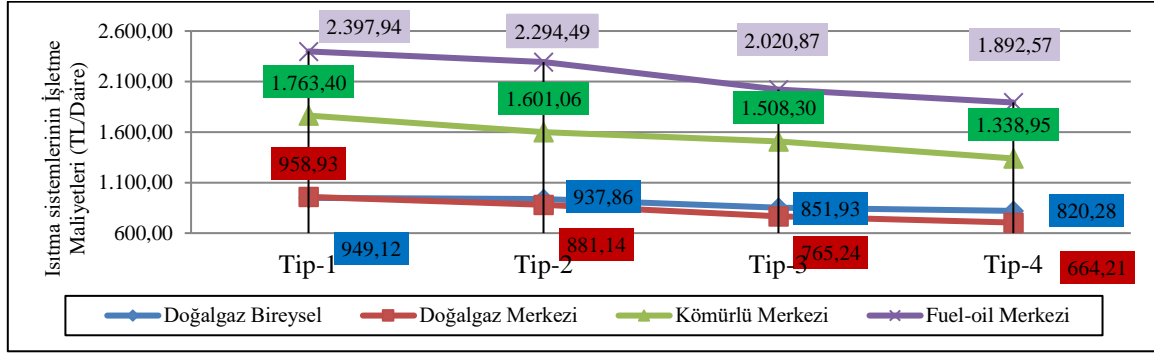
Doğalgazın Bartın iline gelmesi ile birlikte, yeni binalar doğalgaza uyumlu şekilde tasarlanırken, eski binalar, mevcut kömürlü ısıtma sisteminden doğalgazlı ısıtma sistemine dönüş yapılacaktır. Bu bağlamda, ısıtma sistemlerinin dönüşüm maliyetleri açısından hangi sistemin (doğalgaz merkezi, doğalgaz bireysel) daha ekonomik olacağını tespit için maliyet analizi çıkarılmıştır. Bulunan değerler Şekil 1' de gösterilmiştir. Bu değerler incelendiğinde kömürlü ısıtma sisteminden, doğalgazlı merkezi ısıtma sistemine dönüşümün, doğalgazlı bireysel ısıtma sistemine dönüşümünden daha ucuz olduğu görülmüştür. Ancak Tip-1 için

dönüşüm maliyeti incelendiğinde bireysel sistemin daha ekonomik olmasının sebebinin daire sayısının az olmasından kaynaklandığı anlaşılmıştır. Binanın büyüklüğüne ve daire sayısının artması sonucu her iki sistemde de dönüşüm maliyetinin arttığı, doğalgazlı ısıtma sistemlerinde ise bu artışın kombi sayısına paralel olarak, doğalgazlı merkezi sisteme göre daha çok artış gösterdiği görülmüştür.

Her tip bina modeli için işletme maliyetleri hesaplanmış, bireysel ısıtma sistemlerinde kaloriferi ihtiyacı olmadığından bu sistemlerde işçilik maliyetinin olmadığı kabul edilmiştir. Kömürlü ve doğalgazlı merkezi ısıtma sistemlerinde kaloriferinin asgari ücretle 7 ay çalıştığı kabul edilmiştir. Tüm bu maliyetler göz önünde bulundurulduğunda dört tip bina modeli için daire başına düşen işletme maliyetleri Şekil 2' de verilmiştir.



Şekil 1. Kömürlü merkezi ısıtma sisteminden doğalgaza dönüşümün ilk yatırım maliyet değerleri



Şekil 2. Isıtma sistemlerinin daire başına düşen işletme maliyetleri açısından karşılaştırılması.

Tablo 10. Toplam maliyet analizi (TL)

Bina Modeli	Isıtma Sistemi			
	Doğalgaz Merkezi	Doğalgaz Bireysel	Kömürlü Merkezi	Fuel-oil Merkezi
Tip-1	1.691,43	1.770,74	2.146,60	2.869,69
Tip-2	1.580,62	1.743,63	1.975,09	2.754,77
Tip-3	1.386,56	1.648,13	1.872,08	2.455,05
Tip-4	1.290,21	1.603,50	1.700,06	2.311,69

Şekil 2' de ki değerler incelendiğinde işletme maliyeti açısından en ucuz sistemin doğalgazlı merkezi ısıtma sistemi, en pahalı sistemin ise fuel-oil merkezi ısıtma sistemi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Tüm maliyetlerin içinde bulunduğu ve geçen zaman içerisinde hangi sistemin daha ekonomik olduğunu belirlemek için kullanılan yıllık eşdeğer maliyet analizi yöntemine göre hesaplanan daire başına düşen toplam maliyet Tablo 10' da verilmiştir.

Bartın ilinde kullanılan ısıtma sistemlerinde kömürlü merkezi, fuel-oil merkezi, doğalgaz merkezi ve doğalgaz bireysel sistemlerinin yıllık eşdeğer maliyet analiz metoduna göre hesaplanan maliyet değerleri incelendiğinde, geçen zaman içerisinde en ekonomik sistemin, ilk yatırım maliyeti en yüksek olan doğalgazlı merkezi sistem, en pahalı sistemin ise fuel-oil ile çalışan merkezi ısıtma sistemi olduğu görülmüştür.

4. Sonuçlar

Bartın ilinde binalarda kullanılan enerjinin verimli bir şekilde kullanılabilmesi, ekonomik bir ısıtma sistemi seçimi ve konutlarda ısıtma amaçlı oluşan zararlı gazların oluşumunun azaltılabilmesi için en uygun ısıtma sisteminin ve en uygun yakıtın tespit edilmesi için yapılan çalışmada, en ekonomik, en verimli ve en çevreci ısıtma sisteminin merkezi ısıtma sistemi, yakıtın ise doğal gaz olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Isıtma sistemi tasarımı yapılırken yalnızca ilk yatırım maliyeti göz önünde bulundurulmamalıdır. Çünkü ilk yatırım maliyeti düşük olan ısıtma sistemlerinin işletme maliyetleri de göz önünde bulundurulduğunda ekonomikliğini kaybedebileceği görülmüştür. Bu nedenle ısıtma sistemi tasarımı yapılmadan önce iyi bir ön çalışma yapılması gerekmektedir. Ayrıca farklı bina modelleri incelendiğinde binadaki daire sayısının artması sonucunda daire başına düşen maliyetin ve çevreye yayılan zararlı gazların miktarlarının azaldığı gözlenmiştir. Çalışma kapsamında ulaşılmış olan tüm sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda; en temiz, en ucuz yakıtın doğalgaz, en temiz, en ucuz ısıtma sisteminin ise doğal gazlı merkezi ısıtma sistemi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Kaynaklar

1. Çomaklı K., Çakır B ve Efe Ş (2011) Farklı bina tipleri ve yakıtlar için merkezi ısıtma sistemlerinin maliyet analizi, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 13/16 Nisan, 2011.
2. Efe Ş., Erzurum' da kullanılan ısıtma sistemlerinin ekonomik analizi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum, 2008.
3. Onaylı S., Binalarda ısı yalıtımı ve son teknolojik gelişmeler, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, s. 30-40, s. 42-53, 2002.

4. Bakos G.C, Spirou A, Tsagas N.F., Energy management method for fuel saving in central heating insulations. Energy and Building, 29, s. 135-139, 1999.
5. Ulaş, Binalarda TS 825 hesap yöntemine göre ısı kaybı, yakıt tüketimi, karbondioksit emisyonu hesabı ve maliyet analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2010.
6. Türkeri A., Bireysel Ve Merkezi Isıtma Sistemlerinin Tanıtımı ve Karşılaştırılması, http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/b567b1729fc2633_ek.pdf, (23.02.2013).
7. Yazıcı H, Akçay M, Özer S., Sdu International Technologic Science Vol.4, No 2, November 2012 pp. 59-69, 2012.
8. Acarkan B., Bireysel ve merkezi ısıtma sistemlerinde verimlilik ve ekonomiklik analizi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2005.
9. Savaşan M., Merkezi ve bireysel ısıtma sistemlerinin termoekonomik analizi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2007.
10. Demir A., Isı Sayaçlı Merkezi Isıtma Sistemi İle Bireysel Isıtma Sisteminin Teknik Ve Ekonomik Yönden Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2000.
11. Öztürk Z., Eskişehir' de Konutsal Isıtma Sistemleri, Enerji Kullanımı ve Emisyon Kaynaklarının Mahaller Bazında Dağılımlarının Haritalandırılması, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir, 2001.
12. Şengüllü F., Isıtma Sistemlerinde Otomatik Kontrol Sistemlerinin Seçimi Ve Ekonomik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, 1997.
13. Özoy A., Merkezi Isıtma Sistemlerinde Isınma Problemleri ve Yakıt Paylaşımı, SDU International Journal of Technologic Sciences Vol. 1, No 1, June 2009, pp. 10-17, 2009.
14. Anonim Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, 2008.
15. Küçükçalı R., Yapılarda Tesisat İşletme Projesi ve Maliyeti, Termodinamik Dergisi, Sayı:12, Ağustos, 1993.



Bartın Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi



Buğdaylardaki Sürme Hastalığı *Tilletia Foetida*'nın Spesifik ISSR Markörler ile Erken Tespiti

Ahmet UMay^{1*}, İsmail POYRAZ¹, Gülçin AKGÖREN PALABIYIK², Fahri ALTAY¹

¹Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Bilecik / TÜRKİYE

²Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Pazaryeri Meslek Yüksek Okulu, Organik Tarım Programı, Bilecik / TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 18.02.2015 Düzeltme Tarihi: 18.03.2015 Kabul Tarihi: 20.03.2015

Özet

Tilletia foetida, ülkemizde yaygın olarak görülen ve büyük oranlarda ekonomik kayıplara neden olan sürme hastalığının etmenidir. Hastalıkla mücadelede, her ne kadar kimyasal tarım ilaçları ve dayanıklı buğday çeşitlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar bulunsada, günümüzde hastalık etmeninin zamanla direnç kazandığı rapor edilmektedir. Bu nedenle, hastalıkla mücadelede hastalık bulaşmış (kontamine) tohumların erken tespitine yönelik çalışmaların önemi artmıştır. Bu çalışmada, *T. foetida*'ya özgü bir ISSR (inter-simple sequence repeat) markörünün geliştirilmesi amaçlanmıştır. 13 farklı *T. foetida* izolatu kullanılarak PCR (polimeraz zincir reaksiyonu) yöntemiyle 25 farklı ISSR markörü denenmiş ve aralarından spesifik monomorfik bant veren markörler tespit edilmiştir. Karşılaştırma amacıyla ayrıca çalışmada bir *T. caries* izolatu da kullanılmıştır. 25 ISSR markörü arasında ISSR-847 kodlu markörün tüm izolatlar için spesifik 3 band verdiği gözlemlenmiştir. ISSR-847 markörü ile konakçı DNA kontaminasyonuna karşı ayrıca 10 farklı buğday çeşidine ait DNA ile PCR yapılmış ve farklı bant oluşumu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak ISSR-847 markörünün, tohumlardaki sürme hastalığının erken tespitinde etkin olarak kullanılabilceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Tilletia foetida*, Sürme, ISSR Markörü, Erken Tespit

Development of Sepcific ISSR Markers for Early Detection of Common Bunt in Wheat Caused by *Tilletia Foetida*

Abstract

Tilletia foetida, the agent of common bunt is frequently seen in our country and causes serious economic loses. There are chemical pesticides for the protection of crops and studies in order to develop the disease-resistant wheat varieties, but the problem now is that there are reports recently published about gaining of the disease resistance by the time. Therefore, the studies which are carried out to detect contaminated seeds have become more important in fighting with the disease. In this study, the aim is to develop an ISSR marker which is particular to *T. foetida*. For this, 25 different ISSR markers were utilized using 13 different *T. foetida* isolates with PCR technique and specific monomorphic markers were determined among them. *T. caries* isolate was also used in order to make a comparison in this work. Among 25 markers, the ISSR-847-coded marker was found to produce 3 DNA fragments specific for *T. foetida* detection. DNA and PCR products which are related to 10 different wheat varieties were analyzed against host DNA contamination using ISSR-847 marker and different fragment formations were observed. As a result, it was determined that ISSR-847 marker could be used in the early detection of common bunt in seeds.

Keywords: *Tilletia foetida*, Common Bunt, ISSR Marker, Early Detection

1. Giriş

Sürme, ülkemizde buğdaylarda % 90 oranına kadar ürün kaybına sebep olan ve halk arasında Kör, Karamuk ve Karadoğu gibi isimlerle bilinen en önemli buğday hastalıklarından biridir (1, 2). Hastalığa başlıca iki mantar türü *Tilletia caries* (Bjerk.) Wint. (syn. *T. tiritici* (DC) Tul) and *T. foetida* Kuhn (syn. *T. levis*, *T. laevis* (Wallr.) Liro, *T. foetens* (Berk. & Curt.) Schoert.) neden olmaktadır (3, 4). Bu türler için yapılan tayin çalışmaları sonucunda, Türkiye'de *T. foetida*'nın % 88.06 oranında, *T. caries*' in ise % 11.94 oranında yaygınlık gösterdiği saptanmıştır (5, 6). Amerika Birleşik Devletleri, İngiltere, Kanada, Kuzey Afrika ve Kuzey Asya gibi dünyanın çeşitli bölgelerinde de gözlemlenen sürme hastalığının (3) dünyada en yaygın olan türü ise *T. caries*' dir (7).

Sürme hastalığı, sağlıklı tanelere hasat zamanında hastalıklı tanelerin parçalanması ile ortaya çıkan mantar sporlarının hava yoluyla taşınması sonucu bulaşmaktadır. Kontamine tohumların ekilmesiyle de hastalık yayılmaktadır (8). Hastalıklı tohumların ekiminden sonra hastalığa yakalanmış bitkilerin başakları, süt olum dönemine gelinceye kadar sağlıklı bitkilerden ayırt edilemezler. Sürmeli bir buğday başağında yaklaşık 150 milyon mantar sporu bulunmakta ve bu sporlar ortalama yaklaşık 3 milyon tohumu kontamine etmektedir (9).

Buğdaylarda oldukça ciddi verim kaybına ve kalite düşüklüğüne neden olan sürmenin kontrol edilebilmesi için buğday tohumlarının ilaçlanması gerekmektedir. Ancak ilaçlama yöntemi, hem organik tarım açısından hem de çevreye zarar vermesi ve ekonomik olmaması nedeniyle uygun bir yöntem değildir (10). Hastalığın kontrol edilmesinde bir diğer yöntem ise hastalığa karşı dayanıklı buğday hatlarının geliştirilmesidir. Ancak hastalık etmeninin fizyolojik ırklarındaki hastalık yapma yeteneğinin (virülens) zamanla değişiklikler gösterdiği ve dolayısıyla hastalığa karşı uzun yıllar dayanıklı kalmasının mümkün olmadığı görülmüştür (11). Bu nedenden dolayı, sürme sporları ile kontamine olmuş tohumların önceden tespit edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Son yıllarda, hastalıkla mücadelede genişleyen çevre bilinci ve organik tarıma karşı artan ilgi, kimyasal tarım ilaçlarının kullanımının azalmasına ve alternatif mücadele yöntemlerinin geliştirilmesine yol açmıştır (12). Alternatif mücadele yöntemleri içinde, kontamine tohumların erken tespitine yönelik moleküler markörlerin kullanımı ön plana çıkmıştır (13, 14, 12, 15, 9). Polimeraz zincir reaksiyonu (PCR), bitki hastalıklarını teşhis ve tespit edilmesinde kullanılan önemli bir araçtır (9). Sürme sporları ile kontamine olmuş tohumları gözle ayırt edilmesi ya da tohumların tek tek mikroskopta incelenmesi mümkün olmayıp, etkin

yöntemler değildir. Bu çalışmada, *Tilletia foetida* tarafından kontamine olmuş buğday tohumlarının ekim öncesinde erken tespit edilebilmesi için PCR tabanlı yöntemine uygun bir ISSR moleküler markörünün geliştirilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Mantar Örnekleri

Çalışmada, 13 farklı *T. foetida* izolatu ile 1 *T. caries* izolatu (Tablo.1) ve sürmeye karşı dayanıklı ve hassas olan 18 farklı ekmeçlik buğday türü (Tablo.2) kullanılmıştır. Çalışma materyalleri Eskişehir Geçitkuşuğu Tarımsal Araştırma Enstitüsünden temin edilmiştir (Eskişehir, Türkiye).

2.2. DNA İzolasyonu

Hem buğday hem de sürme örneklerinin izolasyonu için küçük değişikliklerin yapıldığı CTAB yöntemi kullanılmıştır (16). Yaklaşık 100 gr'lık örnekler 2 mL lik ependorf tüplerine konularak üzerine 1mL CTAB (Hekzadesil Trimetil Amonyum Bromür) tamponu eklenmiş ve 45 dakika inkübe edilmiştir. Karışım tüpüne eşit hacimde kloroform:isoamil (24:1, v/v) alkol eklenmiş ve 10 dakika boyunca alt üst edilerek 7500 rpm' de 10 dk santrifüjlenmiştir. Tüplerdeki üst faz yeni bir ependorf tüpüne aktarılmış ve 2/3'ü kadar isopropanol (-20°C) karışıma eklenmiş ve örnekler 2 saat -20°C'de tutulmuştur. İnkübasyon sonunda örnekler 10000 rpm'de 10 dakika santrifüjlenmiş ve pelet 300 µL % 70'lik C₂H₅OH ile yıkanmıştır. Kuruyan peletler 50 µL DNase RNase-free ile çözdürülerek NanoDrop Spektrofotometre cihazında miktar ve kalite ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

2.3. ISSR-PCR

Buğday ve sürme örneklerinin ISSR-PCR analizi için, dizi bilgileri British Columbia Üniversitesi Biyoteknoloji Laboratuvarından (Kanada) temin edilen 25 farklı ISSR primeri taranmıştır (Tablo.3). PCR reaksiyonları 25 µL hacimde 1X Taq Buffer, 2 µM MgCl₂, 2.5 µM dNTP (dATP, dCTP, dGTP, and dTTP), 2.5 µM primer, 6 ng kalıp DNA ve 1U Taq polimeraz enzimi (Fermentas, Amerika) kullanılarak hazırlanmıştır. Her bir primer için hazırlanan negatif kontrol reaksiyonlara eklenmiştir.

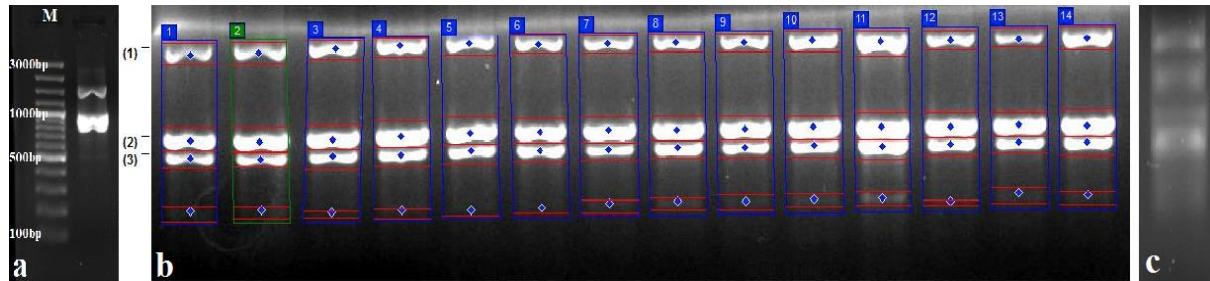
PCR reaksiyonu; 95 °C 4 dakika ön denatürasyon, 94 °C 45 saniye denatürasyon, 40-65 °C arası farklı primerler için 45 saniye oturma ısı, 72 °C 90 saniye uzama ve 72 °C 7 dakika final uzaması şeklinde 45 döngü olarak Techne TC Plus thermal cycler (Techne Inc., Amerika) cihazında gerçekleştirilmiştir. Tüm reaksiyonlar 3 tekrar şeklinde gerçekleştirilmiştir. PCR ürünleri, Etidyum Bromür (0.5 µg/mL) içeren %1.2'lik agaroz jelde yürütülmüştür. Yürütme işlemi tamamlandıktan sonra oluşan bant profilleri U.V. transillüminatör altında gözlemlenmiş ve Gel Logic 212Pro (Carestream, Amerika) jel dökümantasyon sistemi kullanılarak fotoğraflanmıştır. PCR sonrasında oluşan bantların büyüklükleri 100 bp Plus DNA Ladder (Fermentas) kullanılarak kıyaslanmıştır.

2.4. Kontaminasyon Tespiti

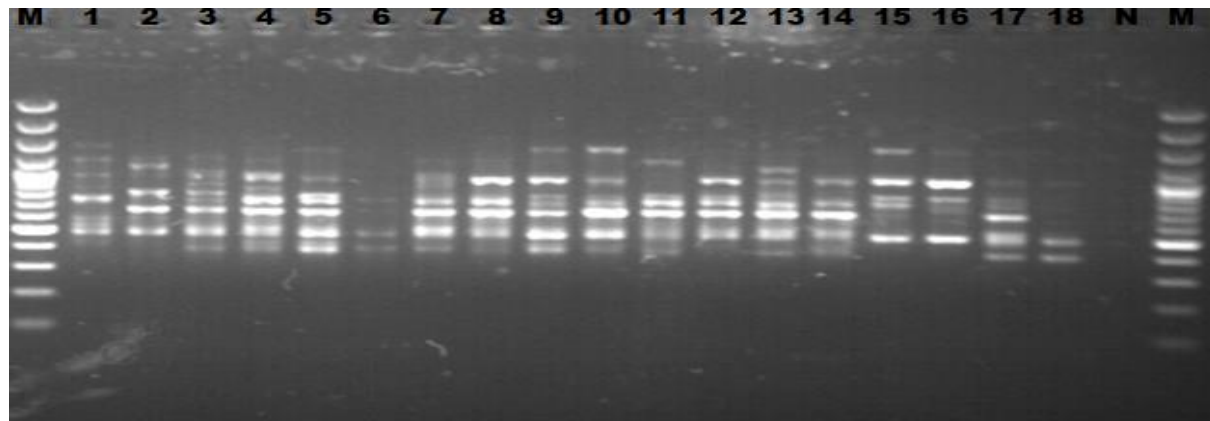
Kontamine olduğu bilinen buğday örnekleri, 2 mL lik ependorf tüplerinde 750 µL steril distile su ile yıkanmış, distile su mikropipetle ortamdaki alınıp 7500 rpm de 5 dakika santrifüjlenerek tüpün dip kısmından 2 µL alınarak PCR işleminde kullanılmıştır.

3. Bulgular

Sürme etmeni *T. foetida* ve *T. caries*'in ekim öncesi teşhis edilebilmesi için 25 farklı ISSR primeri taranmış ve bu primelerden sadece ISSR-847 nolu 5' CAC ACA CAC ACA CAC ARC 3' dizilimine sahip ISSR primerinin, belirgin olarak özgül yaklaşık 800 bp, 1000 bp ve 1500 bp büyüklüklerine sahip 3 bant verdiği görülmüştür (Şekil.1a). ISSR-847 primerinin toplam 14 izolat için yapılan PCR sonuçlarında her iki *Tilletia* türüne de özgül 3 bantın var olduğu görülmüştür (Şekil.1b). Taranan 25 markör'den 19 tanesinin tüm izolatlarda polimorfik ürünler verdiği, 5 primerin ise 3 tekrar yapılan reaksiyonlarda tüm izolatları temsil etmeyen yetersiz sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Monomorfik band veren ISSR-847 markörü ile konakçı DNA kontaminasyonunun olmadığını göstermek amacıyla 18 farklı buğday çeşidi ile gerçekleştirilen PCR işlemi sonucunda her iki *Tilletia* türünden farklı olarak bantların ürün olarak oluştuğu gözlenmiştir (Şekil.2). Kontamine örneklerden yapılan direk PCR işleminde de aynı 3 bantın oluşumu gözlenmiştir (Şekil.1c).



Şekil 1. a- ISSR-847 primeri ile elde edilen özgül 3 bant (yaklaşık 800, 1000, 1500bp) M: 100 bp Plus DNA Ladder (Fermentas), b- 1, 3-14. örnekler : *T. foetida*, 2. örnek: *T. caries*, c-Kontaminasyon test sonucu.



Şekil 2. ISSR-847 no.lu primerin buğdaylardaki ISSR-PCR sonuçları. M: 100 bp Plus DNA Ladder (Fermentas), 1-18: Test edilen buğday çeşitleri, N: Negatif kontrol.

4. Tartışma ve Sonuç

Geleneksel tarımda morfoloji temelli teknikleri kullanarak bitki patojenlerini tam anlamıyla tespit etmek ve tanımlamak yeterli olmamaktadır (15). *Tilletia* türlerinin ise teliospor morfolojileri, genomik yapıları ve ITS bölgelerinin birbirlerine son derece benzer olmasından dolayı, bu türleri birbirinden ayırt etmek de oldukça güçtür (17). ISSR markör'ler, RFLP (restriction fragment length polymorphism), AFLP (amplified fragment length polymorphism), RAPD (random amplification of polymorphic DNA), CAPS (cleavage amplified polymorphic sequence), SSR (simple sequence repeat) ve SCAR (sequence characterized amplified region) gibi çeşitli DNA markör'leri ile kıyaslandığında bazı avantajlara sahip yeni yöntemlerdir (18). Özellikle uygulanması kolay ve ekonomik

olmalarından dolayı ISSR markör'leri daha fazla tercih edilmektedir (13, 19, 20, 21).

Koprivica ve arkadaşları 2004 yılında *Tilletia*'nın NCBI'da (National Center for Biotechnology Information) bilinen ITS 1 DNA bölgesine tasarladıkları TILf ve TILr primerleri ile *T. caries* ve çüce sürme etmeni olan *Tilletia controversa*'yı tanımlaya yardımcı olacak 361 bp büyüklüğünde bant elde etmişlerdir. 2010 yılında da Gao ve arkadaşları, *T. controversa*'da ISSR818 nolu primer ile yaptıkları çalışmalar sonucunda elde ettikleri polimorfik bantlardan, *T. controversa*'yı teşhis edecek TCKSF3 ve TCKSR3 SCAR primerlerini geliştirmişlerdir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan *Tilletia* izolatları, coğrafi orijinleri ve izole edildikleri konakçılar.

İzolat No	Tür	Coğrafi Orijin	Konakçı Buğday Çeşidi
İzolat 1	<i>T. foetida</i>	Tozman Yaylası Düden Mevkii	Kırkambar Awnless
İzolat 2	<i>T. caries</i>	Tozman Yaylası Düden Mevkii	Kırkambar Awnless
İzolat 3	<i>T. foetida</i>	Tozman Yaylası Düden Mevkii	Kırkambar Awnless
İzolat 4	<i>T. foetida</i>	Tozman Yaylası Düden Mevkii	Kırgız
İzolat 5	<i>T. foetida</i>	Tozman Yaylası Düden Mevkii	Kırgız
İzolat 6	<i>T. foetida</i>	Tozman Yaylası Düden Mevkii	Kırgız
İzolat 7	<i>T. foetida</i>	Kavacık Köyü	Gerek-kırgız-A
İzolat 8	<i>T. foetida</i>	Kavacık Köyü	Gerek-kırgız-A
İzolat 9	<i>T. foetida</i>	Kavacık Köyü	Gerek-kırgız-A
İzolat 10	<i>T. foetida</i>	Kavacık Köyü	Gerek-kırgız-B
İzolat 11	<i>T. foetida</i>	Kavacık Köyü	Gerek-kırgız-B
İzolat 12	<i>T. foetida</i>	Kavacık Köyü	Gerek-kırgız-B
İzolat 13	<i>T. foetida</i>	Tozman Yaylası Düden Mevkii	Katea
İzolat 14	<i>T. foetida</i>	Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü	Gerek

Tablo 2. Konakçı DNA ayırımında kullanılan farklı buğday çeşitleri.

Örnek No	Buğday Çeşidi
1	Heines VI
2	SEL 2092
3	SEL1102
4	Ridit
5	Turkey 1558
6	Hohenheimer
7	Rio
8	SEL 50077
9	M82-2161
10	M82-2098
11	R63-6968
12	M82-2102
13	M82-2123
14	P.I.178383
15	M73-2154
16	P.I.173438
17	P.I.119333 (M82-2141), BW
18	ThuleIII; P.I. 181463, BW

Tablo 3. Taranan ISSR primerleri ve tarama sonuçları.

Primer Adı	Primer dizisi (5'-3')	PCR Sonucu
ISSR-01	AGAGAGAGAGAGAGAGG	Polimorfik
ISSR-02	GAGAGAGAGAGAGAGAT	Polimorfik
ISSR-10	GGGTGGGTTGGGGTG	Polimorfik
ISSR-25	TGTGTGTGTGTGTGTGA	Polimorfik
ISSR-27	GTGCGTGCCTGCCTGC	Polimorfik
ISSR-28	CGATGGATGGATGGAT	Polimorfik
ISSR-29	GAGAGAGAGAGAGAGAC	Polimorfik
ISSR-815	CTCTCTCTCTCTCTG	Polimorfik
ISSR-829	TCTCTCTCTCTCTCG	Polimorfik
ISSR-847	CACACACACACACARC	Monomorfik
ISSR-861	ACCACCACCACCACCACC	Polimorfik
ISSR-862	AGCAGCAGCAGCAGCAGC	Polimorfik
ISSR-866	CTCCTCCTCCTCCTCCTC	Polimorfik
ISSR-301	GAGCAACAACAACAACAA	Polimorfik
ISSR-309	GAGAGAGAGAGAGAGAA	Polimorfik
ISSR-310	AGAGAGAGAGAGAGAGT	Polimorfik
ISSR-312	ACACACACACACACAC	Polimorfik
ISSR-324	AGAGAGAGAGAGAGAGYT	Polimorfik
ISSR-03	GTG TGT GTG TGT GTG TC	Sonuç Çıkmadı
ISSR-04	ACA CAC ACA CAC ACA CC	Sonuç Çıkmadı
ISSR-09	GGA TGG ATG GAT GGA T	Sonuç Çıkmadı
ISSR-814	CTC TCT CTC TCT CTC TA	Sonuç Çıkmadı
ISSR-818	GTG TGT GTG TGT GTG TA	Sonuç Çıkmadı
ISSR-819	CAC ACA CAC ACA CAC AG	Sonuç Çıkmadı
ISSR-824	TGT GTG TGT GTG TGT GC	Sonuç Çıkmadı

Bu çalışmada, buğdayı enfekte eden sürme etmenlerinin, buğday toprağa ekilmeden önce tespit edilerek hastalığın kontrol edilmesini amaçlamış, bu sayede buğday tarımında kimyasal ilaç kullanımının azalması gibi gerek organik tarım açısından, gerekse ekonomik açıdan önemli kazançların elde edileceği öngörülmüştür. ISSR-847 primeri ile buğday ve sürme izolatları üzerinde yapılan PCR işlemi sonucu; bu primerin ilginç bir şekilde her iki *Tilletia* (*T. foetida* ve *T. caries*) türünde de spesifik 3 bant (Şekil 1a, 1b.) olduğu gözlenmiştir. Bu spesifik bantların konakçı DNA'sına ait olmadığı aynı primer ile yapılan PCR ile görülen farklı bantlar sonucunda teyit edilmiştir. Kontamine örneklerin kullanıldığı PCR örneklerinde de aynı bantların varlığı gözlenmiştir. Reaksiyon sonucu oluşan bantların farklı PCR koşullarından dolayı normalden daha silik bantlar verdiği gözlenmiştir (Şekil 1c.). Sonuç olarak ISSR-847 primerinin *T. foetida*'nın neden olduğu sürme hastalığının erken tespitinde bir markör olarak kullanılabileceği görülmüştür.

Teşekkür

Bu çalışmada sürme izolatlarının temin edilmesindeki katkılarından dolayı Eskişehir Geçit Kuşağı Araştırma Enstitüsünden Aysel YORGANCILAR'a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

1. Erarslan, A., Konya İlinde Buğday Tohumlarıyla Taşınan Sürme (*Tilletia* Spp.) Ve Açık Rastık (*Ustilago nuda* Var. *tritici* Schaffn.) Hastalıklarının Bulaşıklığı Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi.2007.
2. Tuncel, M., Konya Yöresinde Hasat Edilen Buğday Ürünündeki Sürme Hastalığı (*Tilletia* spp.) Ve Hastalığın Patojenitesini Etkileyen Bazı Faktörler Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. 10-12, 2006.
3. Matanguihan, J. B. and Jones, S. S., A New Pathogenic Race of *Tilletia caries* possessing the broadest virulence spectrum of known races. Online Plant Health Progress. doi:10.1094/PHP-2010-0520-01-RS. 2011.
4. Koprivica, M., Jevtic, R., Markovic, I.D., The Influence of *Tilletia* spp. Inoculum Source and Environmental Conditions on the Frequency of Infected Wheat Spikes. Pestic. Phytomed. 24, 185-196, 2009.
5. Finci, S., Parlak, Y., Bilgin, O., Gümüştekin, h., Aktuna, İ., Tunçdemir, M., Buğday Sürme Etmenleri (*Tilletia foetida* V/Allr.Liro Ve *T. Caries* (D.C)Tul.)nin Türkiye'de Yayılması

Olan Irklarının Saptanması Üzerinde Araştırmalar. Bitki Koruma Bülteni. 23, 124-147, 1983.

6. Özkan, M., Damgacı, E., Türkiye'de Buğdayın Sürme Türleri (*Tilletia foetida* (Wallr.) Liro Ve *Tilletia caries* (D.C) Tulj'nin 1949-1964 Ve 1983 Yıllarında Coğrafik Yayılışı Üzerine Araştırmalar. Bitki Koruma Bülteni. 25, 1-17,1985.
7. Ingold, C.T., The Basidium Of *Tilletia* And Its Evolution. Mycologist. 12, 98-100, 1997.
8. Nagy, E., Moldovan, V., The Effect Of Fungicide Treatments On Wheat Common Bunt (*Tilletia* Spp.) In Transylvania. Agricultural Research and Development Station Turda. 401100, 33-38, 2007.
9. Koprivica, M., Zouhar, M., Prokinova, E., Rysanek, P., Detection of *Tilletia controversa* and *Tilletia caries* in wheat by PCR method. Plant Soil Environ. 50, 75-77, 2004.
10. Waldow, f., Jahn, M., Investigations in the regulation of common bunt (*Tilletia tritici*) of winter wheat with regard to threshold values, cultivar susceptibility and non-chemical protection measures. Journal of Plant Diseases and Protection. 114(6), 269-275, 2007.
11. Aktaş, H., Katırcıoğlu, Y. Z., Bazı Buğday ve Arpa Çeşit ve Hatlarının Önemli Bazı Fungal Patojenlere Karşı Reaksiyonları. Tarım Bilimleri Dergisi. 14 (4), 381-385, 2008.
12. Josefsen, L., Christiansen, K.S., PCR as a tool for the early detection and diagnosis of common bunt in wheat, caused by *Tilletia tritici*. Mycol. Res. 106, 1287-1292, 2002.
13. Gao, L., Yu, H., Han, W., Gao, F., Liu, T., Liu, B., Kang, X., Gao, J., Chen, W., Development of a SCAR marker for molecular detection and diagnosis of *Tilletia controversa* Kuhn, the causal fungus of wheat dwarf bunt. World J Microbiol Biotechnol. 30, 3185-3195, 2014.
14. Liu, J.H., Gao, L., Liu, T.G., Chen, W. Q., Development of a sequence-characterized amplified region marker for diagnosis of dwarf bunt of wheat and detection of *Tilletia controversa* Kuhn. The Society for Applied Microbiology, Letters in Applied Microbiology. 49, 235-240, 2009.
15. Majumder, D., Rajesh, T., Suting, E. G., Debbarma, A., Detection of seed borne pathogens in wheat: recent trends. Australian journal of Crop Science. 7(4), 500-507, 2003.
16. Doyle, J. J. and Doyle, J. L.. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. Phytochem. Bull. 19:11-15, 1987.

17. Yuan, Q., Nian, S., Yin, Y., Li, M., Cai, J., Wang, Z., Development of a PCR-based diagnostic tool specific to wheat dwarf bunt, caused by *Tilletia controversa*. *Eur J Plant Pathol.* 124, 585–594, 2009.
18. Gao, L., Chen, W. Q., Liu, T. G., Development of a SCAR Marker by Inter-Simple Sequence Repeat for Diagnosis of Dwarf Bunt of Wheat and Detection of *Tilletia controversa* KÜHN. *Folia Microbiol.* 55 (3), 258–264, 2010.
19. Perera, D., Barnes, D. J., Baldwin B, S., Reichert, N, A., Mutagenesis of in vitro cultures of *Miscanthus giganteus* cultivar Freedom and detecting polymorphisms of regenerated plants using ISSR markers. *Industrial Crops and Products.* 65, 110–116, 2014.
20. Nanda, S., Kar, B., Nayak, S., Jha, S., Joshi, K. R., Development of an ISSR based STS marker for sex identification in pointed gourd (*Trichosanthes dioica* Roxb.). *Scientia Horticulturae.* 150, 11–15, 2013.
21. He, L., Wang, S., Miao X., Wu, H., Huang Y., Identification of necrophagous fly species using ISSR and SCAR markers. *Forensic Science International* 168, 148–153, 2007.



Bartın Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi



PVD Yöntemi İle TiN Kaplanmış GGG55 Sfero Dökme Demirin Aşınma Davranışının İncelenmesi

Yılmaz KÜÇÜK^{1*}, Mehmet Yavuz BALALI²

¹Bartın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bartın / TÜRKİYE

²Kara Kuvvetleri Astsubay Meslek Yüksek Okulu Komutanlığı, Makine Bölüm Başkanlığı, Balıkesir / TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 17.03.2015 Düzeltme Tarihi: 02.04.2015 Kabul Tarihi: 25.05.2015

Özet

Bu çalışmada, hidrolik pompalarda gövde malzemesi olarak kullanılan GGG55 sfero dökme demirinin yüzeyi PVD yöntemi kullanılarak TiN ile kaplanmış ve sonrasında pin-on-disk cihazında kuru-kayma aşınma performansı incelenmiştir.

Yüzeyi PVD yöntemi ile TiN kaplanacak numunelerin bir gurubu nitürasyon işlemine tabi tutulmuş diğer grup ise nitürlenmeden kaplanmıştır. Kaplama işleminden sonra numuneler geleneksel karakterizasyon yöntemleri kullanılarak incelenmiştir. Aşınma deneyleri 7, 10, 16 N luk yükler altında 0.18 m/s hızlarda gerçekleştirilmiştir. Testler sonucunda kaplamasız ve nitürsüz GGG55 numunelere göre; kaplamasız nitürürlü GGG55 sfero dökme demir numunelerin yaklaşık 7 kat, TiN kaplamalı nitürsüz GGG55 sfero dökme demir numunelerin yaklaşık 3 kat, TiN kaplamalı nitürürlü GGG55 sfero dökme demir numunelerin ise yaklaşık 30 kat daha az aşındığı tespit edilmiştir. Numunelerin aşınma yüzeylerinde mikro sürülme, mikro yorulma ve mikro çatlamaya bağlı olarak meydana gelen dökülmeler görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Hidrolik Pompa, Pin-on Disc Testi, Aşınma, PVD Kaplama

Investigation of Wear Behavior of GGG55 Nodular Cast Iron TiN-Coated with PVD Method

Abstract

In this study, the surface of GGG55 nodular cast iron, used as the body material for hydraulic pumps, is TiN-coated using PVD method, and then its dry-sliding wear performance is investigated using pin-on-disk wear-tester.

A group of the samples, to be TiN-coated using PVD method, was previously subjected to nitriding process and another group was coated without being nitrided. After the coating process, the samples were inspected using conventional characterization methods. Wear tests were carried out under the loads of 7, 10 and 16 N at the sliding speeds of 0,18 m/sn. After the tests, non-coated and nitrided GGG55 nodular cast iron specimens were found to be 7 times, TiN-coated and non-nitrided GGG555 nodular cast iron specimens were found to be 3 times, TiN coated and nitrided GGG55 nodular cast iron specimens were found to be nearly 30 times less worn compared to non-coated and non-nitrided GGG55 specimens. On the worn surfaces of the specimens, spallings were observed arising from micro ploughing, micro fatigue and micro fractures.

Keywords: Hydraulic Pump, Pin-on Disc Test, Wear, PVD Coating

1. Giriş

Sürtünerek çalışan bütün makine elemanlarında kaçınılmaz olan ve karmaşık bir sistem özelliği gösteren aşınma, sanayide birçok tribolojik sistemlerde görülen korozyonun ve yorulmanın yanında üçüncü büyük problemidir. Yapılan araştırmalar, makine elemanlarında oluşan hasarın %75'inin sürtünen yüzeylerin aşınması sonucu meydana geldiğini göstermektedir [1].

Hidrolik dişli pompalarda, pompa gövdesi içerisindeki büyük yüzey alanları, yüksek çalışma basıncıyla birlikte büyük aksenal ve radyal kuvvetlere sebep olmaktadır. Bu tip pompaların pozitif iletimli oluşu sebebiyle pompa gövdesi ve dişlileri aynı anda farklı hidrolik basınçlara ve buna bağlı kuvvetlere maruz kalmaktadır [2].

Makine parçalarının yıpranmasında malzeme geometrisi, malzeme sertliği ve aşınmanın meydana geldiği ortam önemli etkiye sahiptir [3]. Bu nedenle aşınmanın etkin olduğu yerlerde malzeme seçimi önemli olmakla birlikte diğer parametreler de göz önünde bulundurulmalıdır [4]. Teknikte tek bir malzemenin karşılanamayan özelliklerin kombinasyonuna sahip malzemelere ihtiyaç duyulmaktadır [3].

Günümüzde, malzemenin tümüyle değiştirilmesi yerine sert yüzey kaplamalarının uygulanması gittikçe yaygınlaşmaktadır. Aşınmaya karşı dirençli ancak pahalı malzemelerin kullanımı yerine, yüzey üzerine ince kaplama tabakalarının uygulanması

ekonomik bir çözüm olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle abrazif aşınmayı önlemeye yönelik olarak sert malzemeler kullanılmalı veya yüzeylerin sertliği ısıtılma, elektro-kaplama, alev püskürtme, nitürasyon, plazma sprey, borlama, CVD ve PVD gibi yüzey kaplama yöntemleriyle artırılmalıdır [6].

Yüzey kaplama yöntemi özellikle agresif ortamda çalışacak malzemelerin servis ömrünün uzatılmasında başvurulan önemli bir metottür. Uygun yöntemler seçilerek makine parçalarına uygulanan yüzey kaplama prosesleri neticesinde makine elemanlarının servis ömürleri uzatıldığı gibi ticari değerleri de yükseltilmiş olmaktadır. Nitür esaslı sert bileşime sahip kaplamalar farklı tip fiziksel buhar biriktirme yöntemleri ile uygulanmaktadır. Sahip oldukları yüksek sertlik, düşük sürtünme katsayısı, üstün korozyon direnci ve mükemmel aşınma dirençlerinden dolayı birçok teknolojik sahada kullanımı giderek artmıştır. TiN, TiC, C, N gibi kaplama malzemelerinin yanında elmas, elmas benzeri karbon (DLS), Mo₂ ve bunların kombinasyonları başarılı bir şekilde teknikte kullanılmaktadır [7-12].

2. Materyal ve Metot

2.1. Numune Hazırlama

Numuneler GGG55 sfero döküm malzemenin 40x10 mm çapında tornalanarak kesilmişlerdir. Numunelerin alın yüzeyleri sırasıyla; düzlem yüzey taşlama, zımparalama ve parlatma işlemlerine tabi tutulmuştur. GGG55 numunelerin bir kısmı ısıtıl

işlemlerine tabi tutulmuştur. GGG55 numunelerin bir kısmı ısıtma işlemine tabi tutulmuştur. GGG55 numunelerin bir kısmı ısıtma işlemine tabi tutulmuştur. GGG55 numunelerin bir kısmı ısıtma işlemine tabi tutulmuştur.

Tablo 1. Nitrürasyon parametreleri

İşlem Türü	Plazma Nitrürasyon
İşlem Sıcaklığı	480°C
İşlem Süresi	10 Saat
Gaz Ortamı	Azot/ Hidrojen Oranı 3/1
İşlem Basıncı	2,5 Milibar (Vakum Ortamı)

Hazırlanan her bir numune tipi için Mitutoyo SJ 201 Profilometre kullanılarak 2,5 mm x 5mm=12,5mm ölçme uzunluğunda 3'er ölçüm yapılmıştır. GGG55 sfero döküm numuneler için ortalama yüzey pürüzlülüğü Ra 0,17 µm olarak ölçülmüştür.

Tüm numuneler için Heckert Vickers-Brinell sertlik ölçme cihazı kullanılarak 2,5 mm çaplı çelik bilye ile 187,5 kg yükte 3'er ölçüm yapılmıştır. Kaplama öncesi numune yıkama işlemi, FISMET marka ultrasonik yıkama makinesinde iki kademeli olarak ultrasonik alkali deterjan kullanılarak yapılmıştır.

Kaplama işlemleri Hauzer marka RTC 850 kaplama sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Biriktirme odası yüksek saflıkta azot gazı kullanılarak temizlendikten sonra ana malzemenin yüzeyi, ana malzeme ile yüksek ticari saflıktaki katotlar arasında oluşturulan, ark iyon buharının bombardımanı ile kaplanmıştır.

Kaplama öncesi ön ısıtma ve numune yüzey temizliği amacıyla numune yüzeylerine iyon bombardımanı uygulanmış, daha sonra kaplama işlemine geçilmiştir. İyon bombardımanı işlem parametreleri Tablo 2'de, kaplama işlem parametreleri ise Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 2. Numune yüzeyi iyon bombardımanı işlem parametreleri.

Kaplama Türü	TiN Kaplama
Kısmî Gaz Basıncı	1,2x10 ⁻² mbar
Gaz Ortamı	N ₂
Buharlaştırıcı Katot Akımları	60 A
Bias Voltajı	700 ve 800 Volt DC
Süre	15 dakika

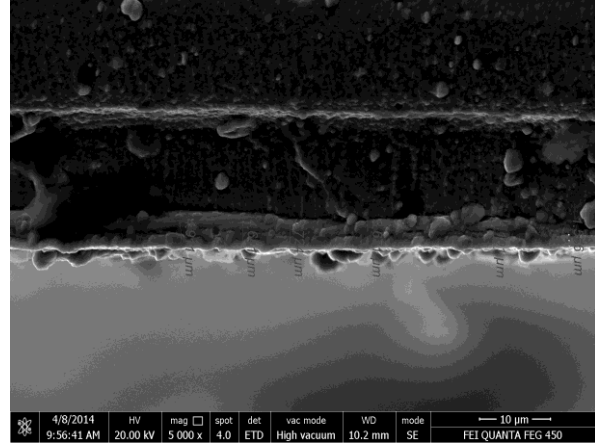
Tablo 3. Numune kaplama işlem parametreleri.

Kaplama Türü	TiN Kaplama
Katod Akımları	70 A
Bias Voltajı	50-60 Volt DC
Katod Sayısı	6
Süre	1 saat

Numunelerin aşınma testleri, pin-on disc test cihazında gerçekleştirilmiştir. Deneyler, 6 mm çapında Tungsten karbür (WC) aşındırıcı sert bilyeler kullanılarak, kuru sürtünme şartlarında, 0,18 m/s sabit kayma hızında 7, 10, 13 ve 16 N yükler altında 1000 m ve 1500 m kayma mesafesinde, oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Aşınma izleri optik profilometre ile taranarak 2D (2 boyutlu) ve 3D (3 boyutlu) aşınma iz profilleri çıkarılmıştır. 2D aşınma iz profilleri Solid Works 2012 programına aktararak 3D olarak modellenmiş ve hacimsel aşınma miktarları hesaplanmıştır. Ayrıca her bir numune için Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)'nde aşınma yüzeyi taranarak SEM görüntüleri (mikrografları) elde edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

PVD yöntemi ile yüzeyi TiN ile kaplanan numunenin kaplama kalınlıklarını tespit edebilmek için, kaplama işlemi esnasında numuneler ile birlikte eş zamanlı sicon wafer'ler kaplanmıştır. Kaplanan sicon wafer'ler, kırılarak kesitleri SEM'de incelenmiştir (Şekil 1). İnceleme sonucunda TiN tabakasının 3-4 µm civarında olduğu görülmüştür. GGG55 numuneler için ortalama sertlik 239 HB (BRINELL) olarak ölçülürken, TiN ile kaplanmış numunenin yüzeyinden alınan mikrosertlik değeri 2300 HV olarak belirlenmiştir. İşlem sonucunda ortalama 10 katlık bir sertlik artışına ulaşılmıştır.



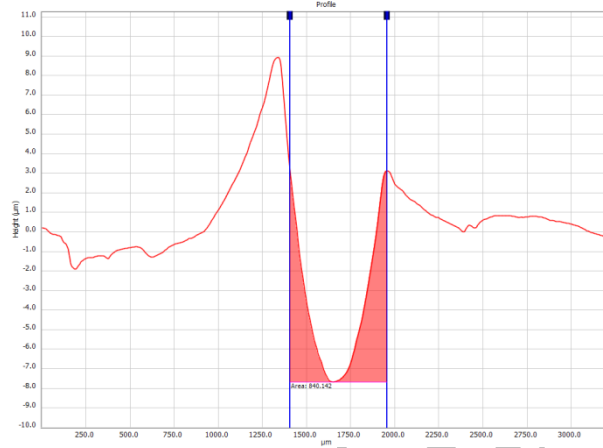
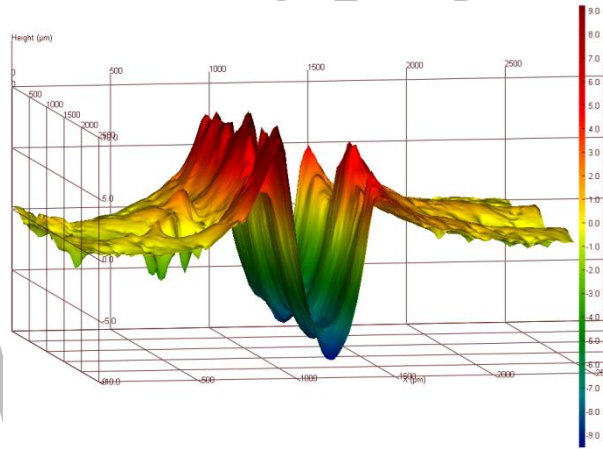
Şekil 1. TiN kaplamaya ait SEM mikrografı

Numunelere uygulanan kuru kayma deney parametreleri ve bu parametreler sonucunda elde edilen değerler Tablo 4'de verilmiştir. Bu tabloda nitrürsüz ve nitrürlü kaplamasız GGG55 numuneler ile nitrürsüz ve nitrürlü TiN kaplamalı GGG55 altlık numuneler için yapılan deneylerin sonuçları karşılaştırmalı olarak görülmektedir. Tablo 4'de yer alan parametrelere göre yapılan deney sonucunda, kaplamasız nitrürsüz GGG55 numunesinde 0,0516209 mm³ hacimsel kütle kaybı meydana geldiği ve bu değer numuneler içerisindeki en yüksek aşınma değeri olduğu görülmektedir. Bunun sebebi öncelikle alt yüzey malzemesini yetersiz sertlik değeri ile ilişkilendirmek mümkündür. Çünkü yetersiz yüzey sertliğine bağlı olarak aşındırıcı çelik bilye daha fazla yüzeye batmış ve önünde kendisine mukavemet gösteren malzemeye kesme kuvveti uygulayarak yüzeyden kopartmıştır. Bu durumu numune aşınma yüzeyinden alınan 2D iz profilinde görmek mümkündür (Şekil 2). Çünkü diğer numuneler ile karşılaştırılacak olursa en yüksek batma derinliği bu numune de görülmüştür.

Kaplamasız ve nitrürsüz GGG55 numune için 3D aşınma iz profili incelendiğinde (Şekil 3), plastik deformasyona bağlı sürülme tipi aşınmanın varlığı görülmektedir, numunenin yumuşak olmasından dolayı plastik deformasyona uğrayan malzemenin aşınma yolunun sağ ve sol tarafına yığılmıştır. Ancak, mikro yapıda küresel formda teşekkül etmiş olan ve teknikte kuru yağlayıcı olarak kullanılan grafitin malzemenin aşınma direncine sağlamış olduğu katkıda unutulmamalıdır.

Tablo 4. Aşınma deney parametreleri ve hacimsel kütle kaybı değerleri

Deney No	Uygulanan Yük	Çevresel Hız	Hacimsel kütle kaybı
	(N)	(m/sn)	(mm ³)
Kaplamasız Nitrürsüz	7	0,18	0,0516209
Kaplamasız Nitrürlü	16	0,18	0,0075763
Nitrürsüz+TiN	7	0,18	0,0162763
Nitrürlü+TiN	16	0,18	0,0017527

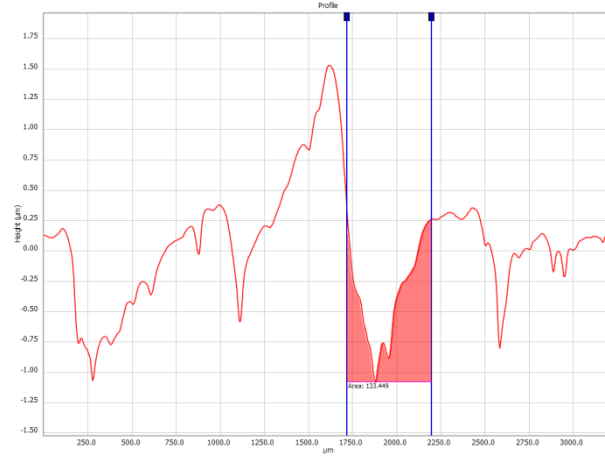
**Şekil 2.** Kaplamasız nitrürsüz GGG55 numuneye ait 2D aşınma iz profili.**Şekil 3.** Kaplamasız nitrürsüz GGG55 numuneye ait aşınma izinin 3D görüntüsü

Kaplamasız nitrürlü GGG55 numunesine ait hacim kaybı değeri bir önceki numune ile karşılaştırıldığında nitrürasyon yüzey işleminin numune yüzey sertliğini arttırdığı ve buna bağlı olarak toplam hacimsel kütle kaybı değerinde yaklaşık 7 kat azalma meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bu durum ilgili numuneye ait 2D aşınma izi profili değerlerinde açıkça görülmektedir (Şekil 4). Hem aşındırıcı çelik bilyanın numuneye batma derinliği hem de iz genişliğinin azaldığı grafikten anlaşılmaktadır.

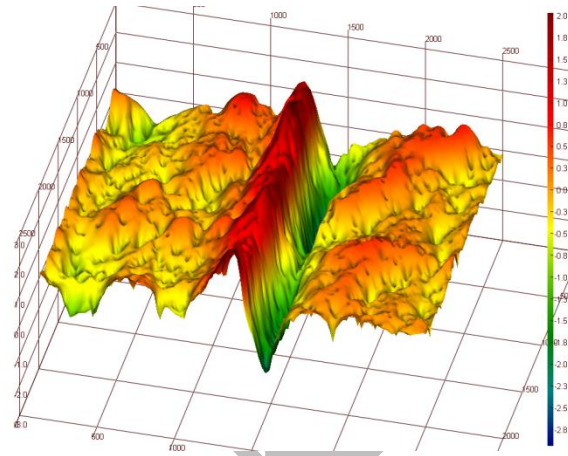
Nitrüleme işlemi sonucunda yüzeyden merkeze doğru belli bir bölgede meydana gelen nitrür tabakası yüzey sertliğini arttırmıştır. Dolayısıyla yüzeyi desteklemeye çalışan TiN kaplama tabakasının altında daha kararlı bir şekilde durarak TiN tabakasına destek vermiştir. Böylece aşındırıcı bilyanın daha derine nüfuz etmesini

ayrıca oluşacak kesme kuvvetlerinin karşısında daha kararlı bir yapı oluşarak aşınma direncini olumlu yönde etkilemiştir. Kaplamasız nitrürlü GGG55 numuneye ait aşınma izinin 3D görüntüsü (Şekil 5) incelendiğinde, aşınma izi çevresinde plastik deformasyondan kaynaklı yığılmaların etkin olduğu dolayısı ile wedge formation tipi bir aşınma tipinin meydana geldiği söylenebilir.

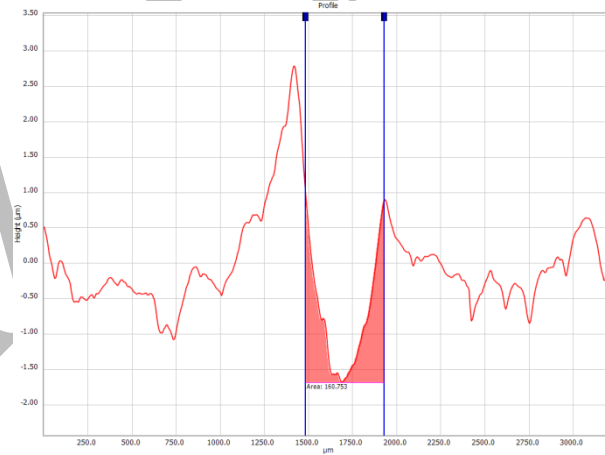
Tablo 4'te yer alan parametrelere göre yapılan deney sonucunda, TiN kaplamalı nitrürsüz GGG55 numunesinde 0,0162763 mm³ hacimsel kütle kaybı meydana geldiği görülmektedir. İlgili deneye ait 2D aşınma izi profili Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 4. Kaplamasız nitrürlü GGG55 numuneye ait 2D aşınma iz profili



Şekil 5. Kaplamasız nitrürlü GGG55 numuneye ait aşınma izinin 3D görüntüsü



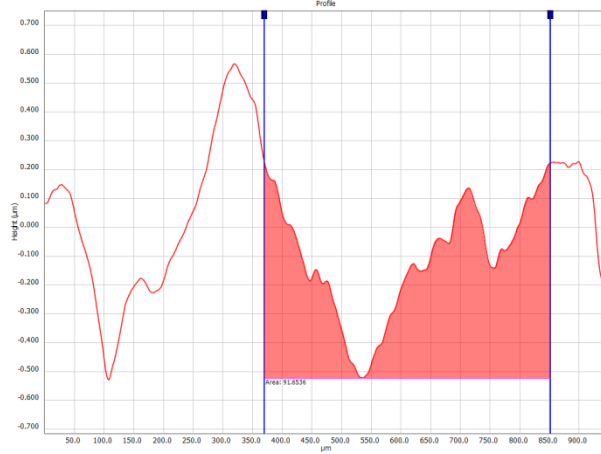
Şekil 6. Nitrürlü TiN kaplamalı GGG55 numuneye ait 2D aşınma iz profili

Şekil 6 incelendiğinde deney sonucunda 3 µm kalınlığındaki kaplama tabakasının tamamen aşınmadığı, yaklaşık 1,65 µm derinliğinde bir aşınma iz derinliğinin oluştuğu görülmektedir.

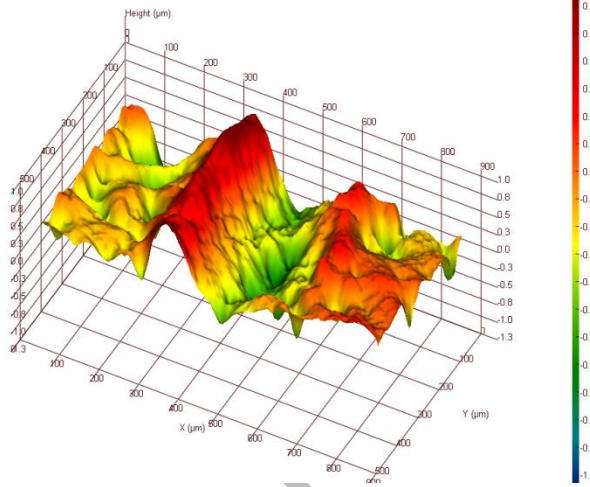
Kaplamasız nitrürlü GGG55 üzerinde yapılan deney sonuçları ile TiN kaplamalı nitrürlü GGG55 numune ile yapılan deney sonuçları karşılaştırıldığında TiN kaplamanın hacimsel kütle kaybı değerinde yaklaşık 3 kat azalma meydana getirdiği gözlemlenmiştir. Nitrürlü ve TiN kaplamalı GGG55 numunesinin hacimsel kütle kaybı diğer numuneler ile kıyaslanacak olursa en iyi aşınma

performansını göstermiştir. Bu durumu ilgili deneye ait hem 2D hem de 3D aşınma izi profilinden görmek mümkündür (Şekil 7, 8).

TiN kaplamalı nitrürlü GGG55 numuneye ait aşınma izinin 3D (3 boyutlu) görüntüsü Şekil 8'de verilmiştir. Şekil 8 incelendiğinde aşınma izi dışında oldukça düzgün bir numune yüzeyinin elde edildiği, aşınma izi çevresinde ise plastik deformasyondan kaynaklı yığılmaların etkin olduğu, aşınma profilinin kenara yığılma ve abrazyon aşınma sonucu keskin hatlı kazıma şeklinde oluştuğu görülmektedir.



Şekil 7. Nitritli TiN kaplamalı GGG55 numune için 2D aşınma izi profili

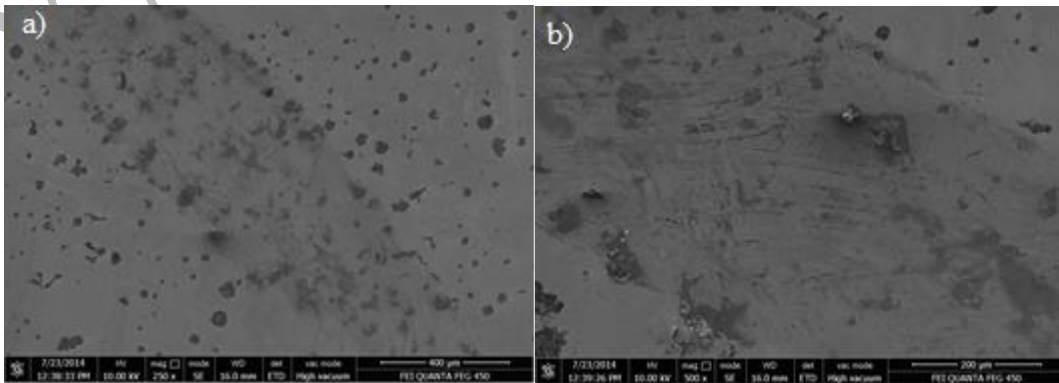


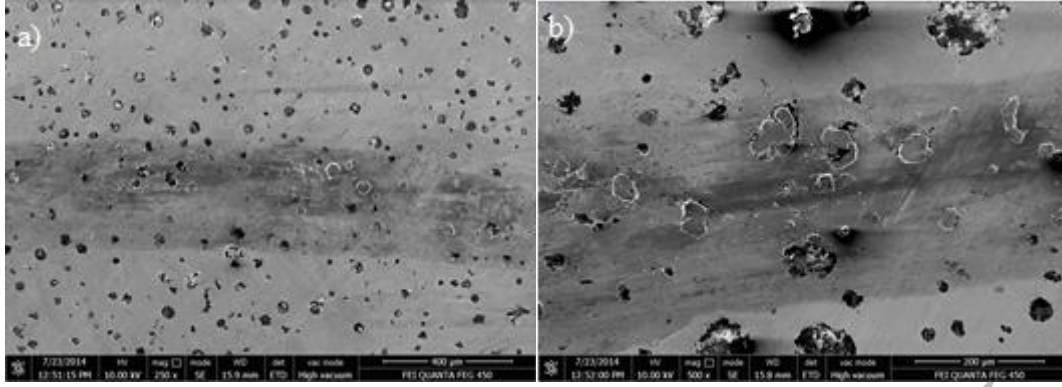
Şekil 8. Nitritli TiN kaplamalı GGG55 numune için 3D aşınma izinin görüntüsü

Şekil 7 ve Şekil 8 incelendiğinde Tablo 4'te yer alan parametrelerle uygulanan deney sonucunda 3 µm kalınlığındaki kaplama tabakasının tamamen aşınmadığı, yaklaşık 0,52 µm derinliğinde bir aşınma izinin oluştuğu görülmektedir. Kaplamasız nitritli numune yapılan deney sonuçları ile TiN kaplamalı nitritli numune ile yapılan deney sonuçları karşılaştırıldığında TiN kaplamanın hacimsel kütle kaybı değerinde yaklaşık 4 kat azalma meydana getirdiği gözlemlenmiştir. Kuru kayma aşınma deneyleri sonucunda numunelerin yüzeyinde meydana gelen aşınma mekanizmalarının değerlendirilebilmesi için, aşınma izine ait yüzey SEM görüntüsünden yararlanılmıştır. Kaplamasız nitritli ve kaplamasız nitritli numune için aşınma izi SEM görüntüleri

şirasiyla (Şekil 9) ve (Şekil 10)'da verilmiştir. Nitritsiz numunenin yüzeyinde oluşan iz genişliğinin diğerine göre iki kat olduğu açıkça görülmektedir. Numune yüzeyinin yumuşak olması aşındırıcı bilyanın daha fazla nüfuziyet edebilmesine olanak sağlamıştır. Ancak aşındırıcı ucun daha fazla yüzeye gömülmesi temas yüzeyini arttıracak ve elemental halde yapı içerisinde bulunan grafit kürelerinin de yağlayıcı etki göstermesinden dolayı mikro sürülme tipi aşınma ortaya çıkmıştır.

Kaplamasız nitritli numunelerde ise aşınma mekanizmasının değiştiği SEM aşınma fotoğrafında görülmektedir (Şekil 10).

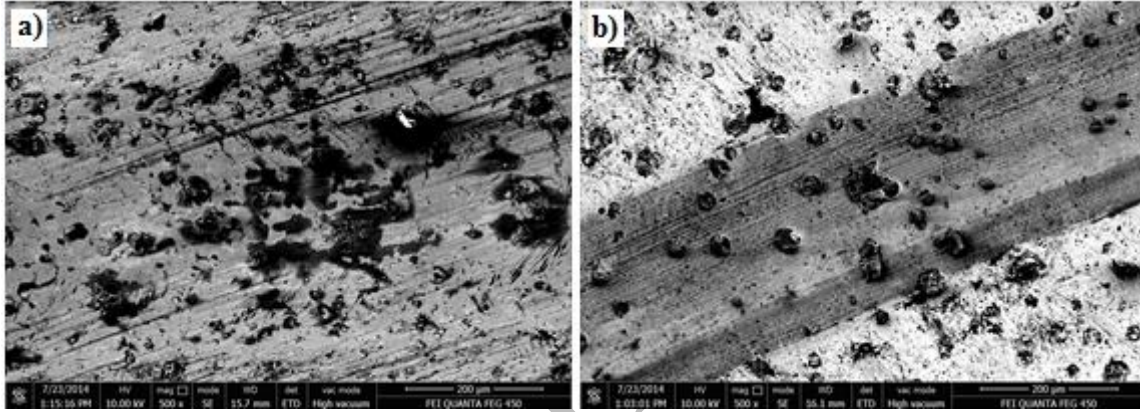
Şekil 9. Kaplamasız nitritsiz GGG55 numunenin aşınma izi SEM görüntüsü
a) 250x büyütme b) 500x büyütme



Şekil 10. Kaplamasız nitrürlü GGG55 numunenin aşınma izi SEM görüntüsü
a) 250x büyütme b) 500x büyütme

Nitrürlü bölge içerisinde kalan grafit taneleri yapı içerisinde ani kesit değişimine sebep olmakta, ayrıca yüzeydeki tabakanın sertliğinin yüksek ancak tokluğunun düşük olması grafit tanelerinin

çevresinde yorulmaya bağlı aşınmayı tetiklemiş ve bu da grafitlerini çevresinde oluşan mikro çatlakların ilerlemesi veya grafitin dökülmesi ile sonuçlanmıştır.



Şekil 11. TiN kaplamalı GGG55 numunenin aşınma izi SEM görüntüsü
a) Nitrürlü b) Nitrürlü

Nitrürlü ve nitrürlü olmayan yüzeyi TiN ile kaplı numunelerde ise yüzeydeki ince kaplama tabakasının alt yüzeyi koruduğu SEM fotoğraflarından anlaşılmaktadır (Şekil 11). Çünkü hem aşınma iz genişlikleri düşmüş hem de diğer numunelerde meydana gelen grafit adacıkları arasındaki çatlaklar azalmıştır.

4. Sonuçlar

Yapılmış olan deneysel çalışmanın sonuçları ve öneriler aşağıda verilmiştir.

- Aşınma deney sonuçlarına göre kaplamasız ve nitrürlü GGG55 sfero döküm numunelere göre; kaplamasız nitrürlü GGG55 sfero döküm numunelerin yaklaşık 7 kat, TiN kaplamalı nitrürlü GGG55 sfero döküm numunelerin yaklaşık 3 kat, TiN kaplamalı nitrürlü GGG55 sfero döküm numunelerin ise yaklaşık 30 kat daha az aşındığı tespit edilmiştir.

- TiN kaplama sertlik değerlerinin ölçümü nanoindentasyon yöntemiyle ile tekrarlı olarak yapılmış ve literatürde yer alan kaplama sertlik değerlerine yakın ölçüm sonuçları elde edilmiştir.

- Nitrürasyon ısı işlemi sert kaplama malzemesi ile yumuşak taban malzemesi arasında kademeli bir sertlik geçişi sağladığından nitrürasyonlu numunelerin nitrürasyonsuz numunelere göre daha iyi aşınma performansı göstermiştir. Nitrürasyon ısı işleminin aşınma direncinin artmasında yaklaşık 7 kat artış sağlamıştır.

- TiN kaplamalı numuneler ile yapılan deneylerde, ortalama $3 \mu\text{m}$ kalınlığındaki TiN kaplamanın tamamen aşınmadığı gözlemlenmiştir.

- Aşınma izleri dışında kaplamalı ve kaplamasız tüm numune yüzeylerinin oldukça düzgün olduğu gözlemlenmiştir.

- Aşınma mekanizması olarak değerlendirilecek olursa 3 ana aşınma mekanizmasından bahsetmek mümkündür. Bunlar, mikro sürülme, mikro yorulma ve mikro çatlaklara bağlı olarak meydana gelen dökülmelerdir.

Teşekkür

Yazarlar olarak, bu çalışmayı kapsamlı araştırma projesi (2013.1.85 nolu BAP projesi) ile destekleyen Bartın Üniversitesi BAP Koordinatörlüğüne ve ilgili hazırlık ve değerlendirme komisyonlarına teşekkür ederiz.

Kaynaklar

1. Demiral, M., Yasar, M., 95200-95300 Cu-Al-Fe Alaşımlarının Aşınma Davranışlarının İncelenmesi. Teknoloji Dergisi, 9 (1), 18-19,2006.
2. Çelik, K.H., Uçar, M., Cengiz, A., Yüksek basınçlı dişli pompalarda gövdenin parametrik tasarımı, gerilme analizi ve optimizasyonu. Mühendis ve Makina Dergisi, 49 (576), 16, 2007.
3. Türküz, M. C., Fiziksel buhar biriktirme yöntemi ile yapılan zirkonyum nitrür ince film kaplamanın kaplama parametrelerinin incelenmesi ve optimizasyonu, İstanbul Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Doktora Tezi, 3-98 s., 2006.
4. Özmen, Y., Makine elemanlarının tribolojik hasarları ve uygun malzeme seçimi. Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 2004 (1), 31, 2004.

5. Balalı, M. PVD (Fiziksel Buhar Biriktirme) Yöntemi ile Kaplanmış Hidrolik Pompa Elemanlarının Aşınma Davranışlarının İncelenmesi., Bartın Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, Yüksek lisans tezi, 178 s., 2014.
6. Şafak, H. E., Yüzevi PVD yöntemiyle kaplanmış metallerde tribolojik özelliklerin belirlenmesi., Ege Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Yüksek lisans tezi, 25-38-39-53-59 s., 2008.
7. Prengel HG, Pfouts WR, Santhanam AT. State of the art in hard coatings for carbide cutting tools., Surf Coat Technol, 102, 183-190, 1998.
8. Klocke F, Krieg T. Coated tools for metal cutting features and applications., Ann CIRP, 48, 515-525, 1999.
9. Kals W, Reiter A, Derflinger V, Gey C, Endrino JL. Modern coatings in high performance cutting applications., Int J Refract Metals Hard Mater, 24, 399-404, 2006.
10. Ducros C, Benevent V, Sanchette F. Deposition, characterization and machining performance of multilayer PVD coatings on cemented carbide cutting tools, Surf. Coat. Technol., 163-164, 681-688, 2003.
11. Uhlmann E, Lachmund U, Brücher M. Wear behavior of HFCVD-diamond coated carbide and ceramic tools, Surf. Coat. Technol., 131, 395-399, 2000.
12. Renevier NM, Lobiondo N, Fox VC, Teer DG, Hampshire J. Performance of MoS₂/- metal composite coatings used for dry machining and other industrial applications., Surf. Coat. Technol., 123, 84-91, 2000.

YAZAR KOPYASI



Bartın Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi



Kentsel Dönüşüm Bölgelerindeki Çok Katlı Betonarme Yapıların Deprem Davranışının İncelenmesi

İlker KALKAN¹, Selçuk BAŞ^{2*}, Hasan ÜNLÜ¹

¹Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale / TÜRKİYE

²Bartın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bartın / TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 01.04.2015 Düzeltme Tarihi: 23.04.2015 Kabul Tarihi: 08.05.2015

Özet

Bu çalışmada, kentsel dönüşüm projelerinde sürekli olarak uygulanan perde taşıyıcı sistemli üç adet çok katlı betonarme yüksek binaların deprem etkisi altındaki davranışı Türk Deprem Yönetmeliği'nde verilen tasarım yöntemleriyle karşılaştırmalı olarak belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu çalışma kapsamında Ankara'da üç farklı kentsel dönüşüm bölgesinde uygulanan ve yapısal özellikleri birbirinden farklı üç tane yapının detaylı proje analizleri yapılarak üç boyutlu yapısal modelleri oluşturulmuştur. Buradan elde edilen parametreler yapıların deprem davranışını belirlemek için veri olarak kullanılmıştır. Türk Deprem Yönetmeliği'nde verilen Eşdeğer Deprem Yükü, Mod Birleştirme ve Zaman-Tanım Alanında hesap yöntemleri ile yapıların deprem analizleri yapılmış ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Çalışmanın sonucunda, yapıların taban kesme kuvveti ve devrilme momenti maksimum değerleri Türk Deprem Yönetmeliği'nde verilen farklı zemin türleri göz önüne alınarak üç farklı hesap yöntemine göre ayrı ayrı belirlenmiş ve bu sonuçlara dayanarak kentsel dönüşüm bölgelerinde yapılacak yüksek binalar için Mod Birleştirme ve özellikle Zaman-Tanım alanında hesap yönteminin daha güvenilir olduğu elde edilmiştir. Gerçekte uygulanmış bu projeler ile betonarme yüksek binaların depreme dayanıklı tasarımında bu yöntemlerin kullanılmasının gerektiği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Betonarme Yüksek Binalar, Deprem Davranışı, Sonlu Eleman Modeli, Kentsel Dönüşüm Bölgesi

The Investigation on Seismic Behavior of the High-Rise RC Buildings at Transformation Area

Abstract

In the present study, earthquake behavior of three high-rise RC buildings with shear-wall structural system commonly constructed at urban transformation areas is comparatively determined according to earthquake analysis methods given in Turkish Earthquake Code.

Firstly, three dimensional finite element models of three high-rise RC buildings that have been constructed at current urban transformation areas in Ankara, the capital city of Turkey and have different structural parameters are developed making their detailed project investigations. Structural parameters obtained from detailed project analysis are used to make earthquake behavior analysis of the buildings. Considering the earthquake analysis methods, Equivalent Seismic Load (EDY), Mode Superposition (MBY) and Time-History (ZTA) given in Turkish Earthquake Code, earthquake behavior analysis of the buildings are performed and the determined results are presented comparatively.

As a result, maximum base shear and overturning moment values are obtained for each earthquake methods considering local soil classes given Turkish Earthquake Code. Based on these results, the Mode Superposition (MBY) and especially the Time-History (ZTA) methods are determined more reliable than the Equivalent Seismic Load. With the help of the real projects considered in the study, the necessity of utilizing the methods for earthquake resistant design of high-rise structures is stressed.

Keywords: High-Rise Buildings, Earthquake Behavior, Finite Element Method, Urban Transformation Area

1. Giriş

Ülkelerin gelişmesine paralel olarak ve şehirlerdeki hızlı nüfus artışı sonucunda yapılaşma için gerekli yapı alanlarının azalması nedeniyle yapıların düşey olarak yükselmesi zorunluluk haline gelmiştir. Ayrıca arsa bedellerinin özellikle büyük şehirlerde, fazla olması da yüksek yapıların inşasını ekonomik kılmaktadır. Özellikle konut, büro, otel ve işyeri olarak fonksiyon gösteren yapılarda bu eğilimin daha fazla olduğu görülmektedir [1].

Yüksek yapı tanımı yapının oturduğu zemine ve bölgenin çevresel özelliklerine göre farklılık göstermektedir. Örneğin depremselliği yüksek olan Japonya'da 45 m'den daha yüksek yapılar bu sınıfa alınarak tasarımlarında dinamik analizleri içeren özel yöntemler kullanılmaktadır [1]. Ülkemizde yüksek yapıların tanımı bölgeden bölgeye hatta şehirden şehire değişmektedir. Örneğin Eskişehir İmar Yönetmeliği'nde [2] 10 kattan fazla olan yapılar, Bursa İmar Yönetmeliği'nde [3] 42,5 m fazla olan yapılar

ve İzmir İmar Yönetmeliği'nde [4] 30,8 m'yi geçen yapılar yüksek yapı olarak tanımlanmaktadır. Şekil 1'de gösterildiği gibi finans merkezi olan İstanbul'da ise yüksek yapıların inşası sürekli artış göstermekte ve bu binalar yapısal olarak İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği'nde (İYBDY) [5], tamamı yer altında olan ve binayı tümü ile kuşatan yüksek yatay rijitlikli çevre perdelerine sahip bodrum katları hariç olmak üzere en düşük yer seviyesinden itibaren yüksekliği en az 60 m olarak tasarlanan binalar şeklinde tanımlanmaktadır.

Yüksek yapılarda kat sayısının fazla olması yapının sabit yükünün artmasına ek olarak deprem ve rüzgâr gibi yatay etkiler yükseklik artınca daha da önemli olmaktadır. Yatay yüklerin artması taşıyıcı sistemdeki yer değiştirmeleri kritik düzeylere ulaştırabilmektedir. Bu sebeple yüksek yapılarda taşıyıcı sistemin, yapının dayanım şartını sağlamasının yanı sıra yatay yüklere karşı yeterli rijitlik şartını da sağlaması gerekmektedir. Bu doğrultuda, yüksek yapılarda taşıyıcı sistem elemanlarının tasarımında yatay

*Sorumlu Yazar: Baş S., +903782949178, sbas@bartin.edu.tr

Bu çalışmada kullanılan veriler Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği A.B.D. 'nda, Hasan ÜNLÜ tarafından yapılan yüksek lisan çalışmasından alınmıştır.

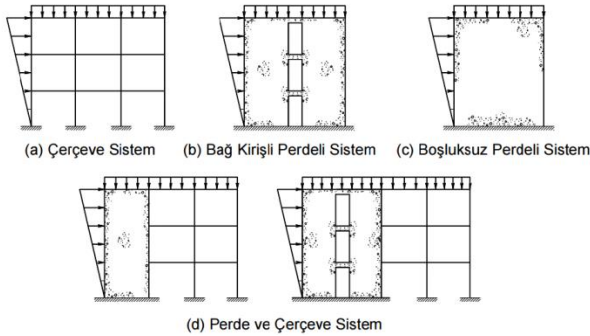
yüklerin düşey yüklere göre daha etkin ve bu elemanların yatay yüklere göre daha emniyetli olması istenen bir özelliktir.



Şekil 1. İstanbul'daki yüksek binalardan genel görünüş [5]

Düşey yüklere karşı dayanım ve kullanılabilirlik şartları tasarım aşamasında büyük ölçüde sağlanan yüksek yapılarda, deprem gibi yatay yüklere karşı güvenliğin sağlanacağı taşıyıcı sistemlerin seçilmesi bu yapıların tasarımında özen gösterilmesi gereken bir konudur. DBYBHY-2007'de [6] taşıyıcı sistemler aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır;

- Çerçeve sistemler (Şekil 2a)
- Bağ kirişli perdeli sistemler (Boşluklu) (Şekil 2b)
- Boşluksuz perdeli sistemler (Şekil 2c)
- Çerçeve ve boşluklu ve/veya boşluksuz perdeli sistemlerin birlikte olduğu sistemler (Şekil 2d)



Şekil 2. Betonarme taşıyıcı sistem türleri [7]

Çerçevesi sistemlerde yatay yüklere karşı direnç kolon ve kiriş elemanlar ile bunların birleştiği kolon-kiriş bölgeleri tarafından sağlanmaktadır. Fakat bu taşıyıcı sistemlerin sünek olması sebebiyle büyük yer değiştirmeler yapması ve bu yer değiştirmelerin yüksek yapılarda ikinci derece etkisini (P-Delta) ortaya çıkardığı bilinen bir gerçektir. Örneğin Tük Deprem Yönetmeliğinde bu yer değiştirmeleri önlemek amacıyla görelî kat ötelenmeleri için $\delta_i \leq 0.02 \times h_i$ maksimum sınır değeri tanımlanmıştır. Burada δ_i , i. kattaki etkin görelî kat ötelenmesini, h_i is i. katin yüksekliğini ifade etmektedir. Eğer yer değiştirme bu değeri aşarsa yapının rijitliği artırılarak hesapların tekrarlanması gerekmektedir. Bu sebeple günümüzde çok katlı yapılarda perde taşıyıcı sistemler daha yaygın olarak tercih edilmektedir. Taşıyıcı sistem türünün önemini yanı sıra bu sistemleri oluşturan yapı elemanlarında sünekliği arttırmak için kapasite tasarımı kavramının dikkate alınması da, yüksek yapıların depreme dayanıklı tasarımında önemli bir husustur. Kapasite tasarımı, öngörülen deprem etkisi altında sünek davranışı ortaya çıkarmayı amaçlayan bir kavramdır. Bu kavramda, hasarların önceden öngörülen yerlerde yığılı olarak oluştuğu kabulüne dayanan plastik mafsal hipotezi ve perdelerin en çok zorlandığı kritik perde yüksekliği boyunca perde kesitinin donatı ile sarılması veya perde uç bölgelerinin oluşturulması oldukça önemlidir [8, 9].

Bu kriterler ışığında yüksek yapı davranışını dikkate alan özel deprem yönetmeliklerinin geliştirilmesi ve yüksek yapıların bu yönetmeliğe göre tasarlanması ve değerlendirilmesi büyük önem arz etmektedir. Ülkemiz gibi deprem riski yüksek olan Amerika'nın Kaliforniya eyaletinde yüksek yapıların tasarımı ve performans değerlendirmesi için özel yönetmelik ve bilimsel araştırma raporları oluşturulmaktadır [10]. Bu doğrultuda ülkemizde ilk adım olarak ülkemizin finans merkezi konumunda ve deprem tehlikesi ve riski yüksek olan İstanbul'da yapılacak yüksek binalar için özel bir deprem yönetmeliği oluşturulmuştur. İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği (İYBDY) [5] sayesinde dinamik yük altındaki davranışları orta yükseklikteki yapılardan farklı olan yüksek binalar için performans dayalı yöntemler ve değerlendirme kriterleri getirilmiştir. Bu yönetmelikte, Mod Birleştirme analizi için deprem tehlikesi ve riskine göre belirlenen tasarım spektrumunun kullanılmasını öngörülmüştür. Zaman-Tanım alanında analiz için ise bölgenin faylanma durumunu, olması muhtemel deprem büyüklüğünü ve yerel zemin sınıfını dikkate alan gerçek kuvvetli yer hareketi kayıtlarının kullanılmasının gerektiği belirtilmiştir. Bu doğrultuda Fahjan vd. [11] İstanbul'da inşa edilecek yüksek bir binanın deprem tehlike analizini yaparak yapının yapılacağı bölgedeki zemin türüne bağlı olarak belirledikleri tasarım yer hareketini bu yapıların Zaman-Tanım alanındaki deprem analizlerinin yapılması için önermişlerdir.

Bu çalışmada Ankara'da üç farklı kentsel dönüşüm bölgesi olan Yeni Mamak Kentsel Dönüşüm, Gülseren Anayurt Kentsel Dönüşüm ve Altın Oran Kentsel Dönüşüm projelerinde uygulanan ve yapısal özellikleri birbirinden farklı üç tane yapının detaylı proje analizleri yapılarak üç boyutlu yapısal modeli oluşturulmuştur. Buradan elde edilen parametreler yapıların deprem davranışını belirlemek için veri olarak kullanılmıştır. Deprem yönetmeliğinde verilen Eşdeğer Deprem Yüğü, Mod Birleştirme ve Zaman-Tanım Alanında hesap yöntemleri ile yapıların deprem analizleri yapılmış ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

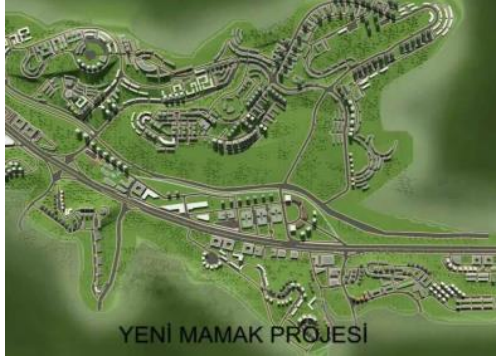
2. Çok Katlı Yüksek Binaların Yapısal Modelleri

2.1. Yüksek Bina Örneği-1: Yeni Mamak Kentsel Dönüşüm Projesi

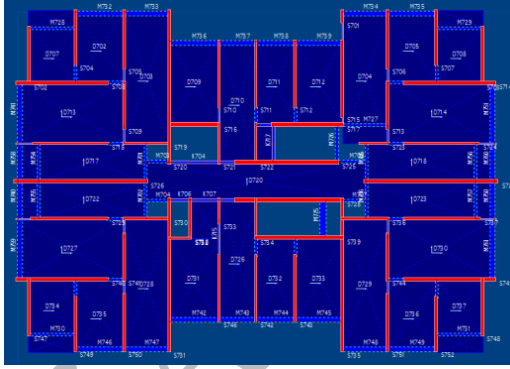
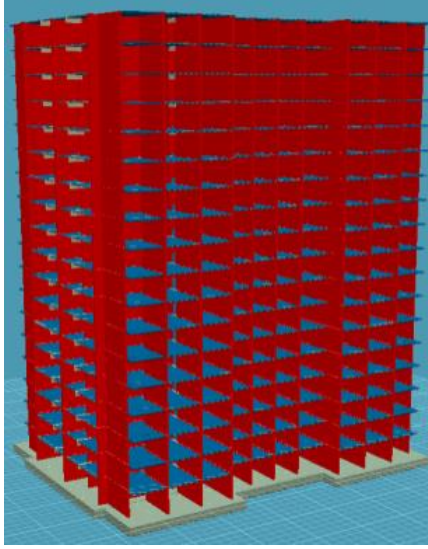
Yeni Mamak kentsel dönüşüm projesi Ankara'nın doğu girişinde bulunan çarpık kentleşmenin yoğun olduğu 17 gecekondulu mahallesi kapsayan dünyanın en büyük kentsel dönüşüm projelerinden biridir. 14500 adet tapu tahsisli, 2700 adet tapu tahsisli ve heyelan bölgesinde bulunan gecekonduların yerini bu proje ile modern şehircilik anlayışına uygun 50000 konut, 13500 adet ticaret alanı, iki adet 300 yataklı hastane, ibadet alanı, okul ve geniş rekreasyon alanlarından oluşan sosyal donatı alanları oluşacaktır.

Proje uygulama alanı olarak %30 heyelan bölgesi ve yapı yasaklı olan Hatip Çayı'ndan oluşmaktadır. Bu projede yapı yasaklı alanlar rekreasyon alanları ve sosyal donatı alanları olarak planlanmıştır. Yapılaşmaya uygun zemin emniyet değerleri yüksek olan yerler konut ve ticaret alanları olarak planlanmıştır. Proje alanında dikkate alınan hususlardan birisi de (yapı yasaklı alanlar haricinde) Ankara'nın hava koridorunun oluştuğu boğaz üzerinde bulunmasıdır. Bu sebeple yüksek binalar yamaç kısımlarına yerleştirilerek başkentin akciğeri olan hava koridorları yüksek yapılarla kapatılmamıştır. Proje ait genel vaziyet planı Şekil 3'de verilmiştir.

Proje kapsamında farklı yüksekliklere sahip yapıların tümü betonarme boşluksuz perde taşıyıcı sistem olup tünel kalıp sistemi ile inşa edilmiştir. Bu çalışmada ise 18 katlı radye temele ve yarı düzensiz çekirdek yapısına sahip bina örnek olarak alınmıştır. Bina modeline ait yapısal bilgiler Tablo 1'de detaylı olarak verilmiş olup bu parametreler analiz kapsamında kullanılmıştır. Geometrik ve fiziksel özellikleri belirlenen yapının yapısal modeli paket program STA4CAD [12] ile oluşturulmuştur. Modele ait program görüntüleri Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 3. Yeni Mamak kentsel dönüşüm projesi vaziyet planı



Şekil 4. Bina Örneği-1 yapısal modeli

2.2. Yüksek Bina Örneği-2: Gülseren Anayurt Kentsel Dönüşüm Projesi

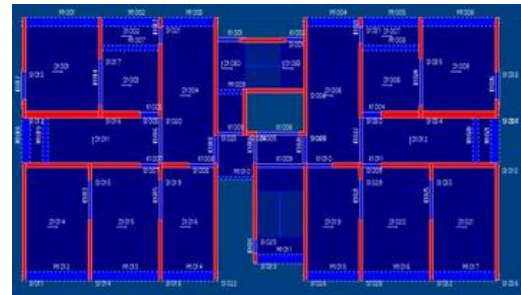
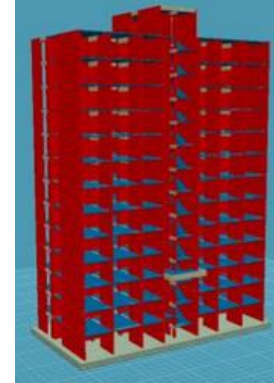
Gülseren Anayurt kentsel dönüşüm projesi Ankara'nın en eski yerleşim bölgelerinden oluşan gece kondu bölgesinin yenilenerek iki mahalleyi kapsayan 440000 m² alanı toplam 5450 konut, iki cami, üç adet okul, üç adet ticaret merkezi, bir adet sağlık tesisi, iki adet sosyal-kültürel tesis ve bir adet emniyet müdürlüğü binasından oluşan sosyal bir projedir. Bu proje kapsamında yapıların tümü betonarme boşluksuz perde taşıyıcı sistem olup tünel kalıp sistemi ile inşa edilmiştir. Bina örneği olarak 14 katlı, çekirdek yapısı düzenli ve radye temele sahip yüksek bina dikkate alınmıştır. Vaziyet planı Şekil 5'de verilen projeden örnek olarak seçilen yapıya ait STA4CAD programında oluşturulmuş yapısal model görüntüleri Şekil 6'da verilmiştir. Ayrıca analizlerde dikkate alınan yapısal parametreler Tablo 2'de detaylı olarak sunulmuştur.

Tablo 1. Bina Örneği-1 yapısal verileri

TASARIM VERİLERİ	YENİ MAMAK KENTSEL
Kat adeti ve yüksekliği	18, h=54,0 m
Çekirdek yapısı	Yarı Düzensiz
Yapı tipi katsayısı (R)	(R _x)=6,0 , (R _y)=5,7
Yapı önem kat sayısı (I)	(I)= 1
Deprem kat sayısı (A _o)	(A _o)= 0,2
Hareketli yük kat sayısı (n)	0,3
Sıfır rölatif hareket yüksekliği (M)	12
Hareketli yük azaltma kat sayısı (C _z)	1
Zemin emniyet gerilmesi (t/m ²)	25
Zemin yatak katsayısı (t/m ³)	3000
Zemin gerilmesi hareketli yük azaltma değeri	0,59
Zemin gerilmesi deprem artırım oranı	0,50
Zemin gerilmesi rüzgâr artırım oranı	0,25
Kolonun oturduğu kiriş tesir çarpanı	1,5
Çatlamış kesit opsiyonu	I _{gb} =4 , I _{gc} =6



Şekil 5. Gülseren Anayurt kentsel dönüşüm projesi vaziyet planı



Şekil 6. Bina Örneği-2 yapısal modeli

Tablo 2. Bina Örneği-2 yapısal verileri

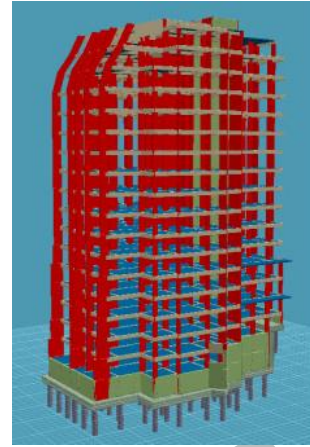
TASARIM VERİLERİ	GÜLSEREN ANAYURT
Kat adeti ve yüksekliği	14, h=42,0 m
Çekirdek yapısı	Düzenli
Yapı tipi katsayısı (R)	(R _x)=6,0 , (R _y)=6,0
Yapı önem kat sayısı (I)	(I)= 1
Deprem kat sayısı (A _o)	(A _o)= 0,1
Hareketli yük kat sayısı (n)	0,3
Sıfır rölatif hareket yüksekliği (m)	0
Hareketli yük azaltma kat sayısı (C _z)	1
Zemin emniyet gerilmesi (t/m ²)	25
Zemin yatak katsayısı (t/m ³)	3000
Zemin gerilmesi hareketli yük azaltma değeri	0,59
Zemin gerilmesi deprem artırım oranı	0,33
Zemin gerilmesi rüzgâr artırım oranı	0,25
Kolonun oturduğu kiriş tesir çarpanı	1,5
Çatlamış kesit opsiyonu	I _{gb} =4 , I _{gc} =6

2.3. Yüksek Bina Örneği-3: Altın Oran Kentsel Dönüşüm Projesi

Ankara Büyükşehir Belediyesince gerçekleştirilen Altın Oran kentsel dönüşüm projesi bir 1.524.000 m² arsa alanı ve 1.230.000 m² inşaat alanına sahip yaklaşık 6000 konuttan, geniş peyzaj alanlarından, alışveriş merkezleri ve kulelerden oluşmaktadır. Tünel kalıp sistemi ile perde taşıyıcılı sistem olarak tasarlanan yapılardan bu çalışma kapsamında 19 katlı ve çekirdek yapı olarak düzensiz bir bina örnek olarak alınmıştır. Proje ait genel vaziyet planı Şekil 7'de verilmiştir. Yapısal özellikleri Tablo 3'de verilen örnek yapının yapısal modeli STA4CAD programı ile oluşturulmuştur ve modelden alınan görüntüler Şekil 8'de verilmiştir.

**Şekil 7.** Altın Oran kentsel dönüşüm projesi vaziyet planı

Çalışma kapsamında dikkate alınan örnek yapı modelleri DBYBHY'de [6] verilen kriterler dikkate alınarak analiz edilmiştir. Servis yük değerleri TS-498 [13] yönetmeliğine göre belirlenmiştir ve bu yük değerlerine göre kesit tasarımları TS-500'e [14] göre yapılmıştır. Ayrıca gerekli görüldüğü hallerde kontrol amaçlı olarak ACI-318 [15], UBC-97 [16] ve Eurocode-2 [17] yönetmeliklerinden yararlanılmıştır. Karşılaştırmalı sonuçlar elde etmek amacıyla üç yapı modelinde de deprem yönetmeliğinde verilen Z₁(T_A/T_B=0,10/0,30), Z₂(T_A/T_B=0,15/0,40), Z₃(T_A/T_B=0,15/0,60) ve Z₄(T_A/T_B=0,20/0,90) dört farklı zemin türleri için analizler yapılmıştır.

**Şekil 8.** Bina Örneği-3 yapısal modeli**Tablo 3.** Bina Örneği-3 yapısal verileri

TASARIM VERİLERİ	ALTIN ORAN
Kat adeti ve yüksekliği	19, h=57,0 m
Çekirdek yapısı	Düzensiz
Yapı tipi katsayısı (R)	(R _x)=6,0 , (R _y)=5,7
Yapı önem kat sayısı (I)	(I)= 1
Deprem kat sayısı (A _o)	(A _o)= 0,1
Hareketli yük kat sayısı (n)	0,3
Sıfır rölatif hareket yüksekliği (m)	12
Hareketli yük azaltma kat sayısı (C _z)	1
Zemin emniyet gerilmesi (t/m ²)	25
Zemin yatak katsayısı (t/m ³)	3000
Zemin gerilmesi hareketli yük azaltma değeri	0,59
Zemin gerilmesi deprem artırım oranı	0,50
Zemin gerilmesi rüzgâr artırım oranı	0,25
Kolonun oturduğu kiriş tesir çarpanı	1,5
Çatlamış kesit opsiyonu	I _{gb} =4 , I _{gc} =6

3. Deprem Analizleri ve Karşılaştırmalı Sonuçlar

Deprem analizleri sonucunda yapısal olarak değerlendirme açısından önemli parametreler olan taban kesme kuvveti (V_x, V_y) ve devrilme momenti (M_x, M_y) elde edilmiştir. Bu değerler her zemin türü için ayrı ayrı bulunmuş ve karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

3.1. Deprem Hesap Yöntemlerinin Karşılaştırılmalı Sonuçları

Bu bölümde dikkate alınan örnek bina modelleri, üç farklı deprem hesap yöntemine göre ayrı ayrı olarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar tablolar halinde sunularak yöntemlerin arasındaki farklılıklara değinilmiştir.

3.1.1. Bina Örneği-1 Sonuçları

Yeni Mamak kentsel dönüşüm projesi kapsamında dikkate alınan örnek binanın dört farklı zemin grubu için Eşdeğer Deprem Yüğü (EDY), Mod Birleştirme Yöntemi (MBY) ve Zaman Tanım Alanında (ZTA) deprem hesap yönteminden elde edilen maksimum taban kesme kuvveti (V_x , V_y) ve devrilme momenti (M_x , M_y) sonuçları Tablo 4'de özet halinde verilmiştir. Analiz sonuçlarından görüldüğü üzere, Eşdeğer Deprem Yüğü (EDY) yönteminden elde edilen taban kesme kuvveti (V_x , V_y) ve devrilme momenti (M_x , M_y) değerleri diğer iki yöntemin sonuçlarına göre daha büyük olmaktadır. Bu fark Mod Birleştirme Yöntemi (MBY) ile yaklaşık olarak %11 iken Zaman Tanım Alanı (ZTA) ile %18'dir. Aynı şekilde Mod Birleştirme Yönteminden (MBY) elde edilen değerlerin Zaman Tanım Alanı (ZTA) hesap yönteminden elde

edilen değerlerden daha büyük olduğu tespit edilmiştir. İki yöntem arasındaki fark ise %6-7 civarındadır. Ayrıca yerel zemin sınıfına göre taban kesme kuvveti ve devrilme momenti değerlerinin yükselerek arttığı ve böylece yerel zemin sınıfının yapısal sonuçları önemli oranda etkilediği görülmüştür. Zemin sınıflarına ve hesap yöntemlerine göre taban kesme kuvveti ve devrilme momenti değerlerinin değişimi Şekil 9'da verilmiştir. Kentsel dönüşüm projesi kapsamında uygulama aşamasındaki örnek yüksek yapının analiz sonuçlarından Eşdeğer Deprem Yüğü (EDY) yönteminin çok güvenli tarafta kaldığı fakat ekonomik olmadığı sonucuna varılmıştır. Mod Birleştirme (MBY) yönteminden elde edilen değerlerin EDY'den daha küçük çıkması ise bu yöntemde diğer modların göz önüne alınması olarak açıklanmıştır. Böylece EDY ve MBY'ye göre küçük ama en hassas sonuç veren ve analiz sonuçlarının detaylı olarak irdelenmesi gereken Zaman Tanım Alanında (ZTA) hesap yönteminin yüksek yapıların analizlerinde kullanılması gerektiği sonucu elde edilmiştir. Yapısal değerlerin her bir zaman aralığı için hesaplandığı bu yöntemde en önemli ve sonuçları direkt olarak etkileyecek hususlardan biri zemin koşullarına ve deprem tehlikesine bağlı olarak tasarım yer hareketinin belirlenmesidir.

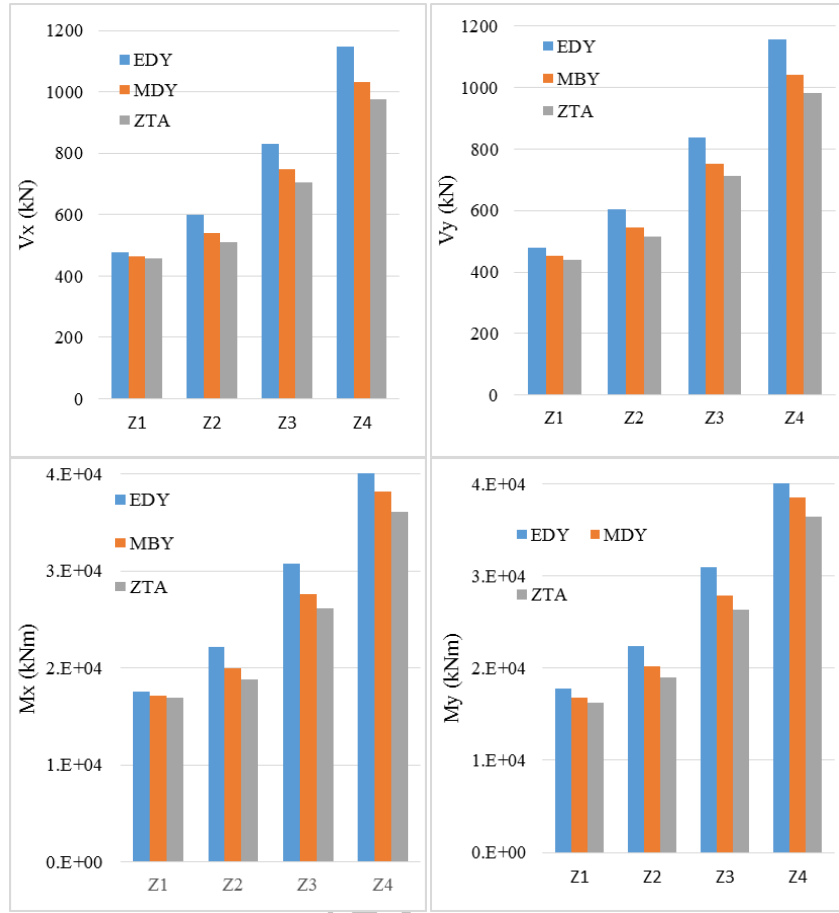
Tablo 4. Bina Örneği-1 sonuçları

Bina Örneği-1 (Yeni Mamak) Sonuçları				
Eşdeğer Deprem Yüğü Maksimum Yapısal Sonuçlar (EDY)				
Zemin Türü	Taban Kesme (kN)		Devrilme Momenti (kNm)	
	V_x	V_y	M_x	M_y
Z1	476,03	480,44	17613,06	17776,28
Z2	600,05	605,06	22201,85	22387,15
Z3	830,86	837,61	30741,71	30991,57
Z4	1146,98	1157,01	42438,26	42809,37
Mod Birleştirme Maksimum Yapısal Sonuçlar (MBY)				
Z1	462,88	453,20	17126,56	16768,40
Z2	539,68	544,34	19968,16	20140,58
Z3	747,56	753,85	27659,72	27892,45
Z4	1032,34	1041,33	38196,58	38529,21
Zaman-Tanım Alanında Maksimum Yapısal Sonuçlar (ZTA)				
Z1	456,31	439,58	16883,32	16264,46
Z2	509,50	513,98	18851,32	19017,30
Z3	705,91	711,97	26118,73	26342,89
Z4	975,02	983,49	36075,74	36389,13

3.1.2. Bina Örneği-2 Sonuçları

Gülseren Anayurt projesi kapsamında örnek olarak alınan modelden elde edilen sonuçlarda Bina Örneği-1'deki benzer şekildedir. Analizlerden elde edilen sonuçlar Tablo 5'de verilmiştir. Bu değerlerin hesap yöntemlerine ve yerel zemin türlerine göre değişimi de Şekil 10'da gösterilmiştir. EDY'den elde edilen değerlerin MBY ve ZTA hesap yöntemlerinden bulunan sonuçlara göre çok daha büyük olduğu görülmüştür. Hesap yöntemlerinin arasındaki farkların daha belirgin ve fazla olduğu Şekil 10'dan da görülmektedir. Zemin türlerine göre taban kesme kuvveti ve

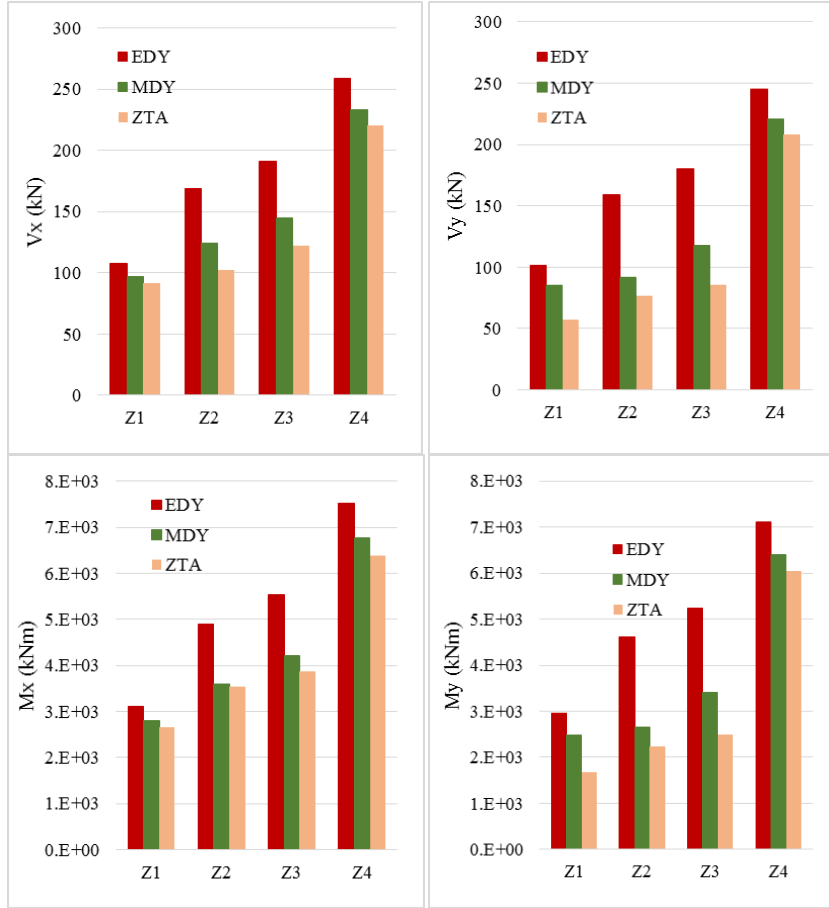
devrilme momenti sonuçlarındaki artış trendi Bina Örneği-1 benzerdir. MBY ile ZTH sonuçları arasındaki farkın Bina Örneği-1'dekinden daha fazla olduğu sonucu elde edilmiştir. Bu fark proje kapsamında dikkate alınan yapının düzenli olması sebebiyle ZTA hesap yönteminin daha hassas sonuç vermesi ile açıklanmıştır. Genel olarak dikkate alınan yüksek binanın deprem analizinde ZTA hesap yönteminin kullanılmasının gerektiği ve böylece daha ekonomik tasarımlar elde edileceği sonucuna varılmıştır.



Şekil 9. Bina Örneği-1 taban kesme kuvveti ve devrilme momentinin değişimi

Tablo 5. Bina Örneği-2 sonuçları

Bina Örneği-2 (Gülseren Anayurt) Sonuçları				
Eşdeğer Derem Yükü Maksimum Yapısal Sonuçlar (EDY)				
Zemin Türü	Taban Kesme (kN)		Devrilme Momenti (kNm)	
	V _x	V _y	M _x	M _y
Z1	107,60	101,71	3120,40	2949,59
Z2	168,62	159,45	4889,98	4624,05
Z3	190,93	180,60	5536,97	5237,40
Z4	259,12	245,03	7514,48	7105,87
Mod Birleştirme Maksimum Yapısal Sonuçlar (MBY)				
Z1	96,87	85,25	2809,23	2472,25
Z2	124,26	91,60	3603,54	2656,40
Z3	145,23	117,54	4211,67	3408,66
Z4	233,20	220,52	6762,80	6395,08
Zaman-Tanım Alanında Maksimum Yapısal Sonuçlar (ZTA)				
Z1	91,51	57,68	2653,65	1672,72
Z2	102,08	77,02	3549,02	2233,58
Z3	122,38	86,01	3872,52	2494,29
Z4	220,24	208,27	6386,96	6039,69



Şekil 10. Bina Örneği-2 taban kesme kuvveti ve devrilme momentinin değişimi

3.1.3. Bina Örneği-3 Sonuçları

Bu bina örneğinden elde edilen sonuçlarda diğer iki örnekten elde edilen sonuçlara benzerdir. Dikkate alınan yapının diğer yapı örneklerinden düzensiz olması hesap yöntemleri arasındaki farkın azalmasına sebep olmuştur. Bu durum özellikle Bina Örneği-2 ile kıyaslandığında MBY ve ZTA arasında daha belirgindir. Ayrıca sonuçlar arasındaki fark yarı düzensiz olan Bina Örneği-1'den genel olarak daha azdır. Bu kıyaslamalar düzensizlik arttıkça hesap yöntemleri arasındaki farkların birbirine yaklaşması ile hassas hesabın yapılamadığını göstermektedir. Gerçekten bu yöntemlerle yapılan deprem hesaplarında aradaki farkların belirli bir düzeyde olması beklenmektedir. Bu bina örneğine ait sonuçlar Tablo 6 detaylı olarak verilmiştir. Ayrıca sonuçların değişimi Şekil 11 gösterilmiştir.

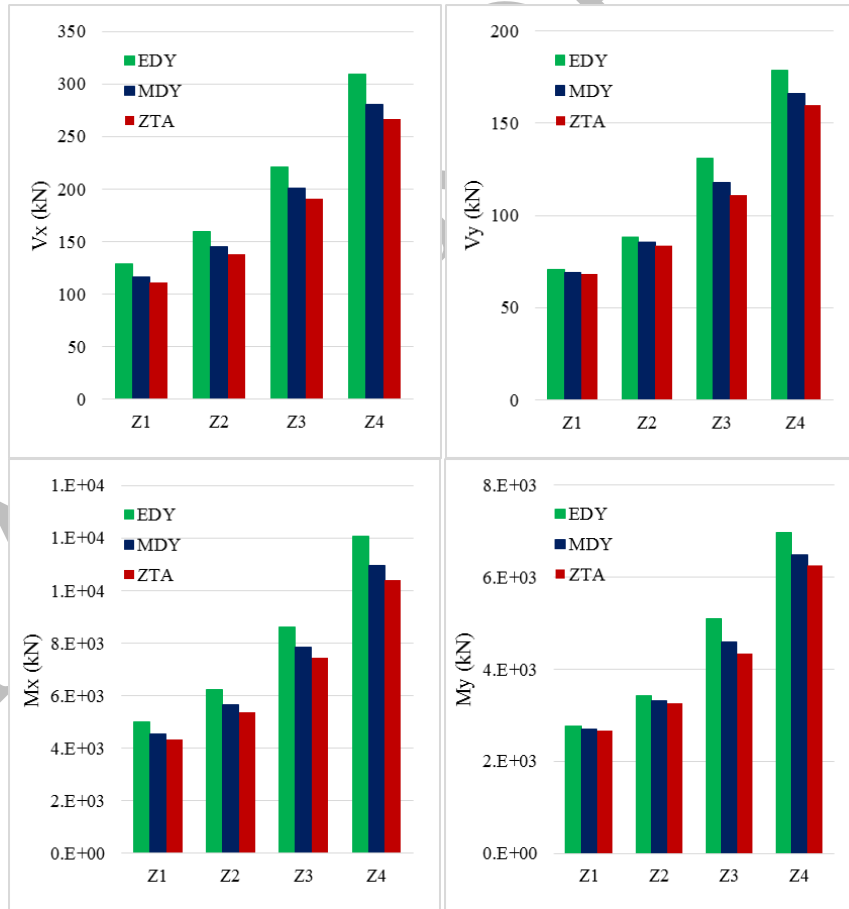
3.2. Bina Örneklerinin Karşılaştırmalı Sonuçları

Bu bölümde her bir hesap yöntemine göre dikkate alınan yüksek bina örneklerinin sonuçları karşılaştırmalı olarak tablolar halinde verilmiştir. Tablo 7'de Eşdeğer Deprem Yüğü (EDY) yöntemine göre bina örneklerinden elde edilen taban kesme kuvveti ve devrilme momenti sonuçları verilmiştir. Tablo 8'de Mod

Bileştirme (MBY) ve Tablo-9'da ise Zaman Tanım Alanında (ZTA) elde edilen sonuçlar sunulmuştur. EDY ve MBY'de Bina Örneği-2 ve Bina Örneği-3 den elde edilen değerlerin birbirine yakın olmasına karşın bu değerler Bina Örneği-1'deki değerlerden çok küçüktür. Bu durum EDY için Bina Örneği-2'de kat sayısının az olması ile açıklanırken Bina Örneği-3'de yapının düzensiz olması ile açıklanmaktadır. Bu sonuçlara göre, EDY yönteminin düzenli ve orta yükseklikteki binalar için daha uygun olduğu yüksek binalar için güvenilir sonuçlar vermediği tespit edilmiştir. MBY'de ise bu durum, Bina Örneği-2 ve Bina Örneği-3'de farklı birçok modların etkin olması ve Bina Örneği-1'de birinci modun hâkim olması ile açıklanmaktadır. Böylece MBY ile hesap yaparken diğer modların etkinliğini dikkate alacak şekilde hesapların yeniden yapılmasının önemli olduğu vurgulanmıştır. Tablo 9'da ZTA hesap sonucunda elde edilen değerler verilmiş ve diğer iki yöntemle göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre Zaman Tanım Alanında (ZTA) hesap yöntemi her koşulda gerçek davranışa yakın sonuçlar vermektedir. Bu sebeple yüksek binaların tasarımında ve değerlendirilmesinde bu hesap yönteminin kullanılmasının gerekli olduğu bir kez daha ortaya konulmuştur.

Tablo 6. Bina Örneği-3 sonuçları

Bina Örneği-3 (Altın Oran) Sonuçları				
Eşdeğer Derem Yüğü Maksimum Yapısal Sonuçlar (EDY)				
Zemin Türü	Taban Kesme (kN)		Devrilme Momenti (kNm)	
	V_x	V_y	M_x	M_y
Z1	128,53	70,91	5012,67	2765,49
Z2	159,65	88,09	6226,35	3435,51
Z3	220,92	130,80	8615,88	5101,20
Z4	309,82	178,52	12082,98	6962,28
Mod Birleştirme Maksimum Yapısal Sonuçlar (MBY)				
Z1	116,88	69,31	4558,32	2703,09
Z2	145,23	85,25	5663,97	3324,75
Z3	200,77	117,69	7830,03	4589,91
Z4	281,04	166,19	10960,56	6481,41
Zaman-Tanımlı Alanında Maksimum Yapısal Sonuçlar (ZTA)				
Z1	111,06	68,51	4331,15	2671,89
Z2	138,02	83,83	5382,78	3269,37
Z3	190,70	111,14	7437,11	4334,27
Z4	266,65	160,03	10399,35	6240,98



Şekil 91. Bina Örneği-3 taban kesme kuvveti ve devrilme momentinin değişimi

Tablo 7. EDY'ye göre karşılaştırmalı sonuçlar

Eşdeğer Deprem Yüğü (EDY) Maksimum Yapısal Sonuçlar					
Bina Modeli	Zemin Türü	Taban Kesme (kN)		Devrilme Momenti (kNm)	
		V_x	V_y	M_x	M_y
Bina Örneği-1	Z1	476,028	480,44	17613,06	17776,28
	Z2	600,05	605,058	22201,85	22387,146
	Z3	830,857	837,61	30741,709	30991,57
	Z4	1146,98	1157,01	42438,26	42809,37
Bina Örneği-2	Z1	107,6	101,71	3120,4	2949,59
	Z2	168,62	159,45	4889,98	4624,05
	Z3	190,93	180,6	5536,97	5237,4
	Z4	259,12	245,03	7514,48	7105,87
Bina Örneği-3	Z1	128,53	70,91	5012,67	2765,49
	Z2	159,65	88,09	6226,35	3435,51
	Z3	220,92	130,8	8615,88	5101,2
	Z4	309,82	178,52	12082,98	6962,28

Tablo 8. MBY'ye göre karşılaştırmalı sonuçlar

Mod Birleştirme Yöntemi (MBY) Maksimum Yapısal Sonuçlar					
Bina Modeli	Zemin Türü	Taban Kesme (kN)		Devrilme Momenti (kNm)	
		V_x	V_y	M_x	M_y
Bina Örneği-1	Z1	462,88	453,2	17126,56	16768,4
	Z2	539,68	544,34	19968,16	20140,58
	Z3	747,56	753,85	27659,72	27892,45
	Z4	1032,34	1041,33	38196,58	38529,21
Bina Örneği-2	Z1	96,87	85,25	2809,23	2472,25
	Z2	124,26	91,6	3603,54	2656,4
	Z3	145,23	117,54	4211,67	3408,66
	Z4	233,2	220,52	6762,8	6395,08
Bina Örneği-3	Z1	116,88	69,31	4558,32	2703,09
	Z2	145,23	85,25	5663,97	3324,75
	Z3	200,77	117,69	7830,03	4589,91
	Z4	281,04	166,19	10960,56	6481,41

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma kapsamında kentsel dönüşüm projelerinde uygulanan örnek yüksek binaların proje detayları incelenerek deprem analizleri için üç boyutlu yapısal modelleri oluşturulmuştur. Bu modellerin deprem yönetmeliğinde verilen hesap yöntemlerine göre analiz edilmesi ile yapısal açıdan önemli parametreler olan taban kesme kuvveti ve devrilme momenti sonuçları elde edilmiştir. Yerel zemin etkisinin önemli olduğunu göstermek için de analizlerde deprem yönetmeliğinde verilen dört farklı zemin durumu da dikkate alınmıştır. Bu varsayımlar doğrultusunda bütün yerel zemin koşullarına göre Taban Kesme kuvveti (V_x , V_y) ve Devrilme Momenti (M_x , M_y) değerleri Eşdeğer Deprem Yüğü

(EDY) yönteminde diğer iki yöntem olan Mod Birleştirme (MBY) ve Zaman Tanım Alanında hesaba (ZTA) göre daha büyük olarak elde edilmiştir. Aynı şekilde MBY'den elde edilen sonuçların ZTA sonuçlarından daha büyük olduğu belirlenmiştir. Yöntemler arasındaki karşılaştırmalı bu sonuçlar neticesinde Zaman Tanım Alanında (ZTA) hesap yönteminin yüksek yapıların analizlerinde diğer yöntemlerden daha hassas ve gerçek sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu yöntemin uygulanmasında en önemli ve sonuçlara doğrudan etki edecek hususlardan birinin yerel zemin koşullarını ve deprem tehlikesini dikkate alarak yer ivmesi kayıtlarının oluşturulması olduğu burada vurgulanmıştır.

Tablo 9. ZTA'ya göre karşılaştırmalı sonuçlar

Zaman-Tanım Alanında (ZTA) Maksimum Yapısal Sonuçlar					
Bina Modeli	Zemin Türü	Taban Kesme (kN)		Devrilme Momenti (kNm)	
		V_x	V_y	M_x	M_y
Bina Örneği-1	Z1	128,53	70,91	5012,67	2765,49
	Z2	159,65	88,09	6226,35	3435,51
	Z3	220,92	130,8	8615,88	5101,2
	Z4	309,82	178,52	12082,98	6962,28
Bina Örneği-2	Z1	116,88	69,31	4558,32	2703,09
	Z2	145,23	85,25	5663,97	3324,75
	Z3	200,77	117,69	7830,03	4589,91
	Z4	281,04	166,19	10960,56	6481,41
Bina Örneği-3	Z1	111,055	68,51	4331,145	2671,89
	Z2	138,02	83,83	5382,78	3269,37
	Z3	190,695	111,135	7437,105	4334,265
	Z4	266,65	160,025	10399,35	6240,975

Türk Deprem Yönetmeliği'nde önerilen hesap yöntemlerinin yüksek bina örnekleri ile karşılaştırılması sonucunda, EDY ve MBY yönteminden Bina Örneği-1 için elde edilen değerlerin birbirine yakın ve diğer bina örneklerine göre büyük olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, EDY hesap yönteminin yüksek binalar için kullanılmasının uygun olmadığını ve büyük sonuçlar vererek gerçek yapı davranışını yansıtmayacağını göstermiştir. MBY yönteminde ise bu sonuç diğer modların katkısının önemli olduğuna ve Bina Örneği-1'de birinci hâkim modun etkin olmasına dayandırılmıştır. Zaman Tanım Alanı yönteminin (ZTA) elde edilen sonuçların bütün modellerde birbirine yakın olması bu yöntemin yüksek binalar için en iyi hesap yöntemi olduğunu göstermiştir. Yüksek binaların tasarımı için bu yöntemden elde edilen değerlerin kullanılmasının gerçek yapı davranışını daha iyi temsil edeceği sonucuna varılmıştır. Fakat bu yöntemin ileri bir analiz yöntemi olması sebebiyle sonuçların doğru yorumlanması için uygun bir şekilde düzenlenmesi ve yer hareketinin deprem riski ve yerel zemin koşullarını dikkate alacak şekilde belirlenmesi oldukça önemlidir.

Kaynaklar

1. Hasgür, Z., Gündüz, N., Betonarme çok katlı yapılar, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Matbaası, 1996, İstanbul.
2. Eskişehir Büyükşehir Belediyesi, İmar Müdürlüğü, İmar Yönetmeliği, 2014.
3. Bursa Büyükşehir Belediyesi, İmar Müdürlüğü, İmar Yönetmeliği, 2012.
4. İzmir Büyükşehir Belediyesi, İmar Müdürlüğü. Yüksek Yapı Yönetmeliği, 2013.
5. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İmar Müdürlüğü. İstanbul Yüksek Binalar Yönetmeliği. Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Boğaziçi Üniversitesi, 2008.

6. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY), 2007, Ankara, Türkiye.
7. Darılmaz, K., Depreme Dayanıklı Betonarme Binaların Tasarımına Giriş Ders Notları, 2012, İstanbul.
8. Celep, Z., Betonarme Yapılar, Altıncı Baskı, Beta Dağıtım, 2011, İstanbul.
9. Celep, Z., Kumbaşar, N., Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, 2014, İstanbul.
10. Guidelines for Performance-Based Seismic Design of Tall Buildings, PEER Report 2010/05, November 2010. Prepared by the TBI Guidelines Working Group. Berkeley, California: Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California.
11. Fahjan, Y., Akbaş, B., Siyahi, B., Yüksek Binalar İçin Deprem Tehlike Değerlendirmesi Ve Zemin Bağımlı Tasarım Deprem Yer Hareketlerinin Belirlenmesi. 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, ODTÜ-ANKARA, 11-14 Ekim 2011.
12. STA4CAD, STructural Analysis for Computer Aided Design, STA Computer Engineering and Consulting Company.
13. TS 498, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, 1997, Ankara.
14. TS500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, 2000, Ankara.
15. ACI-318, the Building Code Requirements for Structural Concrete, American Concrete Institute, 2001.
16. UBC-97, Uniform Building Code, International Code Council, 1997.
17. Eurocode 2: Design of concrete structures, EN1992-1-1, European Committee for Standardization (CEN), 1992.



Bartın Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi



Dokuma Üretiminde Kullanılan Sargı Çeşitleri

Resul FETTAHOV^{1*}, Yalçın YEŞİL¹, Nigar MAHMUDOVA²

¹Bartın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bartın / TÜRKİYE

²Azerbaycan Deniz Balık Sanayisi Koleji, Bakü / AZERBAYCAN

Geliş Tarihi: 02.04.2015 Düzeltme Tarihi: 13.05.2015 Kabul Tarihi: 28.05.2015

Özet

Tekstil ürünlerinin üretimi sırasında kullanılan sarım çeşitlerinin incelenmesi ve optimal sarım yapısının geliştirilmesi pratik açıdan önemlidir. Bu çalışmada dokuma ve örme kumaş üretiminde kullanılan sarım çeşitleri araştırılmış ve sarım oluşum yöntemine, sarım yapısının özelliğine ve kullanım amacına göre sarımların yeni sınıflandırılması önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İplik, Dokuma Üretimi, Kumaş, Sarım, Sarım Yapısı

Winding Types Used In The Weaving

Abstract

Investigation of winding types used during the manufacture of textile products and the development of the optimal winding structure are important in practical terms. In this study, winding types used in the production of woven and knit fabric was investigated and new classification of winding is proposed according to the winding formation method, characteristic of the winding structure and usage.

Keywords: Yarn, Weave Production, Fabric, Winding, Winding Type

1. Giriş

Tekstil sanayinin eğirme, dokuma ve dokusuz yüzeyler gibi alanlarında üretilen ürünlerin, kalitesinin iyileşmesine ve üretimde verimliliğin artırılmasına önemli etkisi olan faktörlerden birisi üretim aşamalarında elde edilen yarı mamullerin kalitesidir. Bir önceki işlem aşamasında üretilen yarı mamulün en uygun şekilde sonraki işleme sevk ve kullanımı için bu ürünün ambalajlanması (paketlenmesi) gerekmektedir. Bu işlem, üretilen ürünün özelliğine ve kullanım koşullarına uygun şekilde yapılmaktadır. Örneğin, tarak makinasında elde edilen tarak bandı sonraki işlemden kolay çözülme şartına uygun biçimde kovaya toplanır. Fital makinasında üretilen fitil, bilezikli eğirme makinasında kullanılmak üzere bir silindirik makaraya sarılarak fitil bobini şeklinde toplanır. Bilezikli (Ring), açık uç ve diğer tip eğirme makinalarında üretilen ham iplik sonraki işlemlerde kullanılmak üzere farklı kovanlara sarılarak koçan(masura) veya bobin şeklinde paketlenir. Dokuma veya çözgütlü örme üretiminde kumaş oluşumu aşamasına gelinmesi için çözgü iplikleri bir araya getirilerek önce çözgü levendine veya çözgü tamburuna sarılır ve sonra da dokuma veya örme levendine aktarılır. Böylece, tekstilde hazır ürün (hazır iplik, ham kumaş veya hazır kumaş ürünleri) bir birini takip eden teknolojik proseslerde çözme ve sarma işlemlerinin uygulanmasıyla elde edilir. Bu iki işlem arasında ise ürün oluşumu için gerekli olan esas işlemler (temizleme, inceltme, çekim verme, büküm verme, toplama, haşıllama, kurutma, dokuma, örme vb.) gerçekleştirilir.

Bir önceki işlemden son ürün gibi elde edilen sargı sonraki işlemden çözülme yapılan besleyici sargı olarak kullanılmaktadır. Buna göre her bir teknolojik prosesin yüksek verimlilikle yapılması ve kaliteli ürünün elde edilmesi, belirli derecede kullanılan sargıların kalitesine bağlıdır. Bundan dolayı tekstilin özü olan çözme-sarma ve sarma-çözme gibi işlemlerin uygulandığı üretim aşamalarında kullanılan sargıların incelenmesi ve optimal sarım yapısına sahip sargıların geliştirilmesi pratik açıdan önem taşımaktadır. Bu çalışmada, dokuma üretiminde kullanılan ve üretim aşamalarında elde edilen sargı çeşitleri ile ilgili kapsamlı bilgi verilmiş ve mevcut sınıflandırmalar araştırılarak yenisi önerilmiştir.

2. Dokuma Üretiminde Kullanılan Sarım Çeşitleri

Tekstil üretim aşamalarında üretilen yarı mamul veya hazır mamul ürünleri farklı biçimde ve boyutlarda olan farklı yapıya

sahip paketler halinde toplanır. Her türlü paket, paketlenen üründen (elyaf, şerit, iplik veya ipliğe benzer ürün, kumaş veya kumaş ürünleri) ve ürünün paketlenmesi için kullanılan araç (mil, merdane, iğ vb.) üzerine sarılmakla veya aracın içine toplamakla (kovalara) gerçekleştirilir. Eğirme, dokuma, örme ve diğer sarılma işlemleri gerçekleştirilen proseslerde paketlenme, ürünün bir silindirik veya konik biçimli milin üzerine sarılması olarak algılanmaktadır (tarak ve cer işlemlerinde kovaların şeritle beslenmesi hariç). Sarılma sonucu oluşan paket sargı, sargının içindeki araç ise kovan olarak tanımlanabilir.

Tekstil sanayinin çok sayıda işlem kademeleri ve sargı çeşitleri bulunduran işletme alanlarından biri de dokuma üretimidir. Dokuma üretiminin bobinleme, çözgü çözme, haşıllama, tahar, atkı aktarma, dokuma ve kumaş kalite kontrol gibi teknolojik aşamalarında sargı çeşitleri elde edilmektedir. Bu sargılar sarım yapısına, boyutlarına, dış görünümüne, sarılan iplik miktarına, elde edilen ürüne ve kullanım amacına göre birbirinden farklıdır. Dokuma üretiminde kullanılan sargılar ipliğin ve kumaşın sarılmasından elde edilen sargılardan ibarettir. İplik sargıları tek ve çoklu ipliklerin sarılmasından oluşmaktadır. Tek iplikten elde edilen sargı bobin, çok ipliklerden oluşan sargılar ise levant olarak tanımlanmaktadır. Bu sargılar her bir teknolojik aşama için üretime giren (besleyici) ve üretimden çıkan (üretimde oluşan) sargı konumunda bulunmaktadır. Bir önceki üretim aşamasında elde edilen sargı sonraki işlem için besleyici sargı konumunda olur (dokuma üretiminin birinci işlem aşaması olan bobinleme işlemi hariç).

Dokuma üretimi aşamalarında kullanılan sargıların aşağıdaki hususları sağlanması gerekmektedir.

- Sargıların sarım yapısının kullanım koşullarını sağlayan özelliklere sahip olması (sarım yoğunluğu, sargının formu, sargıda iplik uzunluğu vb.),
- Sargıda sarım ve iplik hatalarının bulunmaması,
- Bir sonraki işlemden ipliğin kopuşuz ve kolay çözülmesinin temin edilmesi,
- Bir sonraki işlemin yüksek verimlilikle gerçekleştirilmesi,
- Oluşumu ve bir sonraki işlemden kullanımı sırasında iplik teleflerinin az olması.

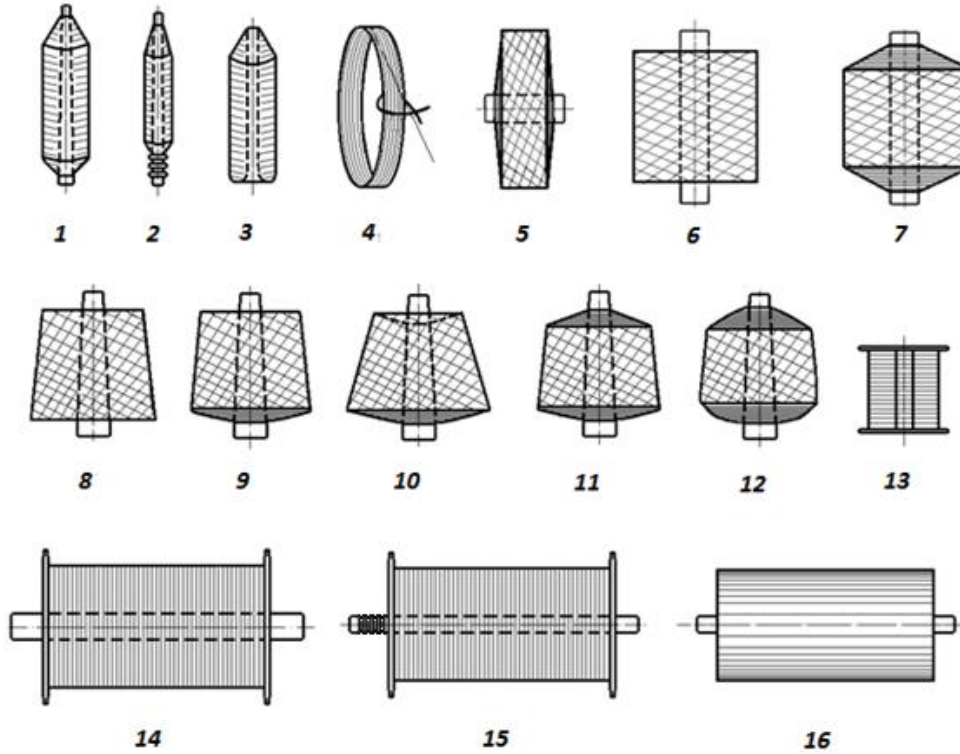
Dokuma üretim aşamalarında yaygın kullanılan sargı çeşitleri Şekil 1'de verilmiştir. Bu şekilde konik çözgü işleminde ara sargı

olarak elde edilen konik çözgü tamburu ve el halı tezgâhlarındailmek ipliği olarak kullanılan farklı yumak sargıları gösterilmemiştir.

Dokuma üretim aşamalarında kullanılan sargı çeşitleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Çözgü koçanı (1) bilezikli eğirme makinalarında üretilmiş olup, bobinleme işlemine besleyici sargı olarak sevk edilir. Atkı koçanı (2) mekikli dokumada kullanılmak üzere genelde atkı aktarma ve atkı koçanı üreten bilezikli eğirme makinalarında üretilir. İçliksiz koçan (3) yün ve keten dokumacılığında iğsiz bobin

makinalarında elde edilir ve sonraki teknolojik işlemlerde besleyici sargı olarak kullanılır. Çile (4) yün, keten ve doğal ipek iplerinin üretiminde elde edilir, bobinleme ve diğer işlemlerde besleyici sargı gibi kullanılır. Makara (13) ipek, keten ve halı dokumacılığında hem oluşur hem de besleyici sargı gibi kullanılır. Şekil 1'de gösterilen 5, 6, 8 ve 9 bobin sargıları eğer açık uç tipli eğirme makinalarından elde edilmişse bobinleme, çözgü çözme, mekiksiz dokuma makinalarında (atkı ipliği), örme ve diğer benzer işlemlerde besleyici sargı olarak kullanılmaktadır. Bu tip sargılar bobinleme, katlama büküm makinalarında ise üretimde oluşan sargı olarak görülmektedir.



1-Çözgü koçanı (çözgü masurası), 2-Atkı koçanı (atkı masurası), 3-İçliksiz koçan, 4-Çile, 5-Güneş bobin, 6-Düz yanlı silindirik bobin, 7-İki yanı konik olan silindirik bobin, 8-Düz yanlı konik bobin, 9-Bir tarafı konik bobin, 10-Yanları küre biçimli konik bobin, 11-İki yanı konik olan konik bobin, 12-İki yanı küre biçimli konik bobin, 13-Makara, 14-Çözgü levendi, 15-Dokuma levendi, 16-Kumaş rulosu veya kumaş levendi.

Şekil 1. Dokuma üretiminin teknolojik aşamalarında kullanılan sargı tipleri

Tablo 1. Dokuma üretiminde sargı çeşitlerinin dağılımı

Sıra No	Teknolojik işlemler		Sargı Çeşitleri	
			İşleme Giren	İşlemlerde Oluşan
1	Bobinleme		Koçan, Çile, Bobin	Bobin
2	Çözgü çözme	Seri	Bobin	Çözgü Levendi
		Konik	Bobin	Çözgü Tamburu, Dokuma levendi
3	Çözgü aktarma		Çözgü Levendi	Dokuma levendi
5	Haşılama		Çözgü levendi	Dokuma levendi
5	Tahar		Dokuma levendi	Dokuma levendi
6	Atkı Aktarma	Mekikli dokuma için	Bobin, Koçan, Çile	Koçan
		Mekiksiz dokuma için	Bobin, Koçan	Bobin
7	Dokuma		Dokuma levendi	Ham kumaş rulosu veya kumaş levendi
8	Kumaş Kalite Kontrol		Ham kumaş topu	Ham veya hazır kumaş rulosu

Bobinleme, katlama ve büküm makinalarında üretilen bobinler (5-12) ise oluşan sargılar olarak tanımlanır. Aynı zamanda bu bobinler çözümlü çözümlü, örme kumaş üretiminde, mekiksiz dokumada ve bobin kullanılan diğer işlemlerde besleyici sargı olarak kullanılmaktadır. R. M. Fettahov ve arkadaşları [8] tarafından geliştirilmiş özel sarma mekanizması ile donatılan bobin makinasında hazırlanan yanları yuvarlak biçimdeki bobin (12), boyama makinalarında beleyici sargı olarak kullanılmaktadır. Çözgü levendi (14) veya çözgü tamburu (Şekil 1 de gösterilmemiştir) çözgü çözmede oluşan, haşillama ve çözgü aktarma işleminde besleyici olarak kullanılan sargıdır.

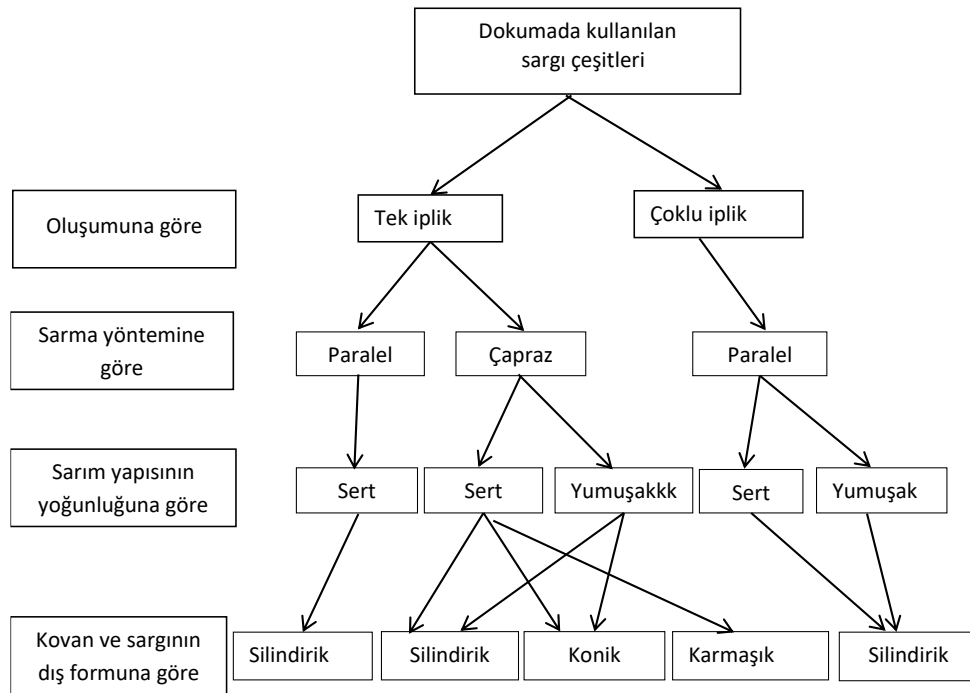
Tahar veya uç düğümlenme işleminden geçmiş dokuma levendi (15) kumaş üretiminin son kademesi olan dokuma dairesine besleyici sargı olarak sevk ettirilir. Dokuma işlemi sonucu makinanın kumaş miline sarılan son ürün ham kumaş rulo (16) şeklinde bir sargı formunu alır. Bu rulo kalite kontrol dairesine besleyici kumaş sargı gibi dâhil olur ve işlem sonucunda yine ham veya hazır kumaş rulo sargısını oluşturur.

3. Dokuma Üretiminde Kullanılan Sarımların Sınıflandırılması

Tekstil üretim alanlarında kullanılan ve üretilen sargıların sınıflandırılması konusu birçok araştırmacı tarafından ele alınmıştır. Sarılan ürünün malzemesine, üretim alanına, kullanım amacına, sargının biçimine ve diğer hususlarına göre sargıların sınıflandırılması ve değerlendirilmesi ile ilgili önemli bilgiler [1], [2], [3], [4] ve [5] kaynaklarında verilmiştir. Örneğin Kukin G. ve Solovyov A. [1] tekstil malzemelerinden oluşan sargılar (paketler) elyaf, iplik ve kumaş gibi üç kategoriye ayrılmıştır. Birinci kategoriye vatka, bant ve fitil, ikinci kategoriye çeşitli kovanlara sarılmış farklı ölçülü ve farklı formlu her türlü iplik sargıları, üçüncü kategoriye ise farklı çaplı millere sarılmış ham ve hazır kumaş veya kumaş ürünleri (dokunmuş bant, kilim, halı vb.) sargıları dâhil edilmiştir. Fakat bu sınıflandırma sisteminde iplik ve kumaş sargılarının hangi üretime ait oldukları ve hangi makinada üretildiği anlaşılmamaktadır. Örneğin, bir iplik bobininin hangi makinada (açık uç tipli eğirme, bobinleme, iplik sarma vb.) üretildiği veya kumaş sargısının hangi işlemde (dokumada mı? Örmeye mi? veya boya terbiye işleminde mi?) elde edildiği görülmektedir.

Bobinin dış görünümüne, sarılma yöntemine ve sarım tipine göre [2], [3], [4], [5] ve [6] kaynaklarında eğirme ve dokuma üretimi aşamalarında tek ve grup ipliklerden elde edilen sargıların sınıflandırılması verilmiştir. V. A. Gordeyev, P. V. Volkov [2] ve L. Simon, M. Hübner [3] ipliklerin açık ve kapalı olarak iki sarım tipine ayrıldığını göstermişlerdir. Ayrıca [3] kaynağına göre açık ve kapalı şekilde sarılmış bobinler, silindirik paralel, silindirik çapraz, konik paralel, konik çapraz ve karmaşık gibi bobin tiplerine ayrılır. Silindirik veya konik bobinler sade ve hassas olarak iki gruba bölünür. Hassas sarım ise kendi sırasında açık ve kapalı sarımlı bobinlere ayrılır. Ancak bu ve diğer kaynaklarda yapılan sınıflandırmada sargıların bazı sarım yapı özellikleri ve kullanım şartları dikkate alınmamıştır.

Dokumada kullanılan sargıların daha kapsamlı biçimde sınıflandırılması S.A. Aleksandrov ve V. B. Klyonov [6] tarafından gerçekleştirilmiştir. Burada, esasen dokuma üretiminde kullanılan sargılar ele alınmış ve onların hemen hemen tüm özellikleri, sarım koşulları kullanım amacı ve dış görünümü dikkate alınmıştır. Bu sınıflandırmada ürünün sarıldığı aracı (milin, silindirin ve diğ.) sertlik durumuna göre yumuşak ve sert olarak iki gruba bölünür. Kovan kullanılmadan elde edilen her türlü çile ve yumak biçimli sargılar yumuşak sargılara, kovan üzerine sarılan her türlü sargılar sert sargı olarak tanımlanır. Sert sargılar elde edilmiş (oluşum) yöntemine göre rulo ve bobin tipli sargılara ayrılır. Sargılar katman oluşumuna ve sargının dış görünümüne göre silindirik, konik, kesik konik ve kombineli gibi alt sargı tiplerine ayrılır. Sınıflandırmada B. Y. Zotikov ve arkadaşlarına [7] istinaden rulo tipli sargı grubuna eğirme üretimi aşamalarında elde edilen vatkalara, dokuma ve örme kumaşların oluşturduğu sargılar (mile ve levende sarılı kumaş topları ve diğ.) dahil edilmiştir. Bunun yanında bu gruba çoklu ipliklerin sarılmasıyla elde edilen çözgü ve dokuma leventleri, konik çözgü tamburu, çözgü örme için hazırlanan çözgü leventleri de dâhil edilmiştir. Ancak çoklu ipliklerin sarılmasından elde edilen sargıların rulo olarak tanımlanması rulo oluşturan malzemenin yapısı açısından mantıklı bulunmamaktadır. Fakat rulo, belli genişliğe ve kalınlığa sahip tek bir ürünün sarım aracına katman şeklinde sarılmasından oluşan ve yanlarında kapak bulundurmayan bir sargı paketidir. Bundan dolayı çoklu ipliklerden oluşan levent gibi iplik sargılarının rulo grubuna ait edilmesi uygun görülmemektedir. Ayrıca bu sınıflandırmada halı ve halı ürünleri üretiminde kullanılan makara ve yumak gibi sargı çeşitleri dikkate alınmamıştır.



Şekil 2. Dokuma üretiminde iplik sargılarının sınıflandırılması şeması

Sargı çeşitleri ve sınıflandırılması üzerine yapılan araştırma sonucunda kaynak bilgilerinden yola çıkarak dokuma üretiminde kullanılan sargılar için aşağıdaki sınıflandırma daha uygun olacaktır.

Bu sınıflandırmada, dokuma sargıları ürün tipine göre iplik ve kumaş sargıları olarak iki gruba ayrılır (Şekil 2). İplik sargıları oluşum yöntemine göre tek ve çoklu ipliklerin sarılmasından elde edilen sargı olarak iki gruba ayrılır. Sarma yöntemine göre tek iplik sargıları çapraz ve paralel sarımlı sargı olmak üzere iki gruba ayrılır. Sarım yoğunluğuna göre sargılar sert ve yumuşak yapılı sargı tiplerine ayrılır.

Kumaş sargıları ise sarılı ortamına göre, dokuma makinasında mile, ham kumaş topuna ve kalite kontrol dairesinde incelendikten sonra ham veya hazır kumaş olarak rulo şeklinde olan kumaş sargılarına ayrılır.

Tek iplikten oluşan sargılara koçan (masura), çile, yumak, makara ve bükülmemiş veya katlı iplikler ve sarılı bobinler dâhildir. Çoklu ipliklerden oluşan sargılara ise çözgü levendi, çözgü tamburu (konik tambur), dokuma levendi, örme levendi ve bant üretiminde kullanılan makaralar dâhil edilebilir.

Gerek açık uç eğirme sisteminde, hazır iplik üretimi işletmelerinde (dikiş, tekstüre, melanj iplikçiliğinde), iplik boyamada, gerekse de dokuma, örme ve diğer tekstil alanlarında en sık kullanılan sargı çeşidi bobindir. Şekil 1'de görüldüğü gibi, dokuma üretiminde de sargı çeşitlerinin en çoğunu bobinler oluşturmaktadır. İpliğin sarıldığı kovanın (iplik taşıyıcının) geometrik formuna göre bobin sargıları silindirik ve konik bobinlere ayrılır. Silindirik bobinler sargının dış görünümüne göre ensiz (güneş bobin), yanları düz ve yamuk şekilde bulunur. Bu bobinler genelde açık uç eğirme makinalarında, sentetik iplik makinalarında, bobinleme ve katlama makinalarında elde edilir ve besleyici sargı

olarak kullanılır (dikiş, tekstüre, melanj iplikçiliğinde ve ev işlerinde kullanılan sargı tipleri hariç). Konik bobinler dış görünümüne göre yanları düz (8), bir tarafı konik (9), yanları küre biçimli (10), iki yanı konik (11) ve iki yanı yuvarlak biçimli (12) olan bobinlere ayrılır. Bobinlerin dış formu sarım tipine ve kullanım amacına göre belirlenir. Yanları düz silindirik veya konik bobinler genelde hassas sarım, diğer bobin sargıları ise seyrek sarım yapan bobin makinalarında elde edilir.

Eğirmede, çeşitli iplik işletmelerinde, boya terbiye ve konfeksiyonda kullanılan sargı çeşitleri üzerine bilgiler bir sonraki çalışmada verilecektir.

Kaynaklar

1. Кукин Г. Н., Соловьев А. Н. Текстильное материаловедение. М., изд. «Легкая индустрия», 1964, 377с. (Rusça)
2. В.А.Гордеев, П.В.Волков Ткачество, Москва, изд. «Легкая индустрия», 1974. (Rusça)
3. Андросов В.Ф. и др. Крашение пряжи в поковках. Москва, изд. «Легкая индустрия», 1974, 152с. (Rusça)
4. L. Simon, M. Hübner. Vorbereitungstechnik für der Weberei, Wirkerei und Strikerei. VebFachbuchverlag, Laipziig, 1983, 271с. (Almanca)
5. А. Ф. Прошков. Механизмы раскладки нити. Москва. «Легпромвытгиздат», 1986, 246с. (Rusça)
6. С.А. Александров, В.Б.Кленов. Формирование ткацких поволоков. Москваизд. «Легкая индустрия», 1976, 119с. (Rusça)
7. В.Е. Зотиков и другие. Основы прядения волокнистых материалов, Москва «Гизлегпром, 1959, 507с. (Rusça)
8. Р.М.Фатдахов, В.А. Гордеев, Абдел Гадир Абдалла Убайд. Устройство для намотки нити. Авт. Свид. СССР, SU № 1650545 А1, кл. В 65 Н 54/16, 1988. (Rusça, patent)